

Asesoría política y técnica sobre los usos benéficos de los sedimentos marinos dragados en Colombia, incluyendo las Soluciones basadas en la naturaleza.

Desarrollo de un estudio de caso teórico para el aprovechamiento de sedimentos marinos dragados de la zona portuaria de Barranquilla, para la ejecución de obras de protección ambiental a través de SbN.

25 de marzo de 2026

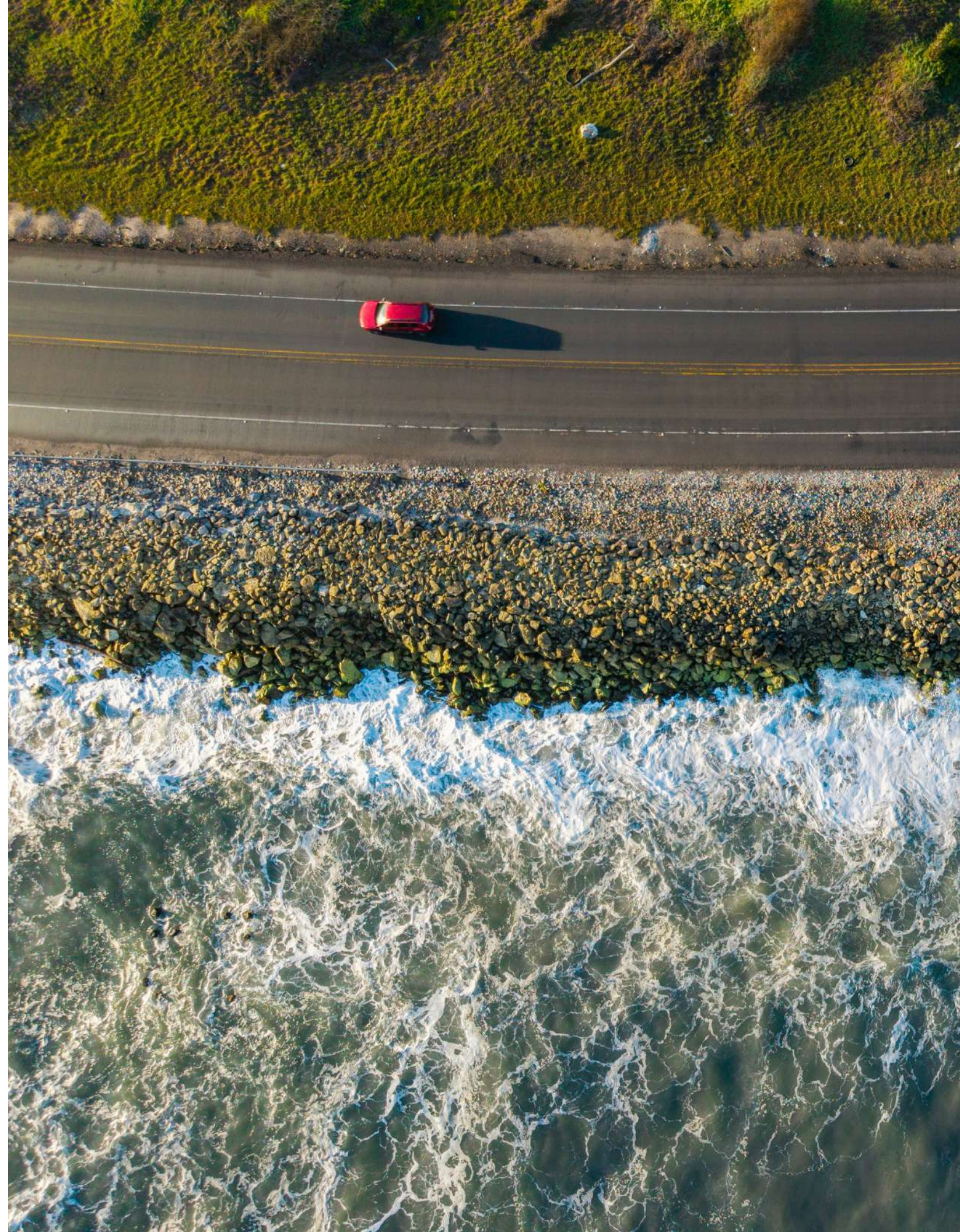
Contacto

PARTNERS FOR WATER

info@partnersforwater.nl
www.partnersforwater.nl

Netherlands Enterprise Agency (RVO).
PO Box 93144, 2509 AC The Hague

El proyecto "Asesoramiento político y técnico sobre los usos benéficos de los sedimentos marinos dragados en Colombia, incluidas las soluciones basadas en la naturaleza" forma parte de la colaboración entre el Gobierno de los Países Bajos, a través del programa Partners for Water, y el Ministerio de Ambiente de Colombia, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Ministerio de Transporte. El proyecto fue ejecutado por un consorcio conformado por Arcadis, la Fundación Herencia Ambiental Caribe, JESyCA y Netics, en conjunto con entidades gubernamentales tanto de Colombia como de los Países Bajos.



Contenido

1. Introducción	8
1.1 Antecedentes	8
1.2 Objetivos y entregables del proyecto	8
1.3 Objetivos de este entregable	9
1.3.1 Objetivo general del entregable 5	9
1.3.2 Objetivos específicos	9
1.3.3 Límites metodológicos del entregable	10
1.4 Guía de lectura	11
2. Contexto general: Puerto de Barranquilla	15
2.1 Puerto de Barranquilla: ubicación y reseña	15
2.2 Puerto de Barranquilla: contexto	16
2.2.1 Carga	17
2.2.2 Contexto ambiental	18
2.2.3 Contexto socioeconómico	20
2.3 Puerto de Barranquilla: Material dragado	22
2.3.1 Material dragado: cantidad	22
2.3.2 Material dragado: calidad	25
2.3.2.1 Calidad física	25
2.3.2.2 Calidad química	26
2.3.3 Marco normativo aplicable	27
3. Identificación y priorización de oportunidades de SbN para el aprovechamiento de sedimentos, aplicables en Barranquilla en Barranquilla	31
3.1 Lista larga de aplicaciones de SbN	31
3.2 Priorización con actores locales	33
3.3 Selección de SbN aplicables en Barranquilla	38
3.4 Diseños conceptuales	40
3.4.1 Diseño conceptual a nivel del sistema	40
3.4.2 Diseños conceptuales a nivel local	46
3.4.2.1 Erosión costera: Castillo de Salgar y Punta Roca	46
3.4.2.2 Restauración de manglar – Ciénaga de los Manatíes	51
3.4.3 Banco de sedimentos – alrededor del canal de acceso	54
3.5 Contexto de gobernanza	58
3.5.1 Participación de los actores sociales en la formulación y ejecución de los proyectos	58
3.5.2 Principios transversales para considerar en los procesos de participación	59
3.5.3 Esquemas de gobernanza	61
4. Estudio de mercado: Demanda de material dragado	71
4.1 Objetivo del estudio de mercado	71
4.2 Entorno de mercado: local y nacional	71
4.2.1 Políticas públicas/ Avances regulatorios	74
4.2.2 Partes interesadas clave	76
4.2.3 Alineación del uso de material de dragado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible	77
4.3 Análisis de la alternativa prioritaria en relación con la viabilidad del mercado	78
4.3.1 Categorización de beneficios	78
4.3.2 Categorización de costos	80
4.3.3 Metodologías de valoración y requerimientos de información	80
5. Recomendaciones y próximos pasos	88
6. Referencias	98
7. Apéndices	102
7.1 Apéndice A: Concesiones portuarias de Barranquilla	102
7.2 Apéndice B: Caracterización de la Unidad Ambiental Costera (UAC) del río Magdalena en la zona portuaria de Barranquilla.	105
7.2.1 Medio Abiótico	105
7.2.2 Medio Biótico	106
7.3 Apéndice C: Diagnóstico Zona Costera entre Castillo de Salgar, Punta Roca y Ciénaga de los Manatíes.	108
7.3.1 Erosión Castillo de Salgar y playa Salgar	109
7.3.2 Erosión costera en Punta Roca	111
7.3.3 Erosión y degradación ambiental de la ciénaga de los manatíes	112
7.4 Apéndice D: Imágenes Google Earth para el análisis costos beneficios	114
7.5 Apéndice E: Requisitos técnicos para las SbN propuestas	124
7.6 Apéndice F: Lista de abreviatura y acrónimos	124
Colofón	126

1. Introducción



1. Introducción

1.1 Antecedentes

Dentro de la amplia colaboración entre el Gobierno de los Países Bajos y el Gobierno de Colombia en el tema del agua y la adaptación al cambio climático, el uso benéfico de materiales de dragado, se ha establecido como una de las prioridades, a pedido específico de los Ministerios de Transporte (MinTransporte), Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP) de Colombia. En Colombia aún no se aprovechan los sedimentos marinos dragados para usos benéficos y los materiales dragados se vierten en zonas de depósito mar adentro previamente aprobadas por la autoridad ambiental. Con el fin de promover el uso benéfico de los materiales dragados y fortalecer el marco normativo aplicable en Colombia, este proyecto se orienta a proporcionar asesoramiento político y técnico para el aprovechamiento de los sedimentos marinos dragados, incluidas las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

La asociación política con el Gobierno de Colombia sobre el tema del dragado y el uso benéfico de los materiales dragados tiene una larga historia, respaldada por varios proyectos en los que Arcadis y sus socios han desempeñado un papel:

- El Plan Nacional de Dragados Marítimos, que incluye un apartado sobre el uso benéfico del material dragado.
- Una serie de seminarios web sobre dragado y reutilización de materiales dragados en Colombia, destinada a apoyar a las partes interesadas en el tema del dragado, incluidos principios clave como Construir con la naturaleza y la reutilización de materiales dragados para otros fines.
- En el proyecto de Reutilización de materiales

dragados en el contexto colombiano, se han analizado oportunidades para ampliar la gama de usos benéficos de los materiales dragados, incluyendo ejemplos de marcos legales y requisitos normativos en otros países, un estudio de caso de oportunidades para usos benéficos de materiales dragados resultantes de actividades de dragado de capital y mantenimiento en la zona portuaria de Buenaventura y un análisis de barreras y facilitadores para la aplicación de la reutilización de materiales dragados materiales en Colombia.

En este sentido, el proyecto actual constituye el siguiente paso lógico en esta línea de trabajo. Propone un conjunto de reglas y parámetros que se podrían incorporar en el documento de orientación principal sobre dragado y presenta un conjunto de estudios de caso para un puerto de gran importancia como Barranquilla, que ilustran las posibles aplicaciones del material dragado.

1.2 Objetivos y entregables del proyecto

El proyecto se centra en enriquecer los lineamientos normativos para los materiales de dragado marino en Colombia, con la recopilación y puesta a disposición de la experiencia práctica y marco normativo en el Reino de los Países Bajos, los límites y umbrales establecidos para este fin en diversos países así como proponiendo un conjunto de reglas y parámetros para el documento de orientación principal con respecto al dragado e incluyendo un estudio de caso para la zona portuaria de Barranquilla que muestra lo que se puede hacer con el material dragado¹.

¹ Actualmente, en Colombia, el principal documento orientativo en materia de dragado es: Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura, modos marítimos y fluviales, INVIAS 2022.

La base para mejorar las directrices colombianas radica en brindar asesoramiento técnico en forma de reglas y parámetros prácticos para el uso benéfico del material de dragado, extraídos de la experiencia de los Países Bajos y otros países. Acompañando a este asesoramiento técnico está el desarrollo de capacidades de las principales partes interesadas en Colombia con respecto a los principales componentes técnicos del estudio.

El proyecto consta de 5 entregables principales:

Entregable 1 – Información, experiencias y lecciones aprendidas en la concesión de licencias, la operación, el seguimiento y control de las actividades de dragado marítimo en los Países Bajos, así como en la determinación de los requisitos para aprobar en este país los usos de los sedimentos marinos dragados

Entregable 2 – Análisis de los parámetros y pasos del procedimiento de los Países Bajos y otros países, para determinar los requisitos de calidad de los sedimentos marinos dragados para sus usos benéficos. Facilitando utilizar las lecciones aprendidas para apoyar la determinación de los valores umbrales en Colombia para los usos benéficos de los sedimentos marinos dragados

Entregable 3 – Evaluación de la calidad física y química de los sedimentos dragados en el canal de acceso a la zona portuaria de Barranquilla

Entregable 4 – Formulación de directrices de procedimiento para determinar los usos factibles e idóneos de los sedimentos marinos dragados en Colombia, incluyendo soluciones basadas en la naturaleza

Entregable 5 – Desarrollo de un estudio de caso teórico para el aprovechamiento de sedimentos marinos dragados de la zona portuaria de Barranquilla, para la ejecución de obras de protección ambiental a través de SbN

1.3 Objetivos de este entregable

1.3.1 Objetivo general del entregable 5

En este entregable se presenta el desarrollo de un estudio de caso teórico sobre el uso de sedimentos dragados del área portuaria de Barranquilla para la implementación de SbN con fines de protección ambiental. Basándose en los conocimientos adquiridos a lo largo de este proyecto (entregables 1 - 4), el ejercicio aplicará las directrices procedimentales (propuestas) y la información generada en las etapas previas para formular proyectos de SbN que sean teóricamente viables.

1.3.2 Objetivos específicos

En el estudio se identifican y evalúan sitios en el área de Barranquilla con potencial para estas aplicaciones, considerando al menos tres opciones viables de SbN. La documentación resultante incluye descripciones de la selección de sitios, evaluaciones de la calidad de los sedimentos y análisis de técnicas de implementación, impactos potenciales y riesgos, basada en información disponible. Asimismo, se lleva a cabo un estudio de mercado para explorar el caso de negocio del uso de sedimentos dragados para SbN en Barranquilla. Como ejercicio teórico, este enfoque busca ampliar el impacto de los resultados del proyecto y facilitar su replicabilidad en otros contextos. El objetivo de este entregable es, por lo tanto:

- la aplicación de un caso teórico del uso beneficio del material dragado en Barranquilla
- la identificación de sitios potencialmente interesantes para el uso beneficio del material dragado
- proporcionar a las autoridades colombianas los pasos a seguir para impulsar estos diseños conceptuales
- describir la replicabilidad de los diseños conceptuales
- delinear, con información pública disponible, el caso de negocio del diseño conceptual más aplicable

1.3.3 Límites metodológicos del entregable

Es importante destacar que este documento se encuentra elaborado únicamente a nivel conceptual, lo que implica que presenta ideas generales y lineamientos preliminares para la gestión y aprovechamiento de material de dragado, sin entrar en los detalles propios de la ingeniería de diseño o ejecución, de financiación y/o los impactos ambientales y sociales. En particular, el nivel de detalle es conceptual, lo que significa que no se han desarrollado planos constructivos ni se han definido parámetros técnicos específicos para la implementación en campo. Asimismo, en esta etapa no se han realizado modelaciones hidrodinámicas detalladas ni simulaciones numéricas de comportamiento de flujos, oleaje o transporte de sedimentos que serían necesarias para evaluar con precisión la viabilidad técnica de las soluciones propuestas. La información utilizada se basa principalmente en fuentes secundarias, como literatura técnica, reportes previos y datos de referencia, y no en campañas de campo o mediciones directas específicas para el sitio de estudio. Por lo tanto, para avanzar hacia una fase de prefactibilidad o de diseño piloto, será indispensable realizar estudios adicionales, incluyendo modelaciones hidrodinámicas, análisis de riesgo, estudios ambientales y sociales, y levantamientos topográficos y batimétricos detallados. Los siguientes pasos recomendados para avanzar hacia la implementación se describen en el capítulo 5 de este informe. En resumen, el caso presentado busca ser una herramienta demostrativa y replicable, cuyo principal objetivo es servir de modelo de referencia que pueda ser adaptado y aplicado en Barranquilla y en otros sitios de Colombia, siempre sujeto a la realización de los estudios técnicos, financieros y sociales necesarios para garantizar su viabilidad y sostenibilidad.

1.4 Guía de lectura

Este informe (Entregable 5) presenta un estudio de caso teórico sobre el uso de sedimentos marinos dragados para la implementación de SbN, con el objetivo de funcionar como protección ambiental en Barranquilla. La estructura de este informe es la siguiente:

CAPÍTULO 2:

Contexto general: Puerto de Barranquilla

CAPÍTULO 3:

Identificación y priorización de oportunidades de SbN para el aprovechamiento de sedimentos, aplicables en Barranquilla en Barranquilla

CAPÍTULO 4:

Estudio de mercado: Demanda de material dragado

CAPÍTULO 5:

Recomendaciones y próximos pasos

CAPÍTULO 6:

Referencias

CAPÍTULO 7:

Apéndices

APÉNDICE A:

Concesiones portuarias de Barranquilla

APÉNDICE B:

Caracterización de la Unidad Ambiental Costera (UAC) del río Magdalena en la zona portuaria de Barranquilla.

APÉNDICE C:

Diagnóstico Zona Costera entre Castillo de Salgar, Punta Roca y Ciénaga de los Manatíes.

APÉNDICE D:

Requisitos físicos y químicos mínimos necesarios para las SbN propuestas

2. Contexto general: Puerto de Barranquilla



Resumen ejecutivo

Los puntos clave de este capítulo son:

1. Barranquilla cuenta con una población aproximada de 1.28 millones de habitantes y una alta cobertura de servicios públicos en la zona urbana (99% en acueducto y energía).
2. La economía se basa principalmente en comercio (45.2%), servicios (41.3%) y otros (13.5%).
3. La zona portuaria se ubica en la margen occidental del río Magdalena, a 22 km de su desembocadura. El acceso se realiza a través de un canal de doble vía dividido en cuatro sectores, desde Boya de Mar (K-2) hasta más allá del K-22.
4. Existen 28 terminales portuarias concesionadas por Cormagdalena.
 - **Vigentes:** 20 contratos de concesión vigentes, 12 se encuentran operando (1 en construcción y 11 construidos) y 8 no operando (3 Construidas, 2 en construcción y 3 no construidos).
 - **No Vigentes:** 8 contratos de Concesión no Vigente, 1 construida y 7 no construidas.
5. En 2025 se movilizaron 12.7 millones de toneladas, una cifra inferior a los 13.4 millones de 2024. El puerto es el cuarto más importante del país. El tráfico se distribuye en 70% importación (destacando graneles sólidos y carga general) y 30% exportación (carbón, granel y contenedores).
6. La capacidad estimada es de 28.4 millones de toneladas. La ocupación actual oscila entre el 44% y 47%. Las proyecciones indican que para 2038 se movilizarán cerca de 17 millones de toneladas (60% de ocupación).
7. El puerto genera aproximadamente 25.000 empleos directos e indirectos.
8. El volumen promedio de los años 2023 a 2025 que fue dragado en los cuatro sectores del canal de acceso resultó un total de 3.6 millones de m³ de material. El canal de acceso se encuentra dividido en cuatro sectores en donde se concentran las actividades del dragado. El Sector I (Bocas de Ceniza, K-2 a K2) es el más crítico debido al oleaje y sedimentación, concentrando el 61% del volumen total dragado (promedio de 2.1 millones de m³). El resto del esfuerzo de dragado se divide en Sector II (7%), Sector III (16%) y Sector IV (16%).
9. El material dragado varía desde arenas hasta limos arcillosos. En términos generales, el material presenta una calidad química mayoritariamente aceptable.

2. Contexto general: Puerto de Barranquilla

2.1 Puerto de Barranquilla: ubicación y reseña

Se encuentra localizado sobre la margen occidental del río Magdalena, a 22 km de su desembocadura en el mar Caribe. Es el cuarto puerto más importante del país por volumen de carga transportada, después de Cartagena, Buenaventura y Santa Marta.

Importancia estratégica:

Impulsa el comercio exterior del Caribe colombiano. Conecta el interior del país a través del río Magdalena con el océano Atlántico y con mercados internacionales. Es clave para la competitividad logística de Barranquilla y la región.

Características operativas:

Tipo: Multipropósito (marítimo–fluvial).
Conectividad: Integra transporte fluvial por el río Magdalena y acceso marítimo al Caribe.
Canal de acceso: Requiere dragado periódico para garantizar calados operativos.

Infraestructura portuaria:

1.058 metros de muelles.
4 grúas (100-124 toneladas).
12 hectáreas de almacenamiento con contenedores, con capacidad para 8,241 TEUs², y 181 tomas eléctricas para refrigerados y congelados.

Datos clave 2024:

Movilización: Más de 13.4 millones de toneladas de carga.
Crecimiento: Incremento del 9% sobre 2023, récord histórico.

Calado: Histórico calado de 10.4 metros, mejorando la operatividad.

Impacto en el empleo:

Aproximadamente 700 empleos directos en logística, operaciones, mantenimiento y administración. Más de 600 vacantes ofrecidas en campañas de reclutamiento especializado.

Alrededor de 25.000 empleos directos e indirectos, incluyendo transporte, logística, aduanas, comercio exterior y servicios conexos.

El puerto no solo genera empleo, sino que dinamiza sectores estratégicos, promueve la capacitación y especialización profesional y fortalece los encadenamientos productivos de Barranquilla y la región Caribe.

La navegación en el sector portuario de Barranquilla se realiza a través de un canal de doble vía diseñado por Cormagdalena, permitiendo el tráfico de embarcaciones en sentidos opuestos. El canal se divide en varios tramos, destacando el tramo Boya de Mar (K-2) y Bocas de Ceniza (K 0), que se encuentra en mar abierto y está sujeto a condiciones extremas de oleaje y sedimentación, lo que puede restringir la navegación en ciertos meses del año. Otros tramos se agrupan desde Bocas de Ceniza hasta el K 22, con cambios en el ancho y la necesidad constante de dragado debido a las variaciones del régimen hidrológico del río y las condiciones climáticas costeras.

La zona portuaria de Barranquilla, definida por el Río Magdalena y sus riberas, cuenta con 28 terminales portuarias concesionarias de CORMAGDALENA. De estas, según el Plan de Ordenamiento Físico y Portuario y Ambiental (POFPA) del año 2023³, 20 concesiones están

² TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) es la unidad estándar que se utiliza en el transporte marítimo para medir la capacidad de carga equivalente a un contenedor de 20 pies. FEU (Forty-foot Equivalent Unit) es la unidad equivalente a un contenedor de 40 pies.

³ Estudio realizado por la Unión Temporal JESyCa - Steer - INP para la UNIDAD DE PLANEACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE - UPIT

vigentes, 12 operando y 8 no operando. No vigentes 8 concesiones. La mayoría de los terminales son privados y dedicados a cargas específicas, aunque los terminales multiusuario manejan la mayoría de la carga, incluyendo carga general, graneles, líquidos y contenedores.

La infraestructura de atraque incluye muelles de diferentes tipos y terminales de boya. Además, la zona cuenta con infraestructura de almacenamiento compuesta por patios, bodegas y tanques. Los equipos disponibles incluyen grúas pórtico, tuberías, montacargas, tractores de terminal y sistemas de bombeo, entre otros.

Con respecto a las 28 concesiones portuarias, en el Apéndice A de este documento se presenta una tabla con el número de contrato de concesión, la vigencia del contrato (fecha de inicio - fecha de fin) y el nombre de cada una de las sociedades portuarias en la zona.

A continuación, se presenta la Figura 2-1 de la zona portuaria de Barranquilla (color morado), la ubicación del municipio de Puerto Colombia y el corregimiento de Salgar, el canal de acceso, ubicación de las 20 concesiones portuarias activas y las zonas de fondeo de las embarcaciones que esperan autorización de ingreso al canal de acceso. Para la región de Barranquilla no se registran desarrollos portuarios ni solicitudes de concesión adicionales a las descritas en el numeral anterior y presentadas con detalle en el Apéndice 7.1 (A).

2.2 Puerto de Barranquilla: contexto

Esta sección proporciona más información sobre el puerto de Barranquilla, con el objetivo de crear una base de conocimiento e información para desarrollar diseños

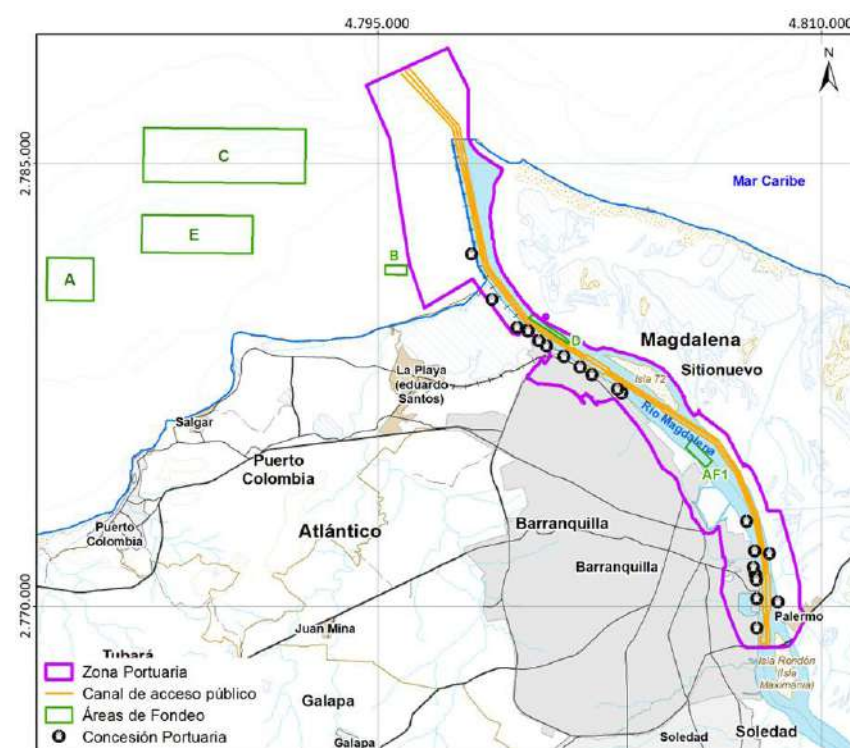


Figura 2-1 Zona Portuaria de Barranquilla, canal de acceso y sociedades portuarias. Fuente: Unión Temporal Serman Saenz- Steer – INP, 2024, con base en Remac 2 - Dimar, 2024

conceptuales para el uso benéfico del material dragado, como se describe en el Capítulo 3. La siguiente información refleja información pública disponible y, por lo tanto, no constituye un análisis independiente. Para los próximos pasos, se requiere una investigación más detallada a fin de obtener suficiente información para avanzar con las ideas presentadas en el Capítulo 3. Estos próximos pasos se describen en el Capítulo 5.

2.2.1 Carga

En el periodo de abril a diciembre de 2025, el 70% del tráfico portuario en Barranquilla fue de importación, en las que se destacan los graneles sólidos diferentes de carbón y la carga general. Por otro lado, la exportación equivale al 30% y en su distribución se destaca el carbón, el granel y carga en contenedores. Adicionalmente, en este periodo se registró un movimiento de 959 arribos de Buques a Barranquilla que representa el 11% de todas las zonas portuarias del País.

De acuerdo con el Boletín Estadístico más reciente de la Superintendencia de Transporte, con datos de enero a septiembre del año 2025, la **carga de exportaciones** que realiza el país por zona portuaria Barranquilla representa el 4% (aproximadamente 2.7 millones de toneladas), el 29% y 20% corresponde a carbón que se exporta en la zona portuaria de Santa Marta – Ciénaga, el 26% de hidrocarburos en la zona portuaria de Golfo de Morrosquillo y Guajira respectivamente, otro 4% se exporta por la zona portuaria de Buenaventura. El restante 17% corresponde a las otras zonas portuarias⁴.

Para los porcentajes de **carga de importaciones**, en el periodo de enero a septiembre del año 2025, Barranquilla representó el 17% (aproximadamente 5.9 millones toneladas), Buenaventura el 36%, Cartagena el 25%, Santa Marta el 18%, Golfo de Morrosquillo 3% y Guajira 1%.

De acuerdo con el estudio del DNP, 2019, Estimación de la Demanda, Capacidad y Eficiencia portuaria en Colombia,

la capacidad de la Zona Portuaria de Barranquilla es de 28.4 millones toneladas, según el estudio, las ampliaciones futuras se generarían en los segmentos de carga de granel sólido, carbón al granel y carga contenerizada, pero no se logró identificar dichas inversiones en el periodo del año 2025.

En los reportes más recientes de la ASOCIACIÓN PORTUARIA DE BARRANQUILLA (Asoportuaria), en el año 2025 se alcanzó una movilización de 12.7 millones de toneladas, una cifra inferior al año 2024 que fue de 13.4 millones de toneladas. Comparando los datos anteriores con el estudio de capacidad portuaria en la zona de Barranquilla de 28.4 millones de toneladas, en los años 2024 y 2025 muestran una ocupación del 47% y 44% respectivamente.

El mismo estudio del DNP, 2019, describe una estimación de demanda por segmento de carga, estas proyecciones se desarrollaron para cortes cada cinco años considerando un escenario base de crecimiento tendencial. En la Figura 2-2 se presentan los resultados hasta el año 2038, llegando a una movilización en zona portuaria de Barranquilla aproximada de 17 millones de toneladas. El volumen proyectado para el año 2038, representaría en el futuro una ocupación del 60% de la capacidad portuaria en el informe del año 2019.

De acuerdo con la información recopilada, se estima que el canal de acceso no tendrá ampliaciones futuras de calado (profundización) y se espera que las condiciones de navegabilidad continúen con dragado de mantenimiento que han permitido asegurar calados constantes en la zona portuaria en los últimos 3 años.

Para el año 2026, se proyecta que el contratista de dragado que está realizando el mantenimiento del dragado desde el año 2024, continúe adelantando actividades hasta el 31 de julio de 2026 y que en este año pueda obtener un volumen de dragado de 1.5 Millones m3 y permita garantizar una profundidad constante de 12 metros (40 pies).

⁴ <https://www.supertransporte.gov.co/index.php/superintendencia-delegada-de-puertos/estadisticas-trafico-portuario-en-colombia/>

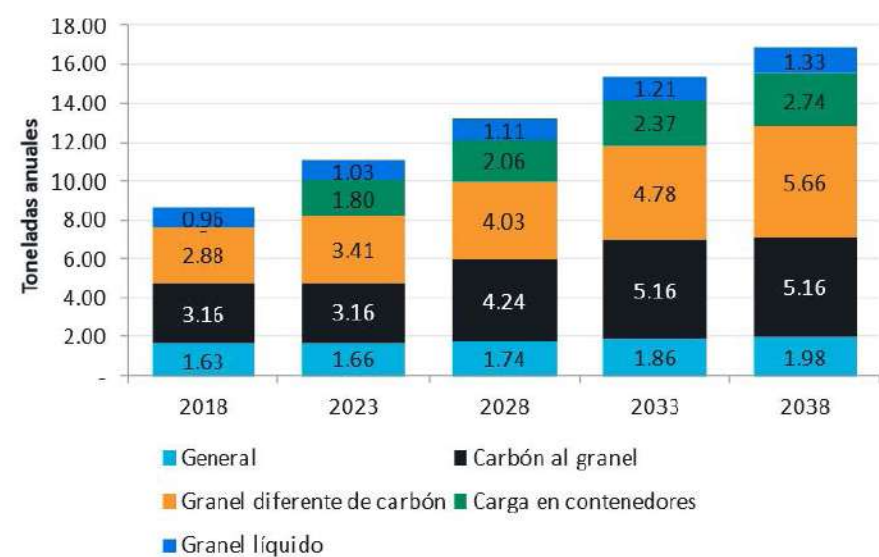


Figura 2-2 Proyecciones de demanda Zona Portuaria Barranquilla. Fuente; DNP, 2019. Estimación de la Demanda, Capacidad y Eficiencia portuaria en Colombia.

2.2.2 Contexto ambiental

El país cuenta con un instrumento que reglamenta las áreas geográficas que agrupan ecosistemas costeros con características y funciones similares, sirviendo para su ordenación y manejo, incluyendo zonas terrestres, humedales, manglares y aguas marinas, donde interactúan procesos naturales y actividades humanas para la planificación y sostenibilidad ambiental. Lo anterior corresponde al Decreto 1120 del 31 de mayo de 2013 «Por el cual se reglamentan las Unidades Ambientales Costeras – UAC – y las comisiones conjuntas, se establecen las reglas de procedimiento y criterios para reglamentar la restricción de ciertas actividades en pastos marinos, y se dictan otras disposiciones». En total son 10 UAC.

En cada UAC existe la caracterización de los componentes **bióticos y abióticos**. La caracterización incluye un análisis detallado de diversos aspectos fundamentales del ambiente.

- **Ámbito abiótico:** se considerarán factores como: hidrología, geología, geomorfología e hidrogeología,

proporcionando una comprensión profunda de las dinámicas físicas y químicas que afectan a estas unidades.

- **Ámbito biótico:** se evaluará la cobertura vegetal, las unidades ecológicas, las unidades de paisaje, los ecosistemas marinos y las áreas protegidas.

La zona portuaria de Barranquilla se encuentra en la Unidad Ambiental Costera (UAC) denominada “Río Magdalena, complejo Canal del Dique - Sistema Lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta”. Desde la boca del río Córdoba hasta Punta Comisario. Incluye isla Tierra Bomba, isla Barú, y el Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario.

La UAC Río Magdalena experimenta un clima cálido y seco, con temperaturas máximas entre enero-abril y julio-agosto y mínimas entre mayo-junio y septiembre-diciembre. Las precipitaciones varían, concentrándose en la temporada húmeda de abril a diciembre, siendo octubre el mes más lluvioso. La humedad relativa se mantiene en un promedio del 70 %, con valores más altos durante los periodos húmedos. La evapotranspiración anual ronda los 1.700 mm,

siendo más alta durante los periodos de sequía. La radiación solar sigue un patrón inverso a las precipitaciones, con menos horas de brillo solar durante la temporada lluviosa. Los vientos presentan su máxima magnitud en febrero y marzo y su dirección es predominantemente sur-suroeste. En el Apéndice B se presenta la caracterización del medio

abiótico y medio biótico la zona portuaria de Barranquilla, incluidos mapas. La información fue extraída de la caracterización de la Unidad Ambiental Costera (UAC) del río Magdalena. En la Tabla 2-1 se presenta la descripción de cada variable climatológica:

Tabla 2-1 Climatología de la UAC Río Magdalena (2025).⁵

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Temperatura	Se presentan temperaturas máximas medias hacia el norte de la UAC entre enero-abril y julio-agosto y de las bajas entre mayo-junio y septiembre-diciembre con valores de hasta 33 °C, mientras en la zona sur se identifica un comportamiento monomodal, las temperaturas altas se presentan entre abril a septiembre. En cuanto a las temperaturas medias estas fluctúan entre 25° y 30° C, las temperaturas mínimas medias se encuentran en 25°C entre los meses de octubre y noviembre (DAMCRA, 2018).
Precipitación	La precipitación de la temporada seca oscila entre 0.3 y 9.5 mm entre los meses de enero y marzo, mientras que la húmeda se encuentra con precipitaciones entre 3.7 y 256 mm entre los meses de abril y diciembre. Las precipitaciones tienden a disminuir entre los meses de junio a septiembre y en octubre se caracteriza por ser el de mayor precipitación. La precipitación anual se encuentra entre 453 y 1500 mm (DAMCRA, 2018).
Humedad relativa	Se mantiene en una zona homogénea con promedios de 70 %, donde en periodos secos oscila en 72 % y en periodos húmedos con 84 % (CORPOGUAJIRA, 2013).
Evapotranspiración	Los valores de evapotranspiración están cercanos a los 1700 mm/añual, los valores con los periodos máximos coinciden con los periodos de sequía.
Brillo solar	La radiación solar es coincidente con las precipitaciones, por lo cual el valor de menor radiación coincide con el periodo más lluvioso presentado en los meses de septiembre y octubre con 130.9 y 127 horas/mes. Mientras que, los meses de mayor valor se presentan entre enero a marzo con 228.4 y 238.5 horas/mes siendo el periodo menos lluvioso (DAMCRA, 2018).
Vientos	Los valores máximos en la magnitud del viento se encuentran en los meses de febrero y marzo con valores entre 2.95-10.53 m/s con una dirección sursuroeste. Los menores valores en los meses de mayo a noviembre con valores entre 0.37-6.51 m/s.
Clasificación climática	Según Holdridge se caracteriza por tener cálido seco.

Fuente: Lineamientos del plan de ordenamiento y manejo de la Unidad Ambiental Costera (Pomiuac) río Magdalena, complejo Canal del Dique-sistema lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, sector zona costera del departamento de Bolívar. CARDIQUE – INVEMAR 2014.

⁵ <https://experience.arcgis.com/experience/d6ce04a6bee7477a9954291940567a0b/page/P%C3%A1gina>

2.2.3 Contexto socioeconómico

Las principales variables e indicadores que caracterizan las condiciones sociales y económicas del distrito de Barranquilla se presentan a continuación en la Tabla 2-2, con el propósito de ofrecer un análisis integral del contexto demográfico, socioeconómico y productivo de la ciudad, a

partir de información proveniente de fuentes estadísticas oficiales. Este contexto permite comprender las realidades sociales y económicas del territorio, en el cual se localiza el canal de acceso portuario del que provienen los sedimentos que se proponen para su aprovechamiento bajo el enfoque de SbN, en el marco del presente informe del entregable 5.

Tabla 2-2 Análisis del contexto demográfico, socioeconómico y productivo de la ciudad, a partir de información proveniente de fuentes estadísticas oficiales en Barranquilla.

DIMENSIÓN	VARIABLE/INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Demográfica	Población 2024	1.279.120	DANE - Proyecciones Censo Nacional de Población y Vivienda 2018
	Hombres	616.476 - 48,19 %	
	Mujeres	662.644 – 51,79 %	
	Área urbana (Cabecera)	1.278.419 – 99,94 %	
	Área rural (Rural y disperso)	701 – 0,06 %	
	Densidad poblacional	7.706 (Extensión: 166 km2)	
	Población étnica 2023	NARP (Negras, Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras): 69.760 Indígena: 1.521 Rrom: 23	
	Número de personas por hogar 2018	4,3	DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda 2018
Tasa de alfabetismo población de 5 años y más 2018	94,1 %		
Pobreza	Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) urbana	55,7 % hogares	DANE - Proyecciones Censo Nacional de Población y Vivienda 2018
	Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) rural	17,4 % hogares	
	Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) cabecera	9,08 % población	
	Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) rural	45,79 % población	
	Miseria urbana	1,39 % población	
	Miseria rural	15,22 % población	
Servicios públicos	Cobertura acueducto urbano 2024	99 %	Plan Departamental Para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento (PDA). Secretaría de Agua Potable y Saneamiento Básico
	Cobertura acueducto rural 2024	95 %	
	Cobertura alcantarillado urbano 2024	99 %	
	Cobertura alcantarillado rural 2024	80 %	
	Cobertura de aseo urbano 2024	100 %	
	Cobertura de aseo rural 2024	95 %	

DIMENSIÓN	VARIABLE/INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Servicios públicos	Cobertura energía eléctrica urbano y rural 2023	100 %	Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)
	Cobertura gas natural 2024	90,80 %	Gases del Caribe S.A. E.S.P.
	Porcentaje de hogares con acceso a internet 2023	22,94 %	Datos abiertos Colombia
Económica	Establecimientos económicos 2018	Comercio: 45,2 % Servicios 41,3% Industria: 12,0 % Otras actividades: 1,4 %	DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda 2018
	Viviendas rurales con actividad agropecuaria 2018	84,8 %	
	Exportaciones Atlántico enero-septiembre 2025	USD 1.749 millones FOB	LegisComex 2025
	Principales productos exportados (Millones USD FOB)	Puertas, ventanas y marcos: 462.082.836 Aceite de palma en bruto: 149.433.020 Desperdicios y desechos de cobre: 105.754.702 Desperdicios y desechos de aluminio: 94.554.265 Funguicidas: 72.349.059	
	Importaciones Atlántico enero-septiembre 2025	USD 2.333 millones FOB	
	Principales productos exportados	Aleaciones de aluminio: 51.899.351 Compuestos de Priridina: 39.397.505 Aceros aleados laminados en frío: 34.568.970 Carne porcina congelada: 34.549.635 Placas y láminas de poli(vinilbutirural): 31.295.758	

DIMENSIÓN	VARIABLE/INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Económica	Exportaciones ZFP (Barranquilla, Internacional del Atlántico y La Cayena) enero-septiembre 2024	133.621 toneladas	DANE 2025
	Importaciones ZFP (Barranquilla, Internacional del Atlántico, La Cayena y Palermo) enero-septiembre 2024	127.406 toneladas	
	Turismo Atlántico enero-septiembre 2025	53.390 visitantes extranjeros	Migración, ProData 2025

2.3 Puerto de Barranquilla: Material dragado

El río Magdalena en su canal de acceso al puerto de Barranquilla ha sido intervenido mediante obras hidráulicas que han modificado la dinámica sedimentaria de forma conveniente para la navegación. Sin embargo, los factores que propician la sedimentación no pueden ser anulados del todo ya que son inherentes a la naturaleza hidrológica que no pueden controlarse; siendo necesario mantener una labor de dragado continuo de mantenimiento indispensable para garantizar el calado operativo requerido para la actividad portuaria.

La dinámica hidrosedimentológica del río Magdalena en este tramo final se caracteriza por procesos intensos de sedimentación, resultantes del material que el río arrastra desde su nacimiento y deposita en la desembocadura, un fenómeno exacerbado por la interacción hidrodinámica de mezcla al encontrarse con el mar. Los estudios técnicos de Cormagdalena, (Informe sobre estimación de Volúmenes de Dragado en el Río Magdalena Pronóstico vigencias 2024 a 2026) determinan una correlación directa y robusta (R2=0.84) entre el caudal líquido y el volumen de sedimentos; es decir, los aumentos en el flujo de agua implican necesariamente una mayor carga de sedimentos que debe ser removida. Para modelar este comportamiento con precisión, en el estudio técnico de Cormagdalena

utilizaron metodologías del USGS (United States Geological Survey) y registros históricos de la estación hidráulica Calamar que datan desde 1940, asegurando una base estadística sólida que vincula el comportamiento histórico del río con las necesidades actuales de dragado.

Finalmente, la integración de estas variables hidrológicas con simulaciones probabilísticas de Monte Carlo permite estimar los volúmenes de dragado necesarios para mantener la navegabilidad. Se proyecta un volumen total acumulado cercano a los 9.004.022 m3 para el trienio 2024-2026, lo que representa una media de remoción anual aproximada de 3 millones m3. Las curvas de probabilidad generadas ofrecen un alto grado de certeza para la toma de decisiones financieras y operativas, estableciendo con un 90% de confianza que el volumen de sedimentos a remover no excederá los 9,87 millones m3, y con un 95% de probabilidad que no superará los 10,46 millones m3 en el periodo analizado. Más información sobre el canal de acceso y la calidad y cantidad del material dragado se puede encontrar en el informe del entregable 3 (capítulo 3 y 4).

2.3.1. Material dragado: cantidad

Actualmente el canal de acceso cuenta con una profundidad de 40 pies (12 m), Base menor de 150 m. La zona de mayor sedimentación se encuentra en los dos primeros kilómetros de entrada al canal de acceso en el sector de Bocas de

Ceniza (K0 a K2). En la Figura 2-3 se presenta el abscisado del canal de acceso y en la tabla se describen los 4 sectores que se divide el canal de acceso de Barranquilla.

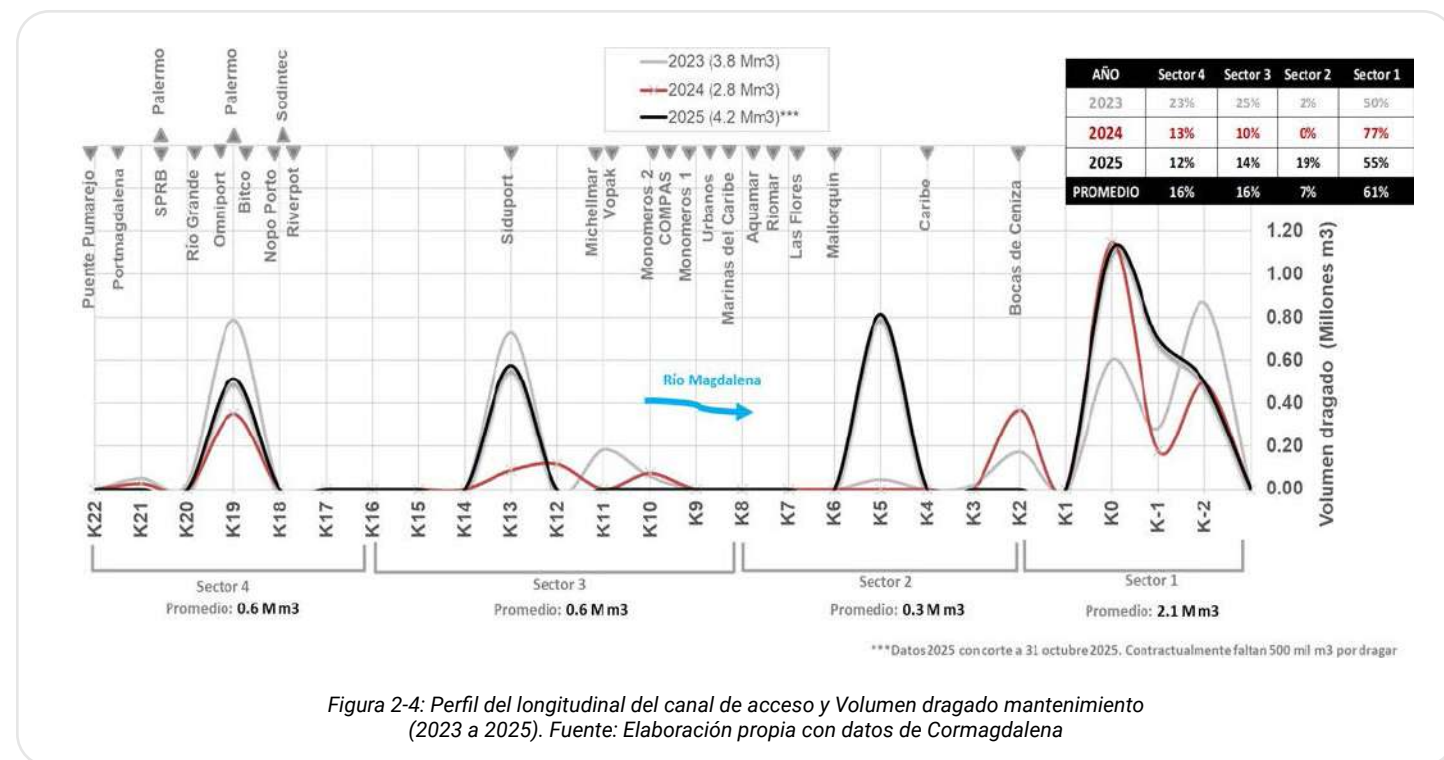


Figura 2-3 Mapa canal de acceso y descripción de sectores. Fuente: Elaboración propia con información de Cormagdalena.

SECTOR	KM INTERVALO	PROFUNDIDAD MAXIMA DEL CANAL (M)	ANCHURA DEL CANAL (M)	DESCRIPCIÓN
I	-K2-800 a K02+000	13.7	Comienza con 315 m en K2-800 y finaliza con 200 m en K0+000	Sector con fuertes vientos y olas que influyen en la hidrodinámica. Se localizan algunas barras como resultado del crecimiento del bajo submareal en el este.
II	K02+000 a K08+000	12.0	200	Sector con la hidrodinámica determinada por la K02+000 interacción entre el Mar Caribe y el Río Magdalena. Normalmente en la zona se presentan algunas barras que reducen la profundidad del canal de acceso. Estas barras son recurrentes y requieren intervención inmediata en cuanto se presentan.
III	K08+000 a K16+000		150	Zona inminentemente fluvial con incidencia de algunas afecciones generadas por el oleaje. Debido a la cuña salina que entra durante los caudales bajos y otras condiciones especiales, existe una dinámica que requiere dragado.
IV	K16+000 a K21+750			Zona fluvial que requiere una vigilancia constante.

Para mantener la profundidad del canal de acceso en 12 metros (40 pies) y asegurar que las embarcaciones que ingresan a la zona portuaria de Barranquilla no tengan restricción en la navegación, la entidad Cormagdalena, contrata anualmente las actividades de dragado de mantenimiento. En la Figura 2-4 se presenta un perfil

longitudinal del canal de acceso con la cantidad de material dragado en los últimos 3 años en los 4 sectores descritos anteriormente, también se presenta la ubicación de las sociedades portuarias (ver 7.1 Apéndice A) que integran la zona portuaria.



La información recopilada entre los años 2023 a 2025 y agrupada en los sectores del canal de acceso, logró establecer una característica notable, identificando que el mayor esfuerzo para mantener la navegabilidad del canal de acceso se realiza en el Sector I, en el cual se realiza el 61% del volumen dragado. El Sector II representa un 7%, los

sectores III y IV representan cada uno el 16% del volumen dragado anualmente. El volumen promedio en los cuatro sectores resultó un total de 3.6 millones m3 de material. Lo anterior representa un valor cercano al valor estimado en el estudio de Cormagdalena descrito al inicio del numeral 2.3.

Tabla 2-3: Volumen y porcentajes de dragado promedio en los sectores del canal de acceso (2023 a 2025). Fuente: Elaboración propia con datos de Cormagdalena

SECTOR	INTERVALO	VOLUMEN PROMEDIO 2023 A 2025 (MILLONES M3)	PORCENTAJE
Sector I	K -2 a K 2	2.1	61%
Sector II	K 2 a K8	0.3	7%
Sector III	K8 a K16	0.6	16%
Sector IV	K16 a K 22	0.6	16%

En la Tabla 2-3 se presenta el volumen promedio de cada uno de los sectores, proyectando que anualmente en el canal de acceso debería realizarse esas cantidades para mantener la navegabilidad estable en los próximos años.

La información hidrosedimentológica estudiada por Cormagdalena con los resultados de la tabla anterior evidenció que los volúmenes de dragado del río Magdalena no corresponden a eventos aislados, sino a un proceso

recurrente y altamente predecible en el tiempo. Los estudios técnicos demostraron una correlación directa y robusta entre el caudal líquido y la carga de sedimentos. Esta relación permitió anticipar con un alto nivel de certeza que los volúmenes de sedimento a remover con una media anual del orden de 3 millones de m3.

Dicha predictibilidad se refuerza al analizar los volúmenes dragados entre 2023 y 2025, donde se identifica un patrón consistente de acumulación sedimentaria. El volumen promedio total anual de aproximadamente 3,6 millones de m3 confirma la recurrencia del suministro de sedimentos y su localización preferente (ver tabla 2-3). Esta combinación de recurrencia temporal y concentración espacial constituye una oportunidad estratégica para planificar de manera sistemática el uso benéfico del material dragado mediante SbN en los próximos años.

Contenido de Carbono Orgánico

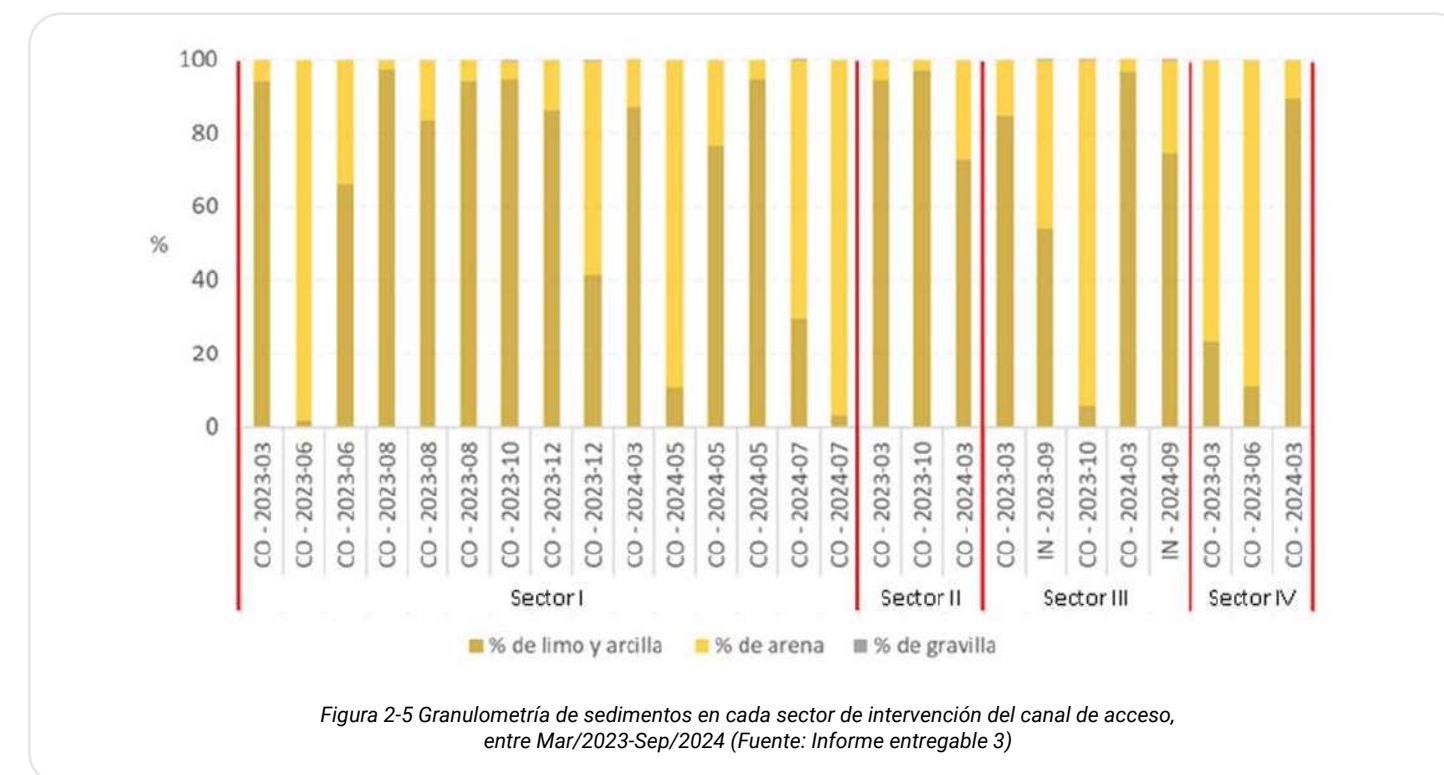
Tal como se ha destacado desde el informe del entregable 3 (capítulo 3), el contenido de carbono orgánico total (%) en los sedimentos del canal de acceso presenta una variación espacial irregular y una leve disminución temporal entre los periodos evaluados. Dado que el contenido de carbono orgánico no es una variable tenida en cuenta en las Directrices de calidad de los sedimentos (DCS) de otros países se evaluaron los contenidos de carbono orgánico en términos de potencial del uso del sedimento dragado como enmienda para el suelo en agricultura. En este contexto, los contenidos de carbono orgánico observados se clasifican como bajos, lo que limita su aporte desde el punto de vista de mejoramiento de suelos.

Granulometría

El análisis de la granulometría en la zona portuaria de Barranquilla, entregable 3 (capítulo 3), revela una notable diversidad en las texturas de los sedimentos. Al graficar los resultados (véase Figura 2-5), se observa que los sedimentos dragados varían desde arenas hasta limos arcillosos, reflejando una amplia gama de clases texturales.

2.3.2 Material dragado: calidad

2.3.2.1 Calidad física



Esta variabilidad no solo caracteriza la zona analizada, sino que, al extrapolarse a otras regiones de Colombia, permite anticipar una gran diversidad en la calidad y granulometría de los materiales dragados a nivel nacional.

La granulometría es clave para entender cómo se comportan los sedimentos. A partir del tamaño de grano es posible identificar si un material ofrece estabilidad, si retiene agua o si favorece ciertos procesos ecológicos. Por eso, conocer la granulometría permite asignar cada tipo de sedimento al uso más adecuado: las arenas suelen emplearse en protección costera por su mayor resistencia al oleaje, mientras que los sedimentos finos (como limos y arcillas) son preferidos en restauración ecológica.

2.3.2.2 Calidad química

La evaluación de la calidad química de los sedimentos dragados en el canal de acceso a la zona portuaria de Barranquilla (entregable 3, capítulo 3) indica que, en términos generales, el material presenta una calidad química mayoritariamente aceptable. No obstante, el análisis también pone en evidencia varias limitaciones de la información disponible que deben tenerse en cuenta al momento de interpretar los resultados. Diferentes entidades (INVEMAR, Cormagdalena y la Universidad Cartagena) han reportado la información de calidad física y química de los sedimentos. La calidad química de los sedimentos dragados se puede dividir entre sustancias minerales (metales pesados y arsénico) y sustancias orgánicas.

- **Sustancias minerales (metales pesados y arsénico):** las concentraciones reportadas en el informe del entregable 3 (capítulo 3) estuvieron por debajo de los respectivos niveles 1 de umbrales neerlandeses, tanto para ecosistemas de agua dulce como para ecosistemas costeros. Para algunas sustancias no es posible identificar si sobrepasan los límites establecidos en Florida y Brasil, porque los umbrales son inferiores a los límites de detección de las técnicas de laboratorio

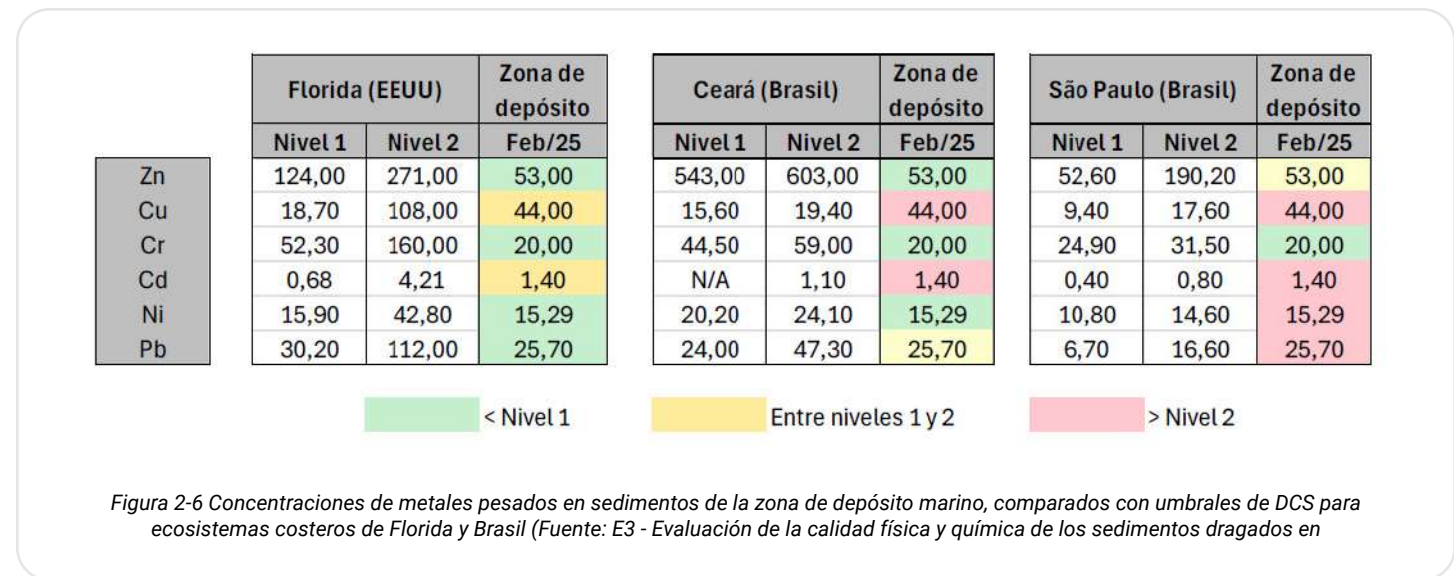
utilizada. Florida y Brasil se utilizan como referencia en el informe del entregable 4 (capítulo 3), ya que estos lugares son los más relacionados con las condiciones ambientales de Colombia.

- **Sustancias orgánicas:** De este tipo de sustancias solo se han determinado las concentraciones de algunos plaguicidas y de algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

Con la información actualmente disponible para las cuales las entidades colombianas han reportado (INVEMAR, Cormagdalena y la Universidad Cartagena) concentraciones en sedimentos del canal de acceso y de la zona de depósito marino, se puede asumir que el cobre (Cu) y el cadmio (Cd) son las sustancias minerales de mayor preocupación, especialmente en la zona de depósito (véase la Figura 2-6) y, potencialmente, en escenarios de dispersión de los materiales dragados hacia otras áreas costeras o marinas. Para los demás metales pesados, no es posible establecer de forma concluyente su nivel de preocupación, debido a la falta de información representativa, actualizada o cuantificada con la precisión necesaria.

Respecto a las sustancias orgánicas, la información disponible se limita a algunos plaguicidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Para los HAP, la baja frecuencia y densidad de muestreo no permiten extraer conclusiones. En el caso de los plaguicidas, los muestreos de 2014 muestran que únicamente la atrazina supera el umbral de nivel 1 para ecosistemas de agua dulce según los criterios de Florida.

El apéndice E ofrece una visión general de las soluciones basadas en la naturaleza y sus requisitos químicos y físicos en relación con el material dragado, para facilitar un análisis preliminar de qué soluciones podrían ser aplicables a un material dragado determinado.



2.3.3 Marco normativo aplicable

MinAmbiente está elaborando una normatividad sobre la “Gestión ambiental para el aprovechamiento y disposición de material de dragado”, la cual se planea incorporar como un capítulo adicional al decreto 1076/2015. Esta normatividad consiste en un procedimiento para establecer los umbrales de sustancias minerales y orgánicas que son aceptables para poder hacer dos tipos de usos de los materiales dragados (usos ecosistémicos y usos no ecosistémicos). Este decreto se realiza de acuerdo con los planes de acción de la Política nacional portuaria (CONPES 4118/2023), y reglamenta el artículo 240 del Plan Nacional de Desarrollo 2022-26, referente al aprovechamiento de los materiales dragados.

El capítulo adicional se trata de la gestión ambiental para el aprovechamiento y disposición de materiales de dragado en proyectos, obras o actividades del sector infraestructura de transporte que impliquen la realización de dragados de profundización y mantenimiento, marítimos y fluviales, y a los dragados fluviales de mejoramiento. Así mismo, establece los criterios técnicos y ambientales para su manejo, uso, aprovechamiento, depósito y disposición final. Más detalles se encuentran en el entregable 4 (capítulo 2.3).

3. Identificación y priorización de oportunidades de SbN para el aprovechamiento de sedimentos dragados en el canal de acceso a Barranquilla



Resumen ejecutivo

Los puntos clave de este capítulo son:

1. Este capítulo ofrece una visión general de las SbN, categorizadas en ocho diferentes aplicaciones, incluyendo descripciones y ejemplos:

- Recuperación de hábitat para restauración de manglares
- Infraestructura gris: construcción de carreteras y materiales de construcción
- Regeneración de costa contra la erosión: manejo del material y regeneración de playas
- Relleno
- Construcciones sumergidas para romper las olas
- Fertilizantes
- Diques para inundaciones fluviales y áreas de retención
- Cubrimiento de terrenos

2. Estas categorías de SbN fueron presentadas y discutidas con los actores clave en Barranquilla, lo que llevó a la priorización de las SbN y sus ubicaciones en las proximidades de la zona portuaria de Barranquilla.

Con base en los resultados de priorización obtenidos durante la Sesión de intercambio y capacitación 5, que se llevó a cabo en Barranquilla el 4 de diciembre de 2025, se identificaron 3 SbN y 4 ubicaciones para desarrollar posteriormente los diseños conceptuales:

- Protección costera:
 - Castillo de Salgar
 - Ciénaga Mallorquín
- Construcciones sumergidas para romper las olas
 - Ciénaga Los Manatíes y Punta Roca
 - Castillo de Salgar
- Restauración de manglares
- Fertilizantes, mejoramiento del suelo, almacenamiento

Este capítulo incorpora y fusiona la información recopilada en los entregables anteriores (1-4) y la aplica al puerto de Barranquilla. Junto con los actores clave de la región, se desarrollaron diseños conceptuales preliminares para el uso benéfico del material dragado, los cuales se describen a continuación.

3. Identificación y priorización de oportunidades de SbN para el aprovechamiento de sedimentos dragados en el canal de acceso a Barranquilla

3.1 Lista larga de aplicaciones de SbN

Las SbN son estrategias sostenibles que aprovechan los procesos naturales para mejorar la resiliencia de los ecosistemas, mitigar riesgos y fomentar la biodiversidad. Su valor fundamental reside en la generación de beneficios ambientales, sociales y económicos, a la vez que se adaptan a las condiciones cambiantes del clima y el uso del suelo. En este capítulo, analizaremos un caso teórico en Barranquilla, comenzando con una lista extensa de SbN, categorizadas por tipo e ilustradas con ejemplos. Posteriormente, pasaremos de esta lista a una selección específica de SbN, centrándonos específicamente en el uso benéfico de las aplicaciones de materiales de dragado más aplicables a Barranquilla, con base en factores climáticos relevantes.

El uso benéfico de materiales de dragado abarca una amplia gama de aplicaciones; a continuación, se han categorizado ocho alternativas de SbN para ofrecer a las partes interesadas una visión general tangible de las opciones:

USOS



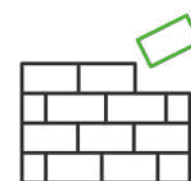
DESCRIPCIONES Y EJEMPLOS

Recuperación de hábitat para restauración de manglares

OBJETIVO: Restaurar y mejorar los ecosistemas de manglar degradados para incrementar la biodiversidad y la protección costera.

BENEFICIO:

- Restauración del hábitat costero
- Protección contra la erosión
- Mejora de la calidad ambiental



Infraestructura gris⁶:

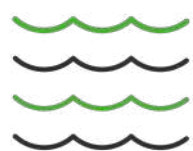
- Construcción de carreteras
- Material de construcción

OBJETIVO: Reutilizar sedimentos dragados como materia prima en obras de ingeniería civil, reduciendo la necesidad de extracción de recursos naturales.

BENEFICIO:

- Reducción de residuos
- Optimización de recursos.
- Ahorro económico

⁶En rigor, algunos de los usos descritos podrían no clasificarse oficialmente como SbN, como el uso benéfico del material dragado para la construcción, incluyendo bloques de construcción y carreteras. No obstante, estos usos se han incluido porque pueden reducir significativamente la extracción de materia prima, impulsar la circularidad y, por consiguiente, generar reducciones de costes.



Regeneración de costa contra erosión:

- Manejo del material
- Regeneración de playas

OBJETIVO: Combatir la erosión costera y restaurar playas utilizando sedimentos dragados para estabilizar y reconstruir zonas litorales.

BENEFICIO:

- Restauración del hábitat costero
- Protección contra la erosión
- Mejora de la calidad ambiental

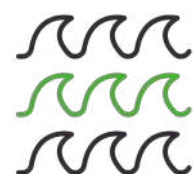


Relleno

OBJETIVO: Utilizar sedimentos como material de relleno para recuperación de tierras y elevación de áreas bajas, apoyando la expansión urbana o industrial.

BENEFICIO

- Optimización de recursos y reducción de residuos
- Ahorro económico
- Mejora de la protección costera



Construcciones sumergidas para romper las olas

OBJETIVO: Implementar estructuras sumergidas utilizando material dragado para reducir la energía de las olas y proteger las costas de la erosión.

BENEFICIO:

- Protección costera eficaz
- Reducción de residuos
- Creación de nuevos hábitats



Diques para inundaciones fluviales y áreas de retención

OBJETIVO: Construir o reforzar diques y áreas de retención utilizando sedimentos dragados para prevenir inundaciones fluviales y gestionar los flujos de agua.

BENEFICIO:

- Ahorro económico
- Protección eficaz contra inundaciones
- Restauración ambiental
- Estabilización y mejora de suelos



Cubrimiento de terrenos

OBJETIVO: Utilizar sedimentos como capa de cobertura para rellenos sanitarios, sitios degradados o para encapsular suelos contaminados.

BENEFICIO:

- Mejora inmediata de suelos y hábitats degradados
- Recuperación de servicios ecosistémicos



Fertilizantes

OBJETIVO: Transformar sedimentos ricos en nutrientes en mejoradores de suelo o fertilizantes para uso agrícola.

BENEFICIO:

- Aprovechamiento de nutrientes
- Reducción de residuos
- Ahorro económico
- Mejora de la estructura del suelo

Estas opciones ilustran la versatilidad del material dragado, lo que permite su uso en la construcción, la mejora ambiental, la creación de tierras, el mantenimiento de hábitats y la adaptación climática. La elección óptima de la aplicación beneficiosa depende de varios factores interrelacionados:

- **Clima:** La temperatura local, los patrones de precipitación y los fenómenos meteorológicos extremos afectan la estabilidad de los sedimentos y los resultados ecológicos.
- **Calidad y cantidad del material dragado:** La composición física y química, los niveles y tipo de contaminación y el volumen disponible determinan las posibles aplicaciones.
- **Aspectos ambientales:** Se deben abordar los requisitos del ecosistema, la calidad del agua y los objetivos de biodiversidad para garantizar resultados positivos.
- **Aspectos sociales y económicos:** Las necesidades de la comunidad, las prioridades de uso del suelo, los planes de desarrollo y la rentabilidad guían el proceso de selección.

Dado que la tecnología puede superar complicaciones, como el material contaminado, el tipo inadecuado de material dragado, la cantidad, etc., se realizó un taller con las partes interesadas para identificar y priorizar el uso benéfico de las opciones y ubicaciones.

3.2 Priorización con actores locales

Durante la jornada titulada “Estudio de caso para el uso benéfico de sedimentos dragados en Barranquilla”, que se desarrolló el día 4 de diciembre de 2025, con la participación de 18 personas y 10 instituciones gubernamentales se empleó una metodología participativa que reunió a representantes de entidades nacionales, regionales y locales para fortalecer la toma de decisiones sobre el aprovechamiento de estos materiales. Los participantes se organizaron en tres grupos de trabajo (A-1, B-2 y C-3) que, con una visión integral, identificaron y clasificaron posibles usos de los sedimentos, como la restauración de manglares, infraestructura gris, regeneración de costas, construcciones sumergidas, fertilizantes, diques y cubrimiento de terrenos. Cada propuesta fue representada gráficamente en un mapa regional para analizar su distribución territorial. Finalmente, las alternativas se priorizaron mediante una matriz de valoración, clasificándolas según su impacto y viabilidad de manera consensuada. Este proceso permitió visualizar y jerarquizar colectivamente las opciones más prometedoras para el uso sostenible de sedimentos en la región. En la Sección 0 Apéndice C se incluye la descripción general de las ubicaciones y las aplicaciones benéficas mencionadas por cada grupo⁷.

⁷ Los detalles al respecto de la metodología utilizada y los actores participantes están incorporados en las memorias de la sesión de capacitación 5.

Tabla 3-1 Panorama de los usos y ubicaciones priorizados durante el taller 5 en Barranquilla.


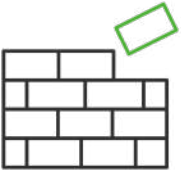
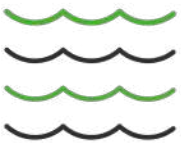
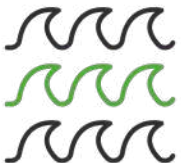

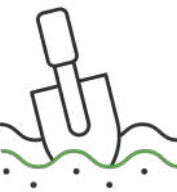


USOS	A-1	B-2	C-3
<p>Recuperación de hábitat para restauración de manglares</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procesos de restauración de hábitat de manglar en el VIPIS (Vía Parque Isla Salamanca) con aplicación de sedimentos dragados. 2. Remediación de suelos mediante plantaciones forestales con cultivos aprovechables, en concordancia con las Áreas de Vida definidas por la Resolución 1491 de 2025 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Este uso debería ir en remediación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ciénaga los Manatíes 2. Ciénaga de Mallorquín 3. Ciénaga de Balboa (Pto Colombia) 4. Dique direccional o 1972 <p>Debido a la erosión costera y la intervención antrópica.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recuperación de zonas de manglar en áreas, islotes o zonas de perdidas o desaparecidas. 2. Recuperación de áreas de manglar en Barú e Isla Grande. 3. Recuperación de áreas por procesos de erosión en Isla Verde. 4. Recuperación de áreas de manglar en las áreas de Vía Parque Isla de Salamanca y en la Ciénaga Grande de Santa Marta. 5. Establecimiento de islas en manglar frente al malecón de Barranquilla, para la protección de estructura y reducción del impacto del agua sobre el margen de la vía, y recuperar la conectividad de las ciénagas internas. 6. Recuperación del islote de Manzanillo y áreas cercanas que desaparecieron y perdieron cobertura de manglar, así como la recuperación zonas de pesca. <p>Recuperación de áreas de mangle en la Ciénaga de la Virgen, la Boquilla y Sereno del Mar; se debe rehabilitar la conectividad hídrica para garantizar el resultado de la acción.</p>
<p>Infraestructura gris:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construcción de carreteras • Material de construcción 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Material de apoyo para la construcción del futuro viaducto de la Ciénaga Grande de Santa Marta. 2. Aumento de la cota de nivelación de los puertos en Gamarra (Cesar) para ganar terreno mediante disposición de sedimentos dragados. 3. Venta del material dragado a bloqueras como insumo para la construcción. 4. Construcción de viviendas VIS y no VIS mediante aprovechamiento de sedimentos dragados como material de relleno y soporte. 	<p>Kilómetro 14 al kilómetro 19: sitio de acopio para material de dragado</p>	<p>Disposición de material de dragado para ser procesado y convertido en material para construcción.</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disposición de sedimentos dragados en el área acuática frente a la ciénaga de Mallorquín, para que las corrientes los transporten hacia las costas del Atlántico. No se entiende este uso 2. Mitigación de la erosión costera en el Km 19 (vía Santa Marta - Barranquilla). 3. Regeneración de playas en toda la costa de los departamentos del Atlántico y Magdalena mediante disposición de sedimentos dragados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Castillo de Salgar 2. Ciénaga Los Manatíes y Punta Roca 3. Ciénaga de Mallorquín 4. Aquamarina Beach (Condominio) 5. Santa Verónica 6. Playa Puerto Mocho II 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mitigación de erosión costera desde la Ciénaga Los Manatíes hasta Tajamar Bocas de Ceniza. 2. Regeneración de costa contra la erosión costera en zona de la playa de Salguero. 3. Alimentación de playas contra la energía marina.
<p>Construcciones sumergidas para romper las olas</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proyecto piloto de restauración artificial de corales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Castillo de Salgar 2. Ciénaga Los Manatíes 3. Aquamarina Beach (Condominio) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solución con manglar e infraestructura sumergida para disminuir la energía de la ola en el trayecto vía Ciénaga- Barranquilla.

Tabla 3-1 Panorama de los usos y ubicaciones priorizados durante el taller 5 en Barranquilla.

USOS	A-1	B-2	C-3
<p>Fertilizantes</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fertilizantes en plantaciones de banano mediante aplicación de sedimentos dragados para la fertilización del suelo. 2. Mejoramiento de pastos y suelos para la ganadería. 	<p>Kilómetro 14 al kilómetro 19: sitio de acopio para material de dragado</p>	<p>Desarrollo de fertilizantes para ser usa en agricultura intensiva y recuperación de suelos, especialmente en la zona bananera</p>
<p>Relleno</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Relleno para la construcción del futuro puerto de aguas profundas en Barranquilla. 2. Material de construcción y/o relleno para la conformación de una isla con fines turísticos. 3. Centros de acopio de material dragado para futuras construcciones de megaproyectos. 4. Material de relleno y restauración de manglar para la construcción de un bioparque. 5. Recuperación de canteras y áreas de minería mediante disposición de sedimentos dragados para su rehabilitación ambiental y productiva. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dique direccional o 1972 2. Playa Puerto Mocho II 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentar la cota del suelo en un área de 300 hectáreas para uso de logística fluvial. 2. Aumento de cota de dique de protección en ciénagas de Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela (cuenta con licencias de ANLA 293/17). 3. Relleno en dársena de SPRBAQ. 4. Relleno en zona portuarias del grupo Palermo. Orilla derecha río Magdalena.
<p>Diques para inundaciones fluviales y áreas de retención</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mejoramiento del tajamar occidental. 2. Potencialización de la economía de Galerazamba mediante áreas de retención de sedimentos que apoyen la producción de sal y fortalezcan el turismo, aprovechando que él una época del año el agua se torna color rosado. 3. Construcción de un dique frente a Salamina y otros municipios cercanos al río para mitigar inundaciones. 		<p>Obras de protección para la rivera del canal del Dique en el municipio de Santa Lucia (Atlántico) y otros municipios del canal del Dique.</p>
<p>Cubrimiento de terrenos</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remediación de terrenos para cultivo de hortalizas, aprovechando sedimentos dragados en suelos con problemas de salinización. 		

3.3 Selección de SbN aplicables en Barranquilla

Con base en la información recopilada a lo largo de este proyecto, el conocimiento de las condiciones de la zona portuaria de Barranquilla y el taller realizado con los grupos de interés, se analizaron las matrices de priorización, cuyos resultados se ilustran en la Figura 3-1, Figura 3-2 y Figura 3-3 y (considerando las categorías de “positivos” y “necesarios”).

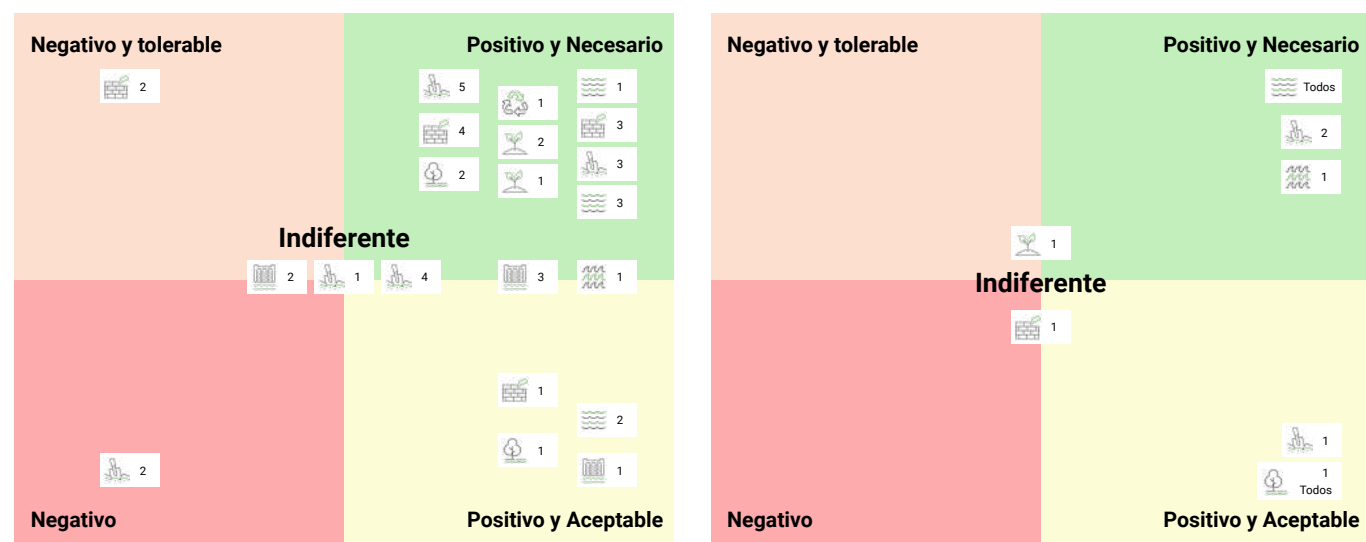


Figura 3-1 Priorización de usos benéficos del material dragado en Barranquilla – Grupo A-1

Figura 3-2 Priorización de usos benéficos del material dragado en Barranquilla – Grupo B-2

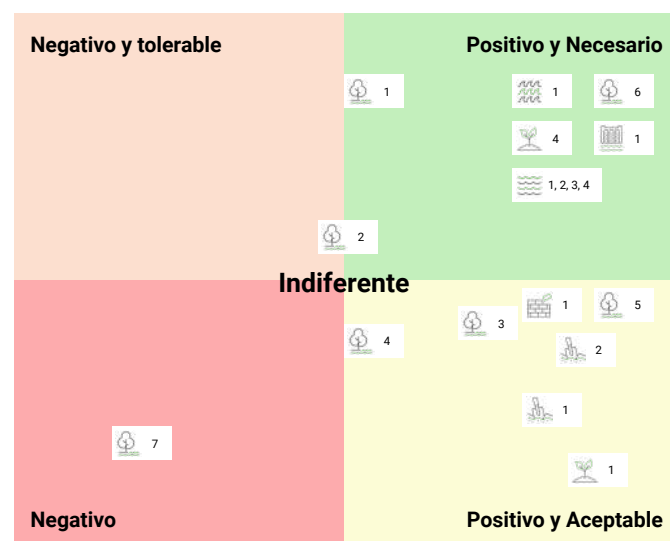


Figura 3-3 Priorización de usos benéficos del material dragado en Barranquilla – Grupo C-3

Posteriormente, el equipo de trabajo identificó para su elaboración conceptual, los cuatro usos más frecuentemente catalogados como “Positivos y Necesarios”:

Protección costera:

- Castillo de Salgar
- Ciénaga Mallorquín

Construcciones sumergidas para romper las olas

- Castillo de Salgar
- Ciénaga Los Manatíes y Punta Roca

Restauración de manglares:

- Varias

Fertilizantes, mejoramiento del suelo, almacenamiento:

- Varias

Dentro de los criterios sociales considerados en las **SbN orientadas a la protección costera**, se priorizó la protección de las viviendas de la población local y de las actividades turísticas desarrolladas por las comunidades en estas zonas. Si bien en la ciénaga **Los Manatíes** y en **Punta Roca** las viviendas corresponden a estratos socioeconómicos altos, desde el enfoque social se destacó que la población local desarrolla actividades de subsistencia económica asociadas al turismo. Asimismo, la restauración del ecosistema de manglar en la ciénaga Los Manatíes contribuye a mejorar la productividad pesquera, beneficiando a los pescadores artesanales que dependen de esta actividad para su sustento.

Tras priorizar los 4 usos y ubicaciones, el equipo mantuvo conversaciones de validación con dos organizaciones para garantizar que los casos tuvieran eco en las organizaciones locales, como la CRA y los parques nacionales. Estas reuniones permitieron comprender con más detalle el contexto de cada ubicación.

A continuación, se presenta un breve resumen de la información recopilada durante estas reuniones:

- **Erosión:** no se debe olvidar el resto de la línea costera afectada por erosión (requiriendo un análisis del

sistema costera).

- **Cantidad:** la mayor demanda de sedimentos se encuentra en los proyectos de protección costera, mientras que la restauración de manglares requerirá volúmenes menores y acciones muy puntuales. Importante priorizar proyectos capaces de absorber la mayor parte de material dragado (3-4 millones m3), evitando así su disposición en sitios de desecho y promoviendo su uso sostenible y benéfico para el entorno.
- **Aspectos importantes:**
 - Dinámica de los sedimentos: como la necesidad de estudios de dinámica costera para optimizar la disposición de sedimentos y aprovechar la deriva litoral,
 - Estudio de mercado: como la importancia de considerar los costos de transporte y
 - Gobernanza: la coordinación entre actores involucrados (dragadores, autoridades, beneficiarios) y
 - Variabilidad climática: La implementación de SbN y el uso benéfico de material de dragado adquieren especial relevancia frente al cambio climático y la variabilidad asociada a eventos El Niño y La Niña.⁸

Para la protección costera y las construcciones sumergidas para romper olas, las ubicaciones son más detalladas, mientras que la información recopilada sobre ubicaciones específicas para el almacenamiento del material dragado es más general. Por lo tanto, los diseños conceptuales para la protección costera y las estructuras sumergidas para romper olas se desarrollarán a un nivel más detallado, mientras que los otros dos (mejora del suelo y restauración de manglares) se elaborarán a un nivel más abstracto. Ambos enfoques permitirán la escalabilidad y la replicabilidad.

⁸ Durante La Niña, el aumento en la energía del oleaje y los eventos de mar de lecho incrementan la erosión costera, poniendo a prueba la eficacia de SbN como el motor de arena o la restauración de manglares. Por otro lado, El Niño suele aumentar el aporte sedimentario del río Magdalena, lo que puede influir en la disponibilidad de material para la alimentación de playas y en la frecuencia de mantenimiento o realimentación del motor de arena. Además, la resiliencia de los manglares restaurados se convierte en un factor clave para amortiguar los impactos de eventos extremos y ofrecer protección a las comunidades costeras. Por tanto, el éxito de cada SbN propuesta debe evaluarse considerando estos escenarios climáticos, lo que permitirá diseñar estrategias de adaptación y manejo más robustas y sostenibles.

3.4 Diseños conceptuales

Para cada caso, se describen los siguientes aspectos: el problema, el objetivo de la solución en cuanto al uso benéfico del material dragado, el diseño conceptual, los materiales necesarios (calidad y cantidad), la estimación aproximada del costo, los riesgos ambientales y sociales preliminares y ejemplos internacionales como referencia. Al final de esta sección, se comparan los diseños para mostrar las opciones más viables.

El nivel de detalle en el diseño varía según la información disponible para cada alternativa. En el caso del motor de arena, se ha alcanzado un mayor grado de desarrollo gracias a la existencia de experiencias internacionales replicables, como el motor de arena en los Países Bajos, a la urgencia que representa la erosión costera en la zona y a su capacidad para absorber grandes volúmenes de sedimento —alrededor de 5,4 millones m³, incluso superior al volumen anual de dragado—. Sin embargo, este mayor nivel de detalle no significa que las alternativas menos desarrolladas sean menos viables; simplemente requieren la obtención de información primaria adicional para poder avanzar en su desarrollo en el futuro.

Es importante destacar que cualquier solución debe basarse en un análisis de sistema. Por lo tanto, este informe presenta un diseño conceptual basado en la comprensión actual del sistema y tres diseños conceptuales para ubicaciones específicas, que reflejan los aportes de las partes interesadas durante el taller sobre el entregable 5.

Para este informe, se realizó un análisis inicial del sistema basado en información secundaria. En el futuro, se requerirá un análisis de sistema más exhaustivo para finalizar el diseño. Dicho análisis examinaría las tasas de erosión y acreción, la batimetría detallada y las condiciones del oleaje. Las soluciones en una ubicación específica podrían influir y tener ramificaciones en otras zonas costeras. Para evitar impactos negativos en otras ubicaciones, es necesario

hacer un análisis de sistemas. En los apéndices se presenta un análisis de sistema inicial en su conjunto como de las ubicaciones individuales.

3.4.1 Diseño conceptual a nivel del sistema

El principal problema que afecta a toda la línea costera entre Castillo de Salgar, Punta Roca, la Ciénaga de los Manatíes y Puerto Mocho es la erosión costera crónica y progresiva causada por una combinación de factores naturales y antrópicos. Los procesos naturales incluyen la alta energía del oleaje proveniente del noreste, fuertes vientos, frentes fríos y el ascenso progresivo del nivel del mar, que juntos favorecen la migración y pérdida de sedimentos, la socavación de acantilados y la reducción del ancho de playa. Estos efectos se ven agravados por la geología de rocas blandas en sectores como Punta Roca, que incrementa la vulnerabilidad ante la erosión marina y facilita el retroceso acelerado de la línea de costa.

A nivel regional, el transporte litoral dominante y la canalización del río Magdalena han alterado el equilibrio sedimentario, reduciendo el aporte natural de sedimentos y favoreciendo su depósito en zonas profundas o su fuga del sistema de playas. A esto se suman impactos humanos severos, como la urbanización desordenada y la construcción rígida sobre terrazas costeras, la extracción indiscriminada de conchas y la ocupación ribereña en humedales, lo que sobrecarga los taludes, disminuye la vegetación protectora y limita la capacidad de amortiguamiento natural frente a la erosión y la salinización. Como resultado, se observa un retroceso continuo de la línea de costa (aproximadamente 5 m, consulte la Sección 7.3 (Apéndice C) para obtener más información), pérdida de playas y manglares, mayor exposición y riesgo para infraestructuras y viviendas, y un deterioro funcional de ecosistemas costeros clave como la Ciénaga de los Manatíes. Todo esto evidencia que la erosión costera en este tramo del Caribe colombiano es un problema complejo y estructural, que requiere soluciones

integrales, ya que las intervenciones aisladas solo ofrecen alivios temporales y pueden agravar la vulnerabilidad de los sectores vecinos. A partir del análisis de un diagnóstico elaborado por DIMAR⁹ mediante imágenes satelitales del periodo 2013–2023, se estima una tasa de erosión costera cercana a 5 metros por año. Este valor se emplea únicamente como una aproximación técnica y debe entenderse como un dato derivado del análisis satelital disponible.



Figura 3-4 Línea costera cercana a Barranquilla, entre Castillo Salgar y el canal de acceso al puerto de Barranquilla en el Atlántico, con indicación del canal de acceso al río Magdalena, e indicaciones de lugares de interés.

Solución: Proteger el promontorio añadiendo arena mediante un “motor de arena¹⁰” para abastecer la zona, ver Figura 3-5. Esta estrategia permite que la arena se distribuya progresivamente hacia el suroeste por efecto del oleaje proveniente del noreste, mejorando la seguridad costera en toda la bahía. El transporte de sedimentos está dominado por las olas. Esto significa que los sedimentos se transportan en la misma dirección que la energía de las olas. Tras analizar los diagramas climáticos de oleaje, se observa que la dirección promedio de las olas es del noreste, lo que resulta, con el tiempo, en un transporte de sedimentos a lo largo de la costa de este a oeste. El empleo de soluciones basadas en arena blanda, como la reposición artificial de playas, representa una alternativa viable para restaurar la capacidad natural de disipación del oleaje. Además, ante un escenario de cambio climático, con el aumento del nivel del mar, esta medida facilita la acumulación natural de arena a lo largo de la costa, fortaleciendo la adaptación climática a

largo plazo y protegiendo la infraestructura costera. El motor de arena tendrá principalmente la función de alimentación costera para restaurar el balance de sedimentos, con una pendiente de 1:30, un ancho de 800 m, un área de sección transversal de 2700 m²/m y un volumen estimado de 5,4 millones de m³, ver Figura 3-6. Este volumen es una primera estimación, que proporciona un orden de magnitud aproximado. El volumen ideal debe determinarse en función del déficit de sedimentos en la zona (tasa de erosión anual) y la eficacia del dragador. Se requiere modelización ambiental de la dinámica de sedimentos causada por el viento y las olas para cuantificar la eficacia (y estimar las dimensiones, incluyendo la estrategia de dragado). Según los resultados de estudios adicionales, podría ajustarse el tamaño del dragador, lo que modificaría el volumen necesario.

Especialmente durante el primer año tras la construcción, la superficie emergida disminuirá y la masa de arena se

⁹ Dimar presenta diagnóstico de erosión costera en el Atlántico | Portal Marítimo Colombiano - Dimar

¹⁰ Sand motor: motor de arena

deformará, mientras el transporte litoral redistribuirá el material. En ese sentido se pueda crear un motor de arena en unos años. Además, hay que recordar que, en un análisis de viabilidad más detallado, hay que tomar en cuenta también la capacidad operativa real, la logística de colocación del material y las restricciones ambientales que condicionan la ejecución de la obra.

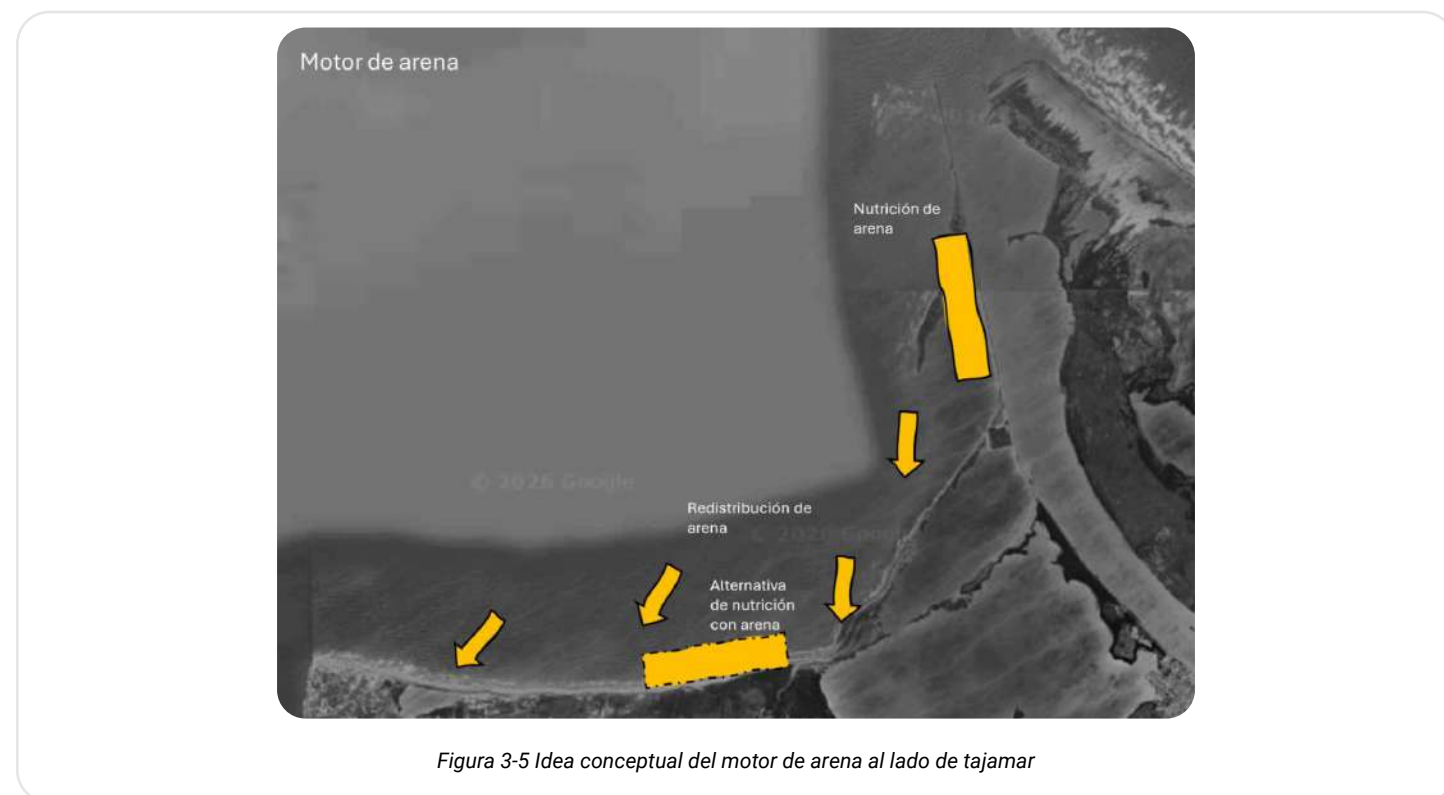


Figura 3-5 Idea conceptual del motor de arena al lado de tajamar

Para compensar la redistribución del material por el transporte litoral se puede usar parte del dragado de los años posteriores. No es recomendable colocar material de relleno sobre otro ya existente, ya que esto no es benéfico para el desarrollo de la naturaleza, sin embargo, el motor de arena se podría ampliar un poco cada año en una dirección, colocando el sedimento junto al relleno del año anterior. Se puede planificar esto de antemano, pero también se puede evaluar cada año y colocar el sedimento estratégicamente. Con un plan estratégico y un diseño adecuado, la vida útil del motor de arena podría rondar los 20 años. Sin embargo, dependiendo del diseño y el reabastecimiento, esto podría variar; por lo tanto, es importante desarrollar en las próximas etapas un plan de mantenimiento para las décadas venideras.

El motor de arena es una solución preferible a las estructuras rígidas, como rompeolas o espigones, por las siguientes razones:

1. Es una solución sistémica que aborda el problema en su origen y ofrece una solución integral. Una solución fija o rígida busca estabilizar la costa, lo cual resulta beneficioso a nivel local y a corto plazo, pero generará problemas en otros lugares y en el futuro.
2. Es adaptable y fácil de modificar (por ejemplo, aumentando su volumen) ante el cambio climático.
3. Es multifuncional, lo que permite crear diversas funciones, como el desarrollo de la naturaleza, una zona recreativa, la protección costera, etc.

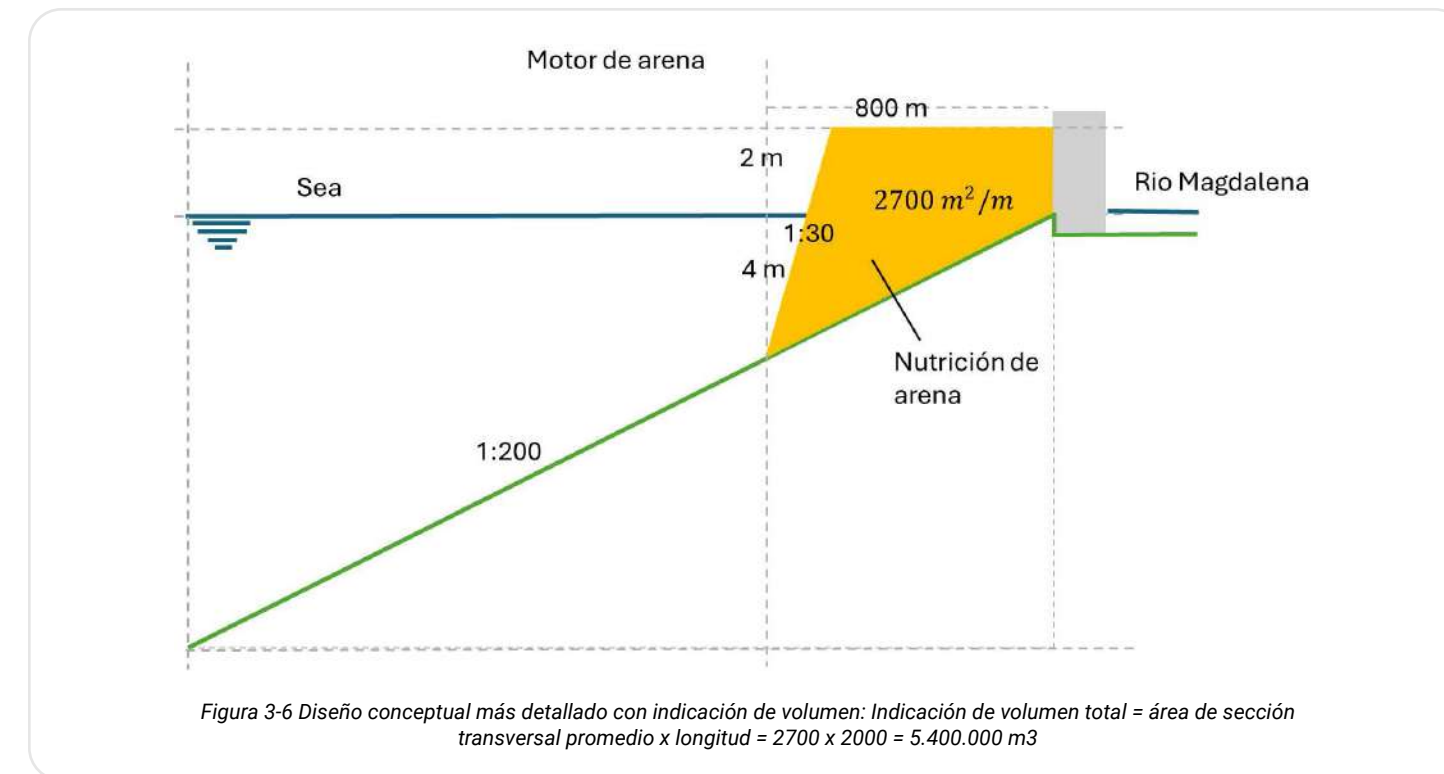


Figura 3-6 Diseño conceptual más detallado con indicación de volumen: Indicación de volumen total = área de sección transversal promedio x longitud = 2700 x 2000 = 5.400.000 m³

Tipo de material dragado: El material sedimentario utilizado en esta solución consiste principalmente en sedimentos arenosos dragados, donde lo ideal es emplear arena fina (200-350 μm); la arena demasiado fina o los limos no decantan suficientemente rápido, mientras que la arena gruesa se deposita con demasiada rapidez. De muestras anteriores, se desprende claramente que la granulometría del material en la desembocadura del río varía con las estaciones. En la época de lluvias, todo el material se descarga hacia la costa, mientras que, durante la época seca, la descarga del río es menor. Por lo tanto, durante la fase de construcción del proyecto, el contratista podría aprovechar las estaciones para obtener la granulometría adecuada para la etapa del proyecto. De acuerdo con información revisada, el documento "Río Magdalena: navegación marítima y fluvial (1986-2008) Alvarado Manuel", describe que el lecho del Río en el canal de acceso está conformado principalmente por arenas muy finas – limosas gruesas ($d_{50} = 70.6 \mu\text{m}$). Con respecto a las partículas en suspensión, el documento "Dinámica Sedimentaria en

Deltas Micromareales – Estratificados de Alta Descarga: Delta del río Magdalena (Restrepo L. 2014), identificó que en unas muestras tomadas en noviembre del año 2012 (temporadas caudales altos) y otras muestras tomadas en abril del año 2013 (temporadas caudales bajos), los tamaños de grano de las partículas en suspensión medidas en la capa superficial de la columna de agua son limos gruesos ($d_{50} = 14.1 \mu\text{m}$) en caudales altos y en caudales bajos los limos son medios ($d_{50} = 7.8 \mu\text{m}$).

Esta solución siempre está permitida si el sedimento tiene una calidad química inferior al nivel de acción 1 (figura 2-6). Una calidad química entre los niveles de acción 1 y 2 requiere pruebas más detalladas (p. ej., evaluación ambiental). Lo anterior es cierto dado que se ha adoptado una legislación similar en Colombia. Con base en los datos disponibles, la mayoría de los sedimentos arenosos, debido a su falta de sustancias químicas que aglutinan las partículas finas, serán químicamente aptos para la aplicación directa. Si este no es el caso, o si el sedimento

no es lo suficientemente arenoso para ser aplicable, se pueden considerar técnicas de separación de arena. Esto incluye técnicas como la colocación de trampas de arena en el río, la creación de balsas artificiales de sedimentación de arena o la separación mecánica (p. ej., hidrociclismo).

Logística:

Normalmente, el principio del motor de arena requiere esparcir la arena lo más líquida posible en un punto fijo desde donde pueda transportarse con las corrientes. Para ello, idealmente se utiliza una barcaza tolva con capacidad de dispersión de arena o una draga hidráulica similar con salida de líquido. La capacidad de transporte está limitada por la capacidad de bombeo de la draga.

Estimación aproximada de costos:

Para la alimentación de arena a gran escala, esta solución podría ser relativamente económica, ya que la arena se alimentará justo al lado de la desembocadura del río, al oeste de Bocas de Ceniza. Por lo tanto, esta alternativa no requiere cambios significativos en la distancia que tendrían que recorrer las embarcaciones de dragado para depositar el material. Se estima que el nivel de costos será igual o menor que la disposición del sedimento en mar profundo (como es la situación de referencia).

Riesgos ambientales y sociales preliminares:

Desde el punto de vista ambiental y social, la disposición de grandes volúmenes de arena puede impactar la flora y fauna local, así como aumentar la turbidez del agua, por lo que estos aspectos deberán ser evaluados en detalle en fases posteriores del diseño. Además, la dispersión continua de arena podría cerrar las conexiones entre la Ciénaga de Mallorquín y el océano, afectando negativamente el entorno del humedal salobre; se requerirán análisis adicionales para valorar los impactos en el humedal. Cabe señalar que existen dos concesiones portuarias en la zona que deben ser consideradas en la planificación.

En cuanto a la eficacia, la solución puede contribuir a restablecer el equilibrio sedimentario en el área, aunque la influencia sobre su desempeño de las estructuras locales existentes, como espigones, es incierta. Los espigones dificultan el transporte efectivo de sedimentos, lo que podría limitar la regeneración de arena a lo largo de la costa conforme se desplaza hacia el oeste, por lo que podría ser necesario reestructurarlos.

Entre los riesgos identificados, destacan la formación de flechas litorales si el ángulo de incidencia de las olas es demasiado oblicuo (lo que es probable en la localización principal); este fenómeno puede reducir la efectividad del motor de arena, aunque un ángulo de 35 a 40 grados sería adecuado. También existe el riesgo de cierre de la ciénaga de Mallorquín, por lo que en los planos se incluye una localización alternativa que podría mejorar el ángulo de las olas y evitar el cierre del humedal¹¹. La Tabla 3-2 proporciona un análisis preliminar de riesgos e impactos.

¹¹ Además del riesgo ambiental, el proyecto deberá integrarse en la normativa y las concesiones vigentes. Cualquier trabajo posterior deberá considerar las concesiones existentes y su impacto en la viabilidad económica del proyecto, así como las partes interesadas a las que se debe involucrar, como el Ministerio de Minas y Energía. El sitio propuesto inicialmente se ubica en un área concesionada a la entidad privada Sociedad Portuaria Bocas De Ceniza S.A. La concesión vence en 2028 y no hay información disponible en línea.

Tabla 3-2 Identificación preliminar de riesgos sociales y ambientales en relación con el motor de arena

DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO POTENCIAL	SEVERIDAD COMBINADA	MEDIDAS DE MITIGACIÓN SUGERIDAS	ESTUDIOS ESPECÍFICOS REQUERIDOS
Impacto negativo sobre flora y fauna local por la disposición de grandes volúmenes de arena	Media	Alta	Alta	Definir periodos de depósito fuera de temporadas sensibles, monitoreo ecológico y ajuste de diseño	Estudio de impacto ambiental y monitoreo biológico
Aumento de la turbidez del agua durante la colocación y dispersión de la arena	Alta	Media	Alta	Limitar actividades en periodos críticos, uso de barreras de turbidez, monitoreo en tiempo real	Modelación de turbidez y calidad de agua
Cierre de conexiones entre la Ciénaga de Mallorquín y el océano, afectando el entorno del humedal	Media	Alta	Alta	Selección de ubicación estratégica del motor de arena, incluir canales de mantenimiento y monitoreo continuo	Modelación hidrodinámica y análisis de conectividad
Interferencia con concesiones portuarias existentes en la zona	Baja	Alta	Media	Coordinación temprana con operadores portuarios, ajustes de diseño si es necesario	Análisis de compatibilidad de usos
Reducción de la eficacia por presencia de espigones que dificultan el transporte de sedimentos	Alta	Media	Alta	Evaluar reestructuración o modificación de espigones antes de la implementación	Modelación de transporte litoral y sedimentario
Necesidad de realimentación frecuente por dispersión más rápida de lo esperado	Media	Media	Media	Monitoreo continuo y plan de mantenimiento adaptativo	Análisis de balance sedimentario y monitoreo postobra
Aceptación social y percepción de impactos negativos (por ejemplo, en el turismo o la pesca local)	Baja	Media	Baja	Estrategia de comunicación y participación activa de las partes interesadas, monitoreo social	Estudio de percepción social y consulta comunitaria
Formación de flechas litorales si el ángulo de incidencia de las olas es demasiado oblicuo	Media	Media	Media	Ajustar el diseño y la orientación del motor de arena, considerar ubicaciones alternativas	Modelación morfodinámica y simulación de oleaje

Replicabilidad:

La solución del «motor de arena» tiene un gran potencial de replicación en otras regiones costeras de Colombia que se enfrentan a problemas similares de erosión crónica y déficit de sedimentos. Su éxito en la zona comprendida entre Castillo de Salgar y Punta Roca demuestra que, al adaptar el diseño y la estrategia de alimentación a las condiciones locales, es posible restablecer el equilibrio sedimentario y mejorar la resiliencia costera frente al cambio climático y la intervención humana. Además, la experiencia adquirida en la región de Barranquilla puede servir de modelo para implementar soluciones de alimentación de arena en otras zonas críticas de la costa colombiana, teniendo siempre en cuenta los estudios técnicos, ambientales y sociales específicos de cada emplazamiento.



Figura 3-7 Motor de arena Delfland (fuente: Rijkswaterstaat)

Ejemplos internacionales:

El Motor de Arena (Zandmotor), situado en la costa de Delfland (Países Bajos), es una solución innovadora basada en la naturaleza para la protección costera y la regeneración de playas. Construido en 2011 como proyecto piloto, el Motor de Arena consistió en la ubicación de 21,5 millones de m³ de arena en una península con forma de gancho frente a la costa neerlandesa, cerca de Ter Heijde. En lugar de recurrir a la regeneración de playas tradicional y frecuente, el Motor de Arena aprovecha las fuerzas naturales (viento, olas y corrientes) para distribuir gradualmente la arena a lo largo del litoral durante un período de 20 años. Este

enfoque no solo refuerza las defensas costeras contra el aumento del nivel del mar y las mareas de tempestad, sino que también crea nuevas oportunidades para la recreación y el desarrollo de la naturaleza. El proyecto, desarrollado por Rijkswaterstaat (Figura 3-7), la Provincia de Holanda Meridional y diversos socios de investigación e ingeniería, es reconocido mundialmente como un ejemplo pionero de “Construir con la Naturaleza”, demostrando cómo la colaboración con los procesos naturales puede mejorar la resiliencia y la sostenibilidad en la gestión costera.

3.4.2 Diseños conceptuales a nivel local

Durante el taller del entregable 5, se analizaron las oportunidades generales para el uso benéfico del material dragado, y las partes interesadas identificaron varias ubicaciones específicas, como se describe en la sección 3.3. A continuación, se analizan con mayor detalle tres ubicaciones identificadas y priorizadas, junto con un posible diseño conceptual para mitigar los desafíos asociados a cada ubicación.



3.4.2.1 Erosión costera: Castillo de Salgar y Punta Roca

Castillo de Salgar: La erosión costera en la zona se debe a la acción combinada de vientos de alta intensidad (en particular los alisios del norte), oleajes intensos, marejadas

y el incremento progresivo del nivel del mar. Además, la refracción del oleaje alrededor del cabo favorece la formación de cavidades erosivas y el socavamiento basal del acantilado. Esta vulnerabilidad se ve agravada por la presencia de roca blanda en combinación con grandes olas, lo que incrementa el riesgo de erosión. Por otro lado, muchas de las soluciones locales existentes han alterado el equilibrio de sedimentos, contribuyendo aún más al problema de erosión costera.

Objetivo de la solución en relación con el uso benéfico del material dragado: Fortalecer las zonas vulnerables e incrementar la resiliencia costera a futuro mediante la implementación de estructuras sumergidas disipadoras de oleaje.



Punta Roca: La erosión costera en Punta Roca es el resultado de la alta energía de las olas, los fuertes vientos y los frentes fríos, que generan oleaje intenso y persistentes corrientes litorales. La refracción de las olas alrededor del promontorio concentra la energía en sectores específicos, acelerando la socavación de los acantilados y la pérdida de sedimentos en la playa. La combinación de roca blanda y grandes olas incrementa la vulnerabilidad del litoral, y muchas soluciones locales existentes, como espigones y revestimientos, han alterado el equilibrio de sedimentos, reduciendo el transporte y aporte natural. Además, los impactos humanos han amplificado la erosión: la urbanización desordenada sobre la franja costera aumenta el escurrimiento superficial y la sobrecarga de

las pendientes, mientras que la extracción indiscriminada de conchas de moluscos elimina entregables que estabilizan el sedimento y sirven de refugio para la fauna, agravando aún más el problema. Como consecuencia, la zona presenta retroceso de la línea de costa, pérdida de playas y pone en riesgo infraestructuras y viviendas.

Objetivo de la solución en relación con el uso benéfico del material dragado: Rellenar los enlaces débiles existentes y aumentar la resiliencia costera en el futuro.



Material necesario (cantidad y calidad):

Solución 1:

Cubrir los agujeros de erosión con geotubos que contengan sedimentos dragados. El área detrás de los geotubos puede rellenarse con sedimentos y, potencialmente, plantarse con vegetación para estabilizarla contra la erosión causada por el viento. Los geotubos también evitan el socavamiento del acantilado.

Tipo de material dragado:

Los tubos geotextiles se pueden rellenar con cualquier material sedimentario. El uso de sedimentos arenosos es más sencillo, mientras que el uso de sedimentos más finos puede ser más benéfico, ya que se desechan con mayor frecuencia. Los tubos geotextiles pueden ser benéficos para sellar sedimentos moderadamente contaminados en algunas situaciones.

Material necesario (cantidad y calidad):

Solución 2:

La función principal de esta intervención es reducir la energía de las olas para evitar la socavación por oleaje en la base de los acantilados. Para ello, se propone la construcción de un rompeolas sumergido, compuesto por una parte arenosa que sirve de cimentación y una parte de enrocado que actúa como dissipador de energía del oleaje. El diseño contempla una pendiente suave de 1:30, un ancho de 150 metros, un área de sección transversal de 200 m²/m y un volumen estimado de 200.000 m³. Los informes indican que las olas máximas (alrededor de Hs=3 m) rompen a una profundidad de aproximadamente 1,8 metros, es decir, sobre el propio rompeolas, asumiendo un índice de rompimiento de 0,6. Para simplificar el diseño, no se consideran fluctuaciones de marea, marejada o aumento del nivel del mar. Un riesgo asociado a esta solución es la posible deformación o inestabilidad de la base arenosa.

En general, los sedimentos que se encuentran por debajo del nivel de acción 2 siempre son aptos para su uso en tubos geotextiles (véase la sección 3.4.1). Sin embargo, para poder utilizar sedimentos (moderadamente) contaminados (por ejemplo, por encima del nivel de acción 2 de la figura 2-6), es necesario poder demostrar que el geotextil tiene una vida útil adecuada y que el agua de descarga que sale a través de los poros del geotextil está limpia. La calidad del agua de descarga ya no se evalúa utilizando las directrices de calidad de los sedimentos, sino que debe compararse con las directrices de calidad del agua o de descarga, cuando proceda.

Logística de los tubos geotextiles:

Los geotextiles suelen preinstalarse en una pequeña zanja y fijarse con postes de madera. Tras la fijación, los tubos pueden llenarse directamente mediante el sistema de bombeo del buque de dragado en caso de dragado hidráulico o, en caso de dragado mecánico, el material se bombea desde una barcaza utilizando una bomba de hormigón/tierra dentro de los tubos.

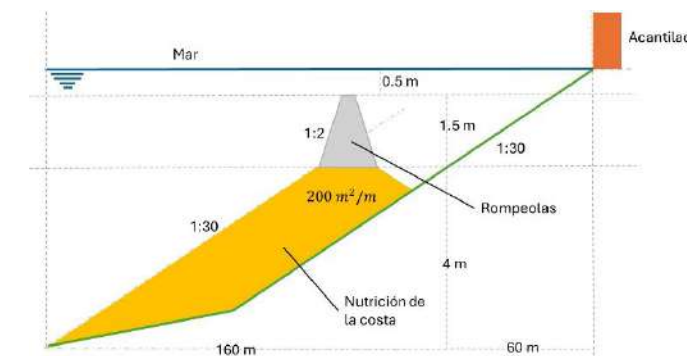
Estimación aproximada (cualitativa) de costos:

De manera similar, los tubos geotextiles son al menos tan rentables como los rompeolas convencionales porque se puede omitir el relleno de roca.

Riesgos ambientales y sociales preliminares:

Dado que esta solución es de carácter local, existe el riesgo de que cause erosión y aumente la vulnerabilidad en otras partes del promontorio. Además, se utilizarán cantidades limitadas de sedimentos, lo que plantea dudas sobre su eficacia como solución independiente y sugiere que debería aplicarse en combinación con otras alternativas.

Por último, esta medida no necesariamente contribuirá a mejorar el sistema costero en su conjunto, lo que puede limitar su impacto positivo tanto a nivel ambiental como social. La Tabla 3-3 proporciona un análisis preliminar de riesgos e impactos.



Tipo de material dragado: El núcleo del rompeolas puede construirse utilizando sedimentos dragados; para ello, se recomienda el uso de arena gruesa (que se mantiene estable si se recubre con una capa de geotextil filtrante y enrocado) o material dragado arcilloso, siempre que se deshidrate previamente. Además, se puede complementar la solución incorporando sistemas de arrecifes artificiales al rompeolas, lo que favorecería la biodiversidad en el ecosistema costero.

Estimación aproximada (cualitativa) de costos:

Es un poco más costosa, ya que esta solución requiere más pasos. Sin embargo, se pueden obtener otros beneficios si, por ejemplo, el rompeolas se diseña o construye de forma que sea atractivo para la biodiversidad, como los sistemas arrecifales.

Riesgos ambientales y sociales preliminares:

Para que el rompeolas sumergido sea estable bajo la acción del oleaje, se necesita una capa de cobertura de piedras. La colocación de estructuras de protección "duras" podría alterar aún más el equilibrio natural de sedimentos en la zona. La Tabla 3-3 proporciona un análisis preliminar de riesgos e impactos.

Tabla 3-3 Identificación preliminar de riesgos sociales y ambientales en relación con el geotextiles y rompeolas.

DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO POTENCIAL	SEVERIDAD COMBINADA	MEDIDAS DE MITIGACIÓN SUGERIDAS	ESTUDIOS ESPECÍFICOS REQUERIDOS
Erosión y aumento de la vulnerabilidad en otras partes del promontorio debido al carácter local de la solución	Media	Alta	Alta	Evaluar de forma integral el sistema costero y combinar con otras intervenciones	Modelación morfodinámica regional
Cantidades limitadas de sedimentos reducen la eficacia de la solución como medida independiente	Alta	Media	Alta	Aplicar la solución en conjunto con otras alternativas y asegurar suministro continuo	Análisis de balance sedimentario y disponibilidad
La medida no contribuye a mejorar el sistema costero en su conjunto, limitando el impacto positivo	Media	Media	Media	Integrar la intervención en un plan maestro de manejo costero	Evaluación de impacto a escala de sistema
Inestabilidad del rompeolas sumergido por insuficiente cobertura de piedras	Media	Alta	Alta	Garantizar diseño adecuado de la capa de armadura y control de calidad en construcción	Estudio de diseño estructural y pruebas de estabilidad
Riesgo de aceptación social limitada o conflictos con usuarios locales (ej. pescadores, turismo)	Baja	Media	Baja	Proceso de consulta y comunicación con partes interesadas	Análisis social y consulta con la comunidad

Replicabilidad:

Esta solución presenta un gran potencial de ampliación y replicabilidad en otros tramos de la costa colombiana donde la erosión costera crónica y progresiva constituye un problema grave. En cualquier lugar donde existan condiciones similares de déficit de sedimentos, energía de las olas y litorales vulnerables, el uso de material de dragado colocado de forma beneficiosa –ya sea en «motores de arena», tubos de geotextil o rompeolas sumergidos– puede evaluarse como una intervención sostenible y adaptativa. Un factor importante es que la colocación de estas estructuras sumergidas funciona mejor si las pendientes del fondo no son demasiado pronunciadas. El enfoque puede adaptarse a las condiciones locales de cada emplazamiento, lo que le permite contribuir a la resiliencia costera y al equilibrio

sedimentario en múltiples ubicaciones vulnerables más allá de la zona piloto inicial.

Ejemplos internacionales:



Maasvlakte 2, Róterdam. Aquí se han colocado tubos geotextiles en la playa para elevarla y construir un parque eólico. Fuente: NETICS



Maldivas. Aquí se han creado islas artificiales utilizando material de dragado arenoso bombeado en tubos geotextiles. Fuente: NETICS



Playa de Sigandu, Java; aquí se ha construido un rompeolas para proteger la playa de arena de la erosión. Fuente: SolMax

3.4.2.2 Restauración de manglar – Ciénaga de los Manatíes



La Ciénaga de los Manatíes enfrenta una degradación general de su ecosistema de manglares y una alteración significativa del equilibrio sedimentario. El cuerpo de agua está expuesto a fuertes vientos a lo largo de trayectos extensos, lo que provoca erosión en las orillas. Además, los sedimentos provenientes del río Magdalena no contribuyen a las zonas costeras, ya que fluyen directamente por una

zanja profunda, cañón submarino, escapando del sistema y dejando de funcionar como proveedores de sedimentos.

La pérdida de cobertura de manglares se relaciona principalmente con la tala en las orillas y la reducción del aporte de agua dulce, lo que ha incrementado la salinidad y limitado la regeneración natural; la desconexión hidrológica, causada por el corte de los flujos de agua, agrava la hipersalinidad y el deterioro del ecosistema. La restauración del manglar debe considerar estos factores y puede beneficiarse del dragado para restablecer el flujo hídrico y generar sedimentos útiles, especialmente mediante la creación de pequeños montículos que sirvan de sustrato estable para nuevas plántulas en zonas degradadas. Sin embargo, dado que la Ciénaga es un humedal costero protegido y ecológicamente valioso, las intervenciones deben limitarse a micro-intervenciones que apoyen la regeneración del manglar sin modificar la configuración natural del humedal, evitando impactos negativos sociales o ambientales.

Objetivo de la solución respecto al uso benéfico del material dragado: Restaurar el ecosistema de manglares y restaurar el equilibrio de sedimentos.



Solución: Plantar y restaurar la vegetación de manglares a lo largo de la parte norte del humedal contribuirá a recuperar los manglares, aumentar la protección costera y beneficiar la biodiversidad de la zona.

Volumen y tipo de material dragado: Para restaurar

directamente la vegetación de manglares, se limita el uso de sedimentos más finos. Idealmente, estos varían desde arcilla hasta arena limosa. Los materiales orgánicos no representan un problema, mientras que la vegetación de manglares podría ser sensible a altos niveles de contaminación y salinidad. Concretamente, debido a esta sensibilidad y al hecho de que los sedimentos finos contienen más contaminantes, una gran parte de los sedimentos actuales no resultará directamente apta para esta solución según las nuevas directrices. Si este es el caso, se pueden considerar diferentes estrategias de mitigación. En este sentido, la limpieza de los sedimentos más finos requiere técnicas avanzadas que, en la mayoría de los casos, resultan demasiado costosas de aplicar. Resulta más interesante estudiar la aplicación de los sedimentos en un área contenida de forma natural o artificial (por ejemplo, celdas CAD o zonas de recuperación) en combinación con el desarrollo de manglares. En términos de volúmenes, para la restauración de manglares mediante el uso de montículos, se requiere aproximadamente 2 m³ de sedimento por manglar, donde se pueden plantar hasta 10 plántulas para asegurar que el individuo más resiliente sea el que finalmente sobreviva.

Estimación aproximada de costos:

Los costos de restauración de manglares son relativamente bajos. Sin embargo, es importante incluir los costos de monitoreo y mantenimiento en las estimaciones para garantizar el éxito a largo plazo del proyecto.

Riesgos ambientales y sociales preliminares:

No está claro si el sedimento dragado es adecuado para el crecimiento de manglares. La Tabla 3-4 proporciona un análisis preliminar de riesgos e impactos.

Replicabilidad:

Esta solución tiene un gran potencial de ampliación y replicabilidad en otras zonas de humedales costeros de Colombia que se enfrentan a problemas similares de degradación de los manglares y desequilibrio sedimentario. En cualquier lugar donde se den la desconexión hidrológica, la erosión del litoral y la pérdida de hábitat de manglares, podría evaluarse como estrategia de restauración el uso beneficioso de material de dragado adecuadamente seleccionado, combinado con la plantación selectiva de manglares. Las experiencias de proyectos internacionales demuestran que este tipo de intervenciones basadas en la naturaleza pueden adaptarse a los contextos locales para mejorar la resiliencia costera y la biodiversidad, al tiempo que se mitigan los riesgos ambientales y sociales.

Ejemplos internacionales:

Ecoshape BwN mangrove restoration project, Demak District, Indonesia

Tabla 3-4 Identificación preliminar de riesgos sociales y ambientales en relación con la restauración del manglar.

DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO POTENCIAL	SEVERIDAD COMBINADA	MEDIDAS DE MITIGACIÓN SUGERIDAS	ESTUDIOS ESPECÍFICOS REQUERIDOS
El sedimento dragado no es adecuado para el crecimiento de manglares (por textura, salinidad o contaminantes)	Media	Alta	Alta	Realizar estudios previos de calidad y adecuar técnicas de tratamiento o mezcla de sedimentos, seleccionar sitios óptimos	Análisis físico-químico y biológico de los sedimentos
Fracaso en la regeneración de manglares debido a condiciones ambientales adversas (salinidad, inundación, oleaje)	Media	Media	Media	Selección de especies adaptadas, micro-intervenciones piloto, seguimiento y ajuste adaptativo	Ensayos piloto de plantación y monitoreo de crecimiento
Rechazo social o conflictos por percepción negativa del uso de sedimentos dragados	Baja	Media	Baja	Estrategias de comunicación y educación ambiental, talleres participativos con comunidades locales	Estudios de percepción social y consulta comunitaria
Cambios imprevistos en la dinámica hidrológica del humedal que afecten la restauración	Media	Media	Media	Monitoreo hidrodinámico, diseño flexible y adaptativo, evaluación continua	Modelación hidrológica y estudios de dinámica de humedales
Disminución de la biodiversidad por introducción de especies invasoras junto con el sedimento	Baja	Alta	Media	Control previo de semillas/espores en el sedimento, monitoreo biológico post-intervención	Análisis de riesgo biológico e identificación de especies

3.4.3 Banco de sedimentos – alrededor del canal de acceso

Problema: Los materiales primarios como arena, arcilla y enmiendas del suelo son costosos para su uso en aplicaciones de bajo valor, mientras que el material de dragado como material primario está ampliamente disponible para múltiples propósitos.

Objetivo de la solución en relación con el aprovechamiento del material dragado: Reutilización de materiales dragados para su uso como suelo benéfico, el concepto de banco de suelo.



Material necesario (cantidad y calidad):

Depósito de tierra de 20 ha, 100.000 m³ de superficie. 33.000 m³ de arena. La arena debe contener una baja proporción de partículas finas y una baja proporción de materia orgánica.

La arena se puede vender directamente en el mercado como relleno de hormigón, para la elevación de terrenos, para la cobertura de depósitos de residuos y para el relleno de cavernas mineras. Debido a su granulometría gruesa, es muy probable que la arena no alcance el nivel de acción 1 (figura 2-6). No obstante, dado que el material se aplicará en tierra, se recomienda evaluar también la calidad de los sedimentos con arreglo a la normativa vigente en materia de calidad del suelo.

Estimación aproximada de costos:

El almacenamiento, secado y procesamiento de sedimentos cuesta aproximadamente entre 10 y 15 euros/m³.

Riesgos ambientales y sociales preliminares:

Lixiviación, olor, percepción de flujos de residuos, estabilidad del depósito.



Material necesario (cantidad y calidad):

Depósito de tierra de 20 ha, 100.000 m³ de superficie. 33.000 m³ de finos. Los altos niveles de materia orgánica pueden plantear dificultades para la constructibilidad de las partículas finas.

Los finos se pueden utilizar como materia prima para la industria ladrillera, la elevación de terrenos y la construcción de diques. Dependiendo de la aplicación final que se elija, pueden aplicarse diferentes requisitos químicos además de los niveles de actuación para los sedimentos. Si el material se aplica como tierra en el suelo, son de aplicación las normativas sobre calidad del suelo. Si el material se utiliza para la fabricación de ladrillos, se aplican las normativas sobre materiales de construcción, en las que puede haber una posibilidad de utilizar sedimentos contaminados (por ejemplo, al quemar o estabilizar el material).

Estimación aproximada de costos:

El almacenamiento, secado y procesamiento de sedimentos cuesta aproximadamente entre 10 y 15 euros/m³.

Riesgos ambientales y sociales preliminares:

Lixiviación, olor, percepción de flujos de residuos, estabilidad del depósito.



Material necesario (cantidad y calidad):

Depósito de suelo de 20 ha, 100.000 m³ de superficie. 33.000 m³ de materia orgánica. La materia orgánica es muy adecuada para la enmienda del suelo en la agricultura y la restauración de la naturaleza. Dado que los sedimentos orgánicos suelen ser ricos en contaminantes, gran parte de ellos resultarán químicamente inadecuados para esta solución según las nuevas directrices. Sin embargo, dado que el material se aplicará sobre el terreno, se recomienda evaluar también la calidad de los sedimentos con arreglo a la normativa vigente en materia de calidad del suelo. Además, es importante tener en cuenta también la salinidad de los sedimentos.

Depósito de sedimentos logístico:

El depósito de sedimentos se construye normalmente en tierra, aprovechando una topografía natural cóncava o levantando diques que forman las paredes del depósito, por lo general con una excavadora hidráulica. Dependiendo del tipo de método de dragado utilizado y de la distancia de transporte, el depósito de sedimentos puede llenarse mediante una tubería o mediante descarga desde una barcaza utilizando una grúa o una excavadora.

Estimación aproximada de costos:

El almacenamiento, secado y procesamiento de sedimentos cuesta aproximadamente entre 10 y 15 euros/m³.

Riesgos ambientales y sociales preliminares:

Lixiviación, olor, percepción de flujos de residuos, estabilidad del depósito.

La Tabla 3-5 proporciona un análisis preliminar de riesgos e impactos.

Tabla 3-5 Identificación preliminar de riesgos sociales y ambientales en relación con los bancos de sedimentos.

DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO POTENCIAL	SEVERIDAD COMBINADA	MEDIDAS DE MITIGACIÓN SUGERIDAS	ESTUDIOS ESPECÍFICOS REQUERIDOS
Lixiviación de contaminantes desde el depósito hacia suelos y aguas subterráneas	Media	Alta	Alta	Impermeabilización del depósito, monitoreo de aguas subterráneas, selección previa de sedimentos	Análisis químico del sedimento, estudios de hidrogeología
Emisión de olores desagradables durante el almacenamiento y secado	Media	Media	Media	Cubrir el depósito, manejo adecuado de los lodos, selección de sitios alejados de núcleos urbanos	Monitoreo de calidad del aire, análisis de composición orgánica
Percepción negativa de la población local por asociación con residuos o contaminación	Media	Media	Media	Campañas de información y educación ambiental, participación comunitaria	Estudios de percepción social, consulta comunitaria

Tabla 3-5 Identificación preliminar de riesgos sociales y ambientales en relación con los bancos de sedimentos.

DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO POTENCIAL	SEVERIDAD COMBINADA	MEDIDAS DE MITIGACIÓN SUGERIDAS	ESTUDIOS ESPECÍFICOS REQUERIDOS
Dificultades para la constructibilidad debido a altos niveles de materia orgánica en los sedimentos finos	Alta	Media	Alta	Pretratamiento, mezcla con otros materiales, selección de aplicaciones adecuadas	Análisis de composición física y pruebas de laboratorio
Salinidad elevada de los sedimentos que limita su uso agrícola o para restauración ecológica	Media	Media	Media	Lavado de sedimentos, mezcla con suelos de baja salinidad, selección de especies tolerantes	Análisis de salinidad y pruebas de compatibilidad agrícola/ecológica
Inestabilidad estructural del depósito (colapso de diques, asentamientos)	Baja	Alta	Media	Diseño técnico adecuado, monitoreo de estabilidad, drenaje y compactación	Estudio geotécnico y modelado de estabilidad
Uso de sedimentos con contaminantes para aplicaciones no permitidas por la normativa	Baja	Alta	Media	Evaluación rigurosa de la calidad del sedimento según uso final, aplicación de tecnologías de tratamiento si es necesario	Análisis químico detallado y cumplimiento normativo

Replicabilidad:

Esta solución —la reutilización beneficiosa del material dragado como tierra de relleno, arena o enmienda orgánica— presenta un gran potencial de ampliación y replicabilidad en cualquier punto de la costa donde el acceso a los materiales de relleno tradicionales resulte costoso y el material dragado esté disponible en abundancia. En lugares donde existe demanda de relleno de bajo coste, elevación del terreno, producción de ladrillos o mejora del suelo, evaluar el uso de sedimentos dragados como parte de un banco de suelo gestionado podría ofrecer beneficios tanto económicos como medioambientales. Con una evaluación adecuada de la calidad de los sedimentos y medidas de protección medioambiental específicas para cada emplazamiento, este enfoque puede adaptarse a múltiples contextos, convirtiendo un flujo de residuos en un recurso valioso para el desarrollo y la restauración del terreno.

Ejemplos internacionales: Trampas de arena (ciudad de Houston), grandes prácticas comerciales de extracción de arena en todo el mundo (como el delta del Mekong en Vietnam).



Depósito del puerto de Róterdam donde se deshidratan los materiales de dragado arenosos y se utilizan para la producción de adoquines. Fuente: NETIC



Ejemplos internacionales: Enmienda de suelo Malmfjarden: en la imagen, materiales de dragado de un lago cercano, deshidratados mediante tubos geotextiles, se utilizan como enmienda de suelo.



Ejemplos internacionales: Kleirijperij ED2050, un gran depósito construido para la maduración de la arcilla dragada del puerto cercano. Este mismo concepto ha sido aplicado en todos los Países Bajos por las autoridades locales del agua para secar los materiales de dragado. Fuente: Van Oord

Cuerpo de Ingenieros de EE. UU.



Canada Surrey Sea Dykes: here dredged clay has been used to construct the foreshore of the dyke to enhance erosion resistance. Source: City of Surrey.



3.5 Contexto de gobernanza

3.5.1 Participación de los actores sociales en la formulación y ejecución de los proyectos

En el marco del presente proyecto, la participación social se concibe como un proceso activo, voluntario y continuo mediante el cual los actores comunitarios e institucionales intervienen en la identificación, diseño,

ejecución y seguimiento de los proyectos de dragado de mantenimiento que promueven el uso de los sedimentos dragados. Esta participación implica aportar ideas, asumir responsabilidades, evaluar resultados y contribuir al fortalecimiento de la gobernanza, asegurando que los beneficios sean compartidos, los derechos respetados y que prevalezcan la transparencia y el bien común.

Se recomienda que la formulación y la implementación de los proyectos de SbN priorizados se desarrollen de manera articulada con los actores institucionales y comunitarios, siguiendo las etapas contempladas en la Tabla 3-6.

Tabla 3-6 Etapas para realizar el proceso de participación social

ETAPA	OBJETIVO	ACCIONES CLAVE	PRODUCTOS ESPERADOS	INDICADORES PROPUESTOS
1. Identificación de actores	Reconocer comunidades, organizaciones e instituciones con influencia o interés en el proyecto	Identificación de comunidades locales y usuarias del área de dragado. Identificación de organizaciones sociales y líderes. Identificación de entidades públicas y privadas competentes.	Base de datos de actores sociales e institucionales con información de contacto.	Número de comunidades identificadas. Número de organizaciones sociales identificadas. Número de entidades públicas y privadas identificadas. % de actores con información completa en la base de datos.
2. Socialización y mapeo de intereses	Informar sobre el proyecto y conocer intereses, expectativas y capacidades de los actores.	Realización de espacios de socialización. Levantamiento de intereses, necesidades y expectativas. Identificación de roles potenciales.	Registros de reuniones de socialización. Insumos para matriz de intereses y capacidades.	Número de espacios de socialización realizados. Número de actores participantes. % de actores que manifiestan interés en participar. Documento que incorpore dentro del proyecto los intereses y roles de la comunidad.
3. Diseño participativo y concertación	Formular el proyecto de manera conjunta y concertar los usos del material de dragado.	Talleres participativos. Cartografía social participativa. Definición de roles y responsabilidades.	Actas de talleres participativos aprobadas por la comunidad. Mapa de actores y roles.	Número de talleres participativos realizados. % de acuerdos validados comunitariamente.

ETAPA	OBJETIVO	ACCIONES CLAVE	PRODUCTOS ESPERADOS	INDICADORES PROPUESTOS
3. Diseño participativo y concertación		Establecimiento de mecanismos de coordinación y comunicación. Validación colectiva de acciones y resultados.	Matriz de intereses, necesidades y capacidades. Documento de diseño del proyecto concertado. Registro fotográfico y listas de asistencia.	Existencia del documento de diseño concertado (sí/no). Nivel de participación de actores clave (% asistencia).
4. Implementación participativa	Garantizar la participación activa de comunidades y entidades en la ejecución del proyecto.	Conformación de comités de seguimiento. Reuniones periódicas de evaluación. Vinculación de mano de obra local. Procesos de capacitación. Documentación de buenas prácticas.	Actas y reportes de seguimiento participativo. Registros fotográficos y audiovisuales. Memorias y listas de asistencia de capacitaciones. Informes de avance. Sistematización de experiencias.	Número de comités conformados. Número de reuniones de seguimiento realizadas. % de mano de obra local vinculada. Número de personas capacitadas. Documento de sistematización elaborado (sí/no). Reportes de seguimiento comunitario, que incorporan aspectos por incorporar o mejorar vs. Aspectos incorporados o mejorados por parte de las entidades ejecutoras.

3.5.2 Principios transversales para considerar en los procesos de participación

En los procesos de participación social que se desarrollen durante la implementación de los proyectos propuestos, resulta fundamental incorporar una serie de principios transversales que garanticen la inclusión, la equidad y la sostenibilidad de las acciones. Estos principios fortalecen la legitimidad del proceso y aseguran que los resultados representen los intereses y necesidades de los distintos actores involucrados. En la Tabla 3-7 se presentan los principios transversales que deben considerarse en los procesos de participación.

Tabla 3-7 Principios transversales para considerar en los procesos de participación

PRINCIPIO	PROPÓSITO	LINEAMIENTOS Y ACCIONES CLAVE	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Integración de necesidades y conocimientos comunitarios	Incorporar saberes locales y necesidades reales para garantizar la pertinencia social, ambiental y la apropiación del proyecto.	Realizar diagnósticos participativos sobre prácticas productivas, ambientales y culturales. Generar espacios de diálogo de saberes entre comunidades, autoridades y equipos técnicos. Sistematizar los aportes comunitarios mediante registros escritos, mapas sociales y cartografía participativa. Garantizar retroalimentación continua para ajustar y fortalecer las acciones del proyecto.	Número de talleres de diálogo de saberes desarrollados. Número de participantes en los espacios participativos. Número de mapas o ejercicios de cartografía social elaborados. Documento de sistematización de aportes comunitarios elaborado
Enfoque de género, diferencial y de inclusión	Garantizar la participación equitativa y la igualdad de oportunidades de todos los grupos sociales.	Promover la participación activa de mujeres, hombres, jóvenes y grupos tradicionalmente excluidos. Reconocer y valorar los distintos roles y aportes de cada grupo en el territorio. Eliminar barreras culturales, sociales y económicas que limiten la participación. Fortalecer la equidad, la cohesión social y la sostenibilidad del proyecto.	Número de eventos participativos realizados con enfoque diferencial. Número total de participantes desagregados por sexo y grupo poblacional. % de participación de mujeres. % de participación de jóvenes u otros grupos priorizados. Número de informes de seguimiento social elaborados.
Comunicación intercultural y respeto por la diversidad	Asegurar procesos participativos respetuosos, inclusivos y culturalmente pertinentes.	Reconocer y valorar la diversidad cultural, étnica y social del territorio. Promover el diálogo intercultural y la comprensión mutua. Adaptar mensajes, metodologías y materiales a las características culturales, lingüísticas y organizativas de las comunidades.	Número de materiales de divulgación adaptados culturalmente. Número de talleres con metodologías interculturales aplicadas. Número de registros audiovisuales generados. Número de encuestas de percepción aplicadas. % de participantes que califican positivamente los espacios de diálogo

Tabla 3-7 Principios transversales para considerar en los procesos de participación

PRINCIPIO	PROPÓSITO	LINEAMIENTOS Y ACCIONES CLAVE	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Transparencia y acceso a la información	Fortalecer la confianza, legitimidad y corresponsabilidad entre los actores	Garantizar el acceso oportuno, claro y comprensible a la información del proyecto. Socializar objetivos, actividades, cronogramas, avances y decisiones. Establecer mecanismos de comunicación, seguimiento y rendición de cuentas comunitaria.	Número de jornadas de socialización realizadas. Número de materiales informativos divulgados. Número de reuniones de rendición de cuentas realizadas. Número de participantes en espacios informativos. % de participantes que manifiestan conocer los avances del proyecto (según encuestas).
Sostenibilidad y fortalecimiento organizativo	Consolidar capacidades locales y asegurar la continuidad de las acciones del proyecto	Fortalecer organizaciones comunitarias y liderazgos locales. Promover formación en liderazgo, gestión ambiental, administración de recursos y resolución de conflictos. Fomentar la articulación entre comunidades e instituciones públicas y privadas. Impulsar la corresponsabilidad en la gestión territorial y el uso sostenible del material de dragado.	Número de procesos de capacitación realizados. Número de personas capacitadas. Número de organizaciones comunitarias fortalecidas. Número de acuerdos interinstitucionales suscritos. Documento de sistematización de experiencias elaborado.

3.5.3 Esquemas de gobernanza

El análisis jurídico relacionado con las tierras emergentes no forma parte del alcance del presente proyecto. La regulación de este aspecto corresponde al Ministerio competente, en el marco del decreto que actualmente se encuentra en proceso de formulación. En este sentido, se considera que dicho tema deberá ser abordado y reglamentado en ese instrumento normativo.

Sin embargo, como propósito indicativo, se proponen unas esquemas orientadoras de gobernanza (Tabla 3-8, Tabla 3-9, Tabla 3-10 y Tabla 3-11) para los cuatro proyectos priorizados, en aras de establecer un marco organizativo y relacional que defina las instancias de decisión, los roles y responsabilidades de los actores involucrados, así como los mecanismos de articulación, participación, seguimiento y rendición de cuentas, con el fin de garantizar una gestión eficaz, transparente y sostenible de los proyectos.

Tabla 3-8 Esquema de gobernanza propuesto para el Proyecto SbN: Motor de arena

PROYECTO SbN: MOTOR DE ARENA			
Sitio: Línea costera entre el Castillo de Salgar y Puerto Mocho			
INSTANCIA	ACTORES	FUNCIONES	MECANISMOS
Comité Interinstitucional de Gobernanza	Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).	Articular las competencias institucionales en el marco del proyecto.	Reuniones periódicas de coordinación interinstitucional.
	Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA).	Garantizar la coherencia con la normativa ambiental, marítima y territorial vigente.	Actas de decisión, acuerdos y seguimiento.
	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	Revisar y aprobar los estudios técnicos, ambientales y diseños requeridos.	Revisión técnica de estudios y diseños.
	Dirección General Marítima (DIMAR).	Realizar seguimiento y monitoreo ambiental y social del proyecto.	Informes periódicos de avance y cumplimiento.
	Establecimiento Público Ambiental Barranquilla Verde.		Mecanismos de resolución de conflictos interinstitucionales
	Gobernación del Atlántico.		
	Alcaldía de Barranquilla.		
	Oficina de Gestión del Riesgo de Barranquilla.		
	Alcaldía de Puerto Colombia.		
	Oficina de Gestión del Riesgo de Puerto Colombia.		
Empresa o entidad ejecutora	Por definir	Elaborar los estudios técnicos, ambientales y sociales requeridos.	Plan de trabajo y cronograma aprobados.
		Coordinar la ejecución del proyecto con el Comité Interinstitucional de Gobernanza.	Informes técnicos, administrativos y financieros periódicos.
		Implementar el proyecto garantizando la participación de actores institucionales y comunitarios.	Protocolos de coordinación interinstitucional.
		Asegurar el cumplimiento de los lineamientos ambientales, sociales y técnicos establecidos	Supervisión técnica, ambiental y social.
			Canales formales de comunicación con comunidades e instituciones

Tabla 3-8 Esquema de gobernanza propuesto para el Proyecto SbN: Motor de arena

PROYECTO SbN: MOTOR DE ARENA			
Sitio: Línea costera entre el Castillo de Salgar y Puerto Mocho			
INSTANCIA	ACTORES	FUNCIONES	MECANISMOS
Participación comunitaria	Propietarios de viviendas y negocios.	Participar activamente en las distintas fases del proyecto.	Espacios de socialización, información y concertación.
	Organizaciones de pescadores, artesanos, agricultores, juntas de acción comunal, turismo comunitario, minorías étnicas, entre otras, de las siguientes localidades:	Aportar conocimiento local y tradicional relevante.	Talleres participativos y reuniones comunitarias.
	Municipio de Barranquilla: Corregimiento La Playa y barrios Las Flores, Villa Carolina, Villa del Este, Villa Santos, Villamar, Villas del Puerto, entre otros.	Contribuir con mano de obra local, cuando aplique.	Mecanismos de veeduría ciudadana y seguimiento social.
	Municipio de Puerto Colombia: Corregimientos Sabanilla y Salgar y barrio Punta Roca.	Realizar seguimiento social y ambiental comunitario.	Canales de comunicación comunitaria permanentes.
		Fortalecer la apropiación social y la legitimidad del proyecto.	Estrategias de divulgación y educación ambiental.

Tabla 3-9 Esquema de gobernanza propuesto para el Proyecto SbN: Protección costera con estructuras sumergidas

PROYECTO SbN: PROTECCIÓN COSTERA CON ESTRUCTURAS SUMERGIDAS			
Sitio: Castillo de Salgar y Punta Roca			
INSTANCIA	ACTORES	FUNCIONES	MECANISMOS
Comité Interinstitucional de Gobernanza	Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).	Articular competencias institucionales.	Reuniones periódicas de coordinación interinstitucional.
	Corporación Autónoma Regional del Rio Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA).	Garantizar coherencia normativa.	Actas de decisión, acuerdos y seguimiento.
	Dirección General Marítima (DIMAR).	Revisión y aprobación del diseño y estudios requeridos.	Revisión técnica de estudios y diseños.
	Gobernación del Atlántico.	Realizar seguimiento y monitoreo ambiental y social.	Informes periódicos de avance y cumplimiento.
	Alcaldía de Puerto Colombia. Oficina de Gestión del Riesgo de Puerto Colombia.		Mecanismos de resolución de conflictos interinstitucionales.
Empresa o entidad ejecutora	Por definir	Realizar los estudios requeridos.	Plan de trabajo y cronograma aprobados.
		Coordinar todas las acciones del proyecto con el Comité Interinstitucional de Gobernanza.	Informes técnicos, administrativos y financieros periódicos.
		Implementar el proyecto con la participación de los actores institucionales y comunitarios.	Protocolos de coordinación interinstitucional. Supervisión técnica, ambiental y social.
			Canales formales de comunicación con comunidades e instituciones.
Participación comunitaria	Propietarios de viviendas y negocios.	Participar en el proyecto.	Espacios de socialización, información y concertación.
	Organizaciones de pescadores, artesanos, agricultores, juntas de acción comunal, turismo comunitario, minorías étnicas, entre otras, de las siguientes localidades:	Aportar conocimiento local.	Talleres participativos y reuniones comunitarias.
		Aportar mano de obra.	Mecanismos de veeduría ciudadana y seguimiento social.
		Realizar seguimiento ambiental y social.	Canales de comunicación comunitaria permanentes.
	<i>Municipio de Puerto Colombia:</i> Corregimientos Sabanilla y Salgar y barrio Punta Roca	Fortalecer la apropiación social y legitimidad del proyecto.	Estrategias de divulgación y educación ambiental.

Tabla 3-10 Esquema de gobernanza propuesto para el Proyecto SbN: Restauración de manglar Proyecto SbN: Restauración de Manglar

PROYECTO SbN: RESTAURACIÓN DE MANGLAR			
Sitio: Ciénaga Los Manatíes			
INSTANCIA	ACTORES	FUNCIONES	MECANISMOS
Comité Interinstitucional de Gobernanza	Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).	Articular competencias institucionales.	Reuniones periódicas de coordinación interinstitucional.
	Corporación Autónoma Regional del Rio Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA).	Garantizar coherencia normativa.	Actas de decisión, acuerdos y seguimiento.
	Dirección General Marítima (DIMAR).	Revisión y aprobación del diseño y estudios requeridos.	Revisión técnica de estudios y diseños.
	Gobernación del Atlántico.	Realizar seguimiento y monitoreo ambiental y social.	Informes periódicos de avance y cumplimiento.
	Alcaldía de Puerto Colombia. Oficina de Gestión del Riesgo de Puerto Colombia.		Mecanismos de resolución de conflictos interinstitucionales.
Empresa o entidad ejecutora	Por definir	Realizar los estudios requeridos.	Plan de trabajo y cronograma aprobados.
		Coordinar todas las acciones del proyecto con el Comité Interinstitucional de Gobernanza.	Informes técnicos, administrativos y financieros periódicos.
		Implementar el proyecto con la participación de los actores institucionales y comunitarios.	Protocolos de coordinación interinstitucional. Supervisión técnica, ambiental y social.
			Canales formales de comunicación con comunidades e instituciones.
Participación comunitaria	Propietarios de viviendas y negocios	Participar en el proyecto.	Espacios de socialización, información y concertación.
	Organizaciones de pescadores, artesanos, agricultores, juntas de acción comunal, turismo comunitario, minorías étnicas, entre otras, de las siguientes localidades:	Aportar conocimiento local.	Talleres participativos y reuniones comunitarias.
		Aportar mano de obra.	Mecanismos de veeduría ciudadana y seguimiento social.
		Realizar seguimiento ambiental y social.	Canales de comunicación comunitaria permanentes.
	<i>Municipio de Puerto Colombia:</i> Corregimientos Sabanilla y Salgar y barrio Maizal	Fortalecer la apropiación social y legitimidad del proyecto.	Estrategias de divulgación y educación ambiental.

Tabla 3-11 Esquema de gobernanza propuesto para el Proyecto SbN: Banco de sedimentos

PROYECTO SbN: BANCO DE SEDIMENTOS			
Sitio: Canal de acceso al Puerto de Barranquilla			
INSTANCIA	ACTORES	FUNCIONES	MECANISMOS
Comité Interinstitucional de Gobernanza	<p>Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).</p> <p>Corporación Autónoma Regional del Rio Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA).</p> <p>Dirección General Marítima (DIMAR).</p> <p>Establecimiento Público Ambiental Barranquilla. Verde.</p> <p>Gobernación del Atlántico.</p> <p>Alcaldía de Barranquilla.</p> <p>Oficina de Gestión del Riesgo de Barranquilla.</p>	<p>Articular competencias institucionales.</p> <p>Garantizar coherencia normativa.</p> <p>Revisión y aprobación del diseño y estudios requeridos.</p> <p>Realizar seguimiento y monitoreo ambiental y social.</p>	<p>Reuniones periódicas de coordinación interinstitucional.</p> <p>Actas de decisión, acuerdos y seguimiento.</p> <p>Revisión técnica de estudios y diseños.</p> <p>Informes periódicos de avance y cumplimiento.</p> <p>Mecanismos de resolución de conflictos interinstitucionales.</p>
Empresa o entidad ejecutora	<p>Por definir</p>	<p>Realizar los estudios requeridos.</p> <p>Coordinar todas las acciones del proyecto con el Comité Interinstitucional de Gobernanza.</p> <p>Implementar el proyecto con la participación de los actores institucionales y comunitarios.</p>	<p>Plan de trabajo y cronograma aprobados.</p> <p>Informes técnicos, administrativos y financieros periódicos.</p> <p>Protocolos de coordinación interinstitucional.</p> <p>Supervisión técnica, ambiental y social.</p> <p>Canales formales de comunicación con comunidades e instituciones.</p>
Participación comunitaria	<p>Propietarios de viviendas y negocios.</p> <p>Organizaciones de pescadores, artesanos, agricultores, juntas de acción comunal, turismo comunitario, minorías étnicas, entre otras, de las siguientes localidades:</p> <p><i>Municipio de Barranquilla:</i> Corregimiento La Playa y barrio Las Flores</p>	<p>Participar en el proyecto.</p> <p>Aportar conocimiento local.</p> <p>Aportar mano de obra.</p> <p>Realizar seguimiento ambiental y social.</p> <p>Fortalecer la apropiación social y legitimidad del proyecto.</p>	<p>Espacios de socialización, información y concertación.</p> <p>Talleres participativos y reuniones comunitarias.</p> <p>Mecanismos de veeduría ciudadana y seguimiento social.</p> <p>Canales de comunicación comunitaria permanentes.</p> <p>Estrategias de divulgación y educación ambiental.</p>

4. Estudio de mercado:

Demanda de material
dragado



Resumen ejecutivo

Los puntos clave de este capítulo son:

1. Potencial de mercado: Barranquilla draga 3,7 millones de m³/año; el material dragado es un recurso valioso para varios usos incluyendo la protección costera.
2. Apoyo a las políticas: Las políticas y regulaciones nacionales facilitan el uso sostenible del material dragado, en consonancia con los ODS.
3. Participación de las partes interesadas: El éxito depende de la colaboración entre actores públicos, privados, académicos e internacionales.
4. Beneficios económicos y ambientales: El uso de material dragado reduce el riesgo de inundaciones, mejora la calidad del suelo y el agua, y apoya el turismo y la pesca.
5. Consideraciones de costos: Los principales costos incluyen estudios, dragado, transporte y monitoreo.
6. Cuantificación alto nivel de costos y beneficios.
7. Próximos pasos: Se recomienda desarrollar directrices técnicas, mecanismos financieros y sólidas alianzas público-privada-académica.

El capítulo recoge las herramientas clave para plantear un estudio de mercado a partir del uso del material de dragado enfocando al uso para la protección costera aplicable a un futuro piloto en la ciudad de Barranquilla; parte del contexto del mercado donde se evidencia que actualmente en la ciudad, se contrata hacer dragados en promedio 3,7 millones de m³ al año y el valor monetario está entre los COP 21.000 m³ y COP 31.000 m³, los cuales, son valores de referencia que pueden ser ajustados ya que se toman como base en la información los siguientes contratos de dragado en la ciudad de Barranquilla:

1. Años 2024-2025 contrato SECOP: 0-525-2024.
2. Año 2024 contrato SECOP: PAF-CORMAGDALENA-O-128-2023.
3. Año 2023 contrato SECOP: 111251-003-2023(PAF-CORMAGDALENA-O-007-2023).
4. Años 2021-2022 contrato SECOP: 101496-001-2021 (PAF-CORMAGDALENA-O-061-2021).

Existe evidencia internacional sobre el uso de material de dragado para la protección costera, que permite aproximarse al uso potencial para la ciudad de Barranquilla, lo cual, requiere de un esfuerzo de los sectores público y privado. Adicionalmente, existen las herramientas de política

sobre las que se puede enmarcar el uso del material y que apuntan a la sostenibilidad con el desarrollo de acciones a partir de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este contexto, se han dilucidado una serie de beneficios y costos que deben ser incluidos en el desarrollo de un proyecto del uso sostenible del dragado, los cuales, componen las aristas de la pirámide de sostenibilidad, que comprenden las categorías económica, social y ambiental.

4. Estudio de mercado: Demanda de material dragado

4.1 Objetivo del estudio de mercado

El estudio identifica señales de mercado, políticas nacionales y aspectos ambientales, económicos y sociales clave como insumos para la estructuración y el desarrollo de políticas en torno al uso sostenible de materiales de dragado para la protección costera. Los datos resultantes serán fundamentales para evaluar su posible aplicación en la zona de Barranquilla y pueden orientar la toma de decisiones desde una perspectiva sostenible.

4.2 Entorno de mercado: local y nacional

La degradación del hábitat natural, la degradación del cauce y la degradación de la línea de costa son los principales factores de estrés que afectan el ecosistema costero. Por lo que constituyen el punto de partida para analizar el entorno de mercado alrededor del uso del material de dragado para el uso benéfico, enfocando a la protección costera (Slob et al., 2008).

El mercado es el mecanismo que puede contribuir a dar respuesta a estas problemáticas, a través de la

internalización de las siguientes variables, que se convierten en beneficios asociados al uso sostenible del material de dragado en la protección costera (CEDA, 2019):

- Riesgo de inundaciones
- Productividad del suelo
- Calidad biológica del suelo
- Actividad turística
- Calidad del hábitat natural
- Pesca
- Ruta fluvial
- Biodiversidad
- Calidad del agua

El mercado se encuentra condicionado por los costos y beneficios, para lo cual es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

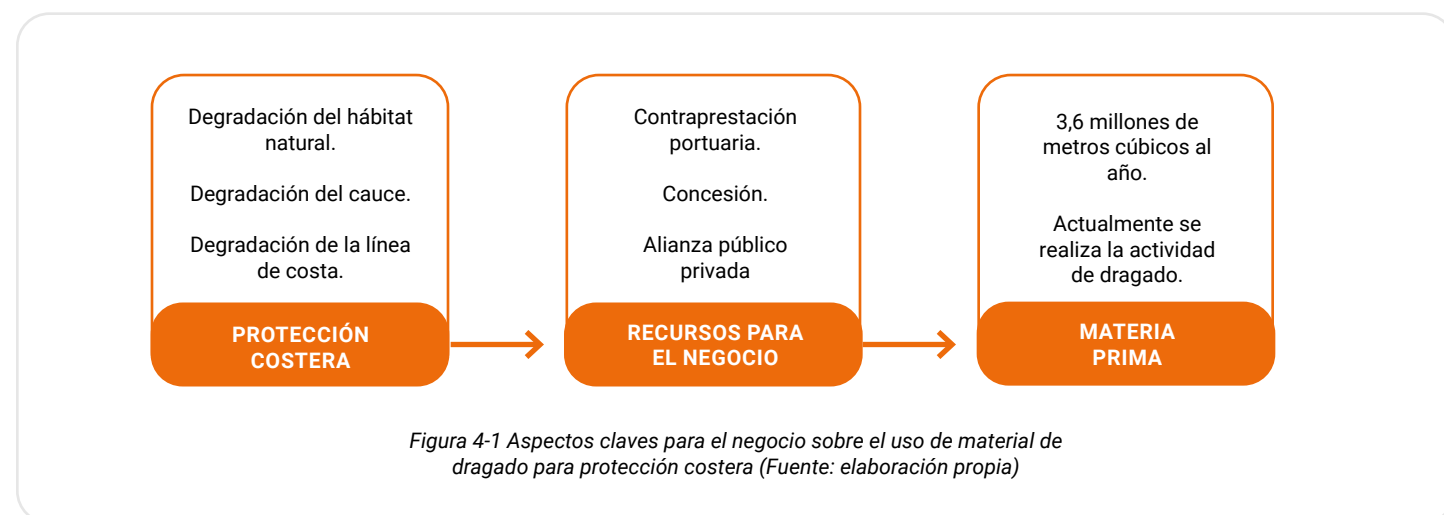
Oferta disponible del material de dragado: En la Tabla 2-3 se presenta el volumen promedio de cada uno de los sectores, proyectando que anualmente en el canal de acceso debería realizarse esas cantidades para mantener la navegabilidad estable en los próximos años. El promedio del canal es 3.6M m³ (Volumen promedio al año 2023 a 2025).

La ciudad de Barranquilla puede aprovechar del material de

dragado, ya que su uso lo puede contribuir a la protección costera de la ciudad. El aprovechamiento del recurso depende de la implementación de una estrategia mixta que articule recursos provenientes de contraprestaciones portuarias, concesiones y alianzas público-privadas, a través de la cual se podría incentivar la participación activa de las empresas locales (véase figura 4-1):

- **Contraprestación portuaria:** se enmarca principalmente por el Estatuto de Puertos Marítimos (Ley 1 de 1991). Corresponde al pago que realizan las sociedades portuarias a la Nación y a los municipios donde ubica su actividad, con el fin de poder realizar el usufructo de los bienes de uso público para la construcción y desarrollo de la actividad portuaria; el uso es permitido por un contrato de largo plazo.

- **Concesión:** constituye una forma que busca generar inversión privada en torno al uso del material de dragado para la protección costera, se rige a través de la Ley 1106 de 2006, y corresponde a un contrato estatal quien cede a un privado la explotación de un servicio público por un periodo de tiempo a cambio el privado realiza una remuneración al Estado.
- **Alianza público-privada:** es un esquema de financiamiento público y privado para financiar proyectos de infraestructura y servicios públicos con la Ley 1508 de 2012. El proceso tiene un plazo de 30 años, lo cual hace atractiva una inversión ya que los recursos del sector privado entran en la etapa de prefactibilidad, pre- construcción y construcción; y los recursos públicos se van invirtiendo con posterioridad.



Demanda potencial del material de dragado: Barranquilla presenta un uso potencial del material de dragado para la protección costera, el cual se calcula bajo el supuesto que las soluciones propuestas para la protección costera a nivel sistémica conjunto con el nivel local. En la sección 3.4 se mostró aplicaciones diversas con una gran variación del volumen requerido de material dragado. En la Tabla 4-1 se presentan algunas de las experiencias sobresalientes a nivel internacional y nacional en el uso del material de dragado.

- **Precio actual por el dragado de material en la ciudad de Barranquilla:** el precio actual por m³ de dragado para la ciudad de Barranquilla, se establece a partir de los contratos de dragados que se vienen implementando desde el año 2022, donde los precios del material vienen experimentando un crecimiento al pasar de 23.000 – 31.000 COP/m³, valores expresados en precios corrientes del año, véase Figura 4-2; es de aclarar que este precio es dato indicativo que no representa un dato comparable año a año. Como se explicó en la sección 3.4.1, la alimentación de arena a gran escala

Tabla 4-1 Experiencias en el uso de material de dragado (Fuente: elaboración propia)

ACTIVIDAD	CANTIDAD DEMANDADA M3	LUGAR	AÑO	FUENTE BIBLIOGRÁFICA
Delfland Sand Engine (Motor de Arena)	22.000.000	The Netherlands	2011	Ecoshape
Norfolk Sand Engine (Motor de Arena)	1.500.000	United Kingdom	2019	Ecoshape
Reutilización en proyectos de hábitat, Mississippi River	100.000	Estados Unidos	2022	PIANC Envicom Report on Beneficial Use of Dredged Material.
Restauración ecológica de humedales, Humedales del Valle del Cauca	15.000	Colombia	2019	https://minas.medellin.unal.edu.co/institutos/agua/servicios.html
Recuperación de playas / control erosión, Cartagena.	30.000	Colombia	2021	CORNARE – Términos de referencia para dragados
Relleno para infraestructura portuaria, Buenaventura	50.000	Colombia	2022	Plan Nacional de Dragados Marítimos – MinAmbiente/DNP
Regeneración de playas en Cádiz	254.000 para 8 km de playa	España	2020	https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2025/diciembre/el-miteco-financia-con-casi-43m-la-regeneracion-de-playas-danad.html
Uso agrícola y recuperación de suelos	50.000	Italia	2024	“Dredge Sediment as an Opportunity: A Comprehensive and Updated Review of Beneficial Uses in Marine, River, and Lagoon Eco-Systems” (2024, Environments, Vol. 12, Issue 6). It provides a systematic overview of how dredged sediments can be reused sustainably instead of being treated as waste.

en la solución del Motor de Arena podría ser relativamente económica, ya que la arena se alimentará justo al lado de la desembocadura del río, al oeste de Bocas de Ceniza. Por lo tanto, esta alternativa no requiere cambios significativos en la distancia que tendrían que recorrer las embarcaciones de dragado para depositar el material. Se estima que el nivel de costos será igual o menor que la disposición del sedimento en mar profundo (como es la situación de referencia).

Factores socioeconómicos:

- El valor del transporte tiene como referencia la política tarifaria de los servicios de transporte intermodal de mercancías, y se calcula a partir de: - Costos fijos: amortización e inversión, financiación, mantenimiento preventivo, pólizas, personal

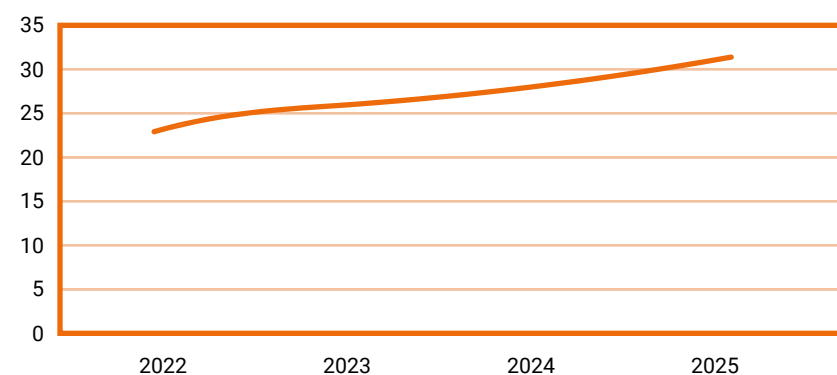


Figura 4-2 Precio de dragado COP/m3 – miles (Fuente: datos propios a partir de contratos de dragados en Barranquilla)

administrativo y operativo, y uso del muelle. - Costos variables: combustibles y lubricantes, manutención de la tripulación, tarifa por uso de la hidro vía y relevo de tripulación. - Otros costos: impuestos, papelería, gastos varios e imprevistos. Para el presente análisis, la tarifa fue calculada a partir de los servicios fluviales en las rutas Barrancabermeja–Puerto Capulco y Puerto Capulco–Barranquilla, diferenciando entre operaciones de exportación e importación. Quienes realizaron el valor promedio registrado en el año 2020 y obtuvieron que el valor es equivalente a 179,5 COP /Tonelada/ Kilómetro (Mintransporte, 2020).

- La ciudad de Barranquilla es considerada la capital industrial y comercial del Caribe colombiano, y es un puerto estratégico a nivel nacional e internacional (Cámara de comercio de Barranquilla, 2024), lo cual, garantiza el flujo de mano de obra para el desarrollo de acciones tendientes a la protección costera, asimismo, la ciudad cuenta con aproximadamente 18 universidades que pueden contribuir con actividades de investigación sobre el uso del dragado, entre las cuales se destaca la Universidad del Atlántico, Universidad del Norte y la Universidad de la Costa (Barranquilla, 2018).
- Adicionalmente, la ciudad cuenta con infraestructura y tejido empresarial suficiente para poder desarrollar iniciativas de negocio que contribuya con la protección costera. Cuenta con infraestructura portuaria con vocación logística multimodal con ocho terminales

públicas, posee una bodega y centro de carga refrigerada y congelada. Cuenta con infraestructura vial, como la vía al mar Cartagena-Barranquilla, que conecta a ambas en trayectos de dos horas que agiliza el comercio y la movilidad empresarial. Adicionalmente, existen 28 parques industriales, incluyendo PIMSA Malambo en proceso de certificación como Eco-Parque, y cuatro (4) zonas francas donde operan más de 180 empresas (Cámara de comercio de Barranquilla, 2024).

4.2.1 Políticas públicas/ Avances regulatorios

Las políticas públicas que contribuyen a la implementación de acciones para la protección costera son las siguientes:

1. El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia potencia mundial de vida”, plantea dentro de sus metas el derecho humano a la alimentación, para lo cual, establece el fortalecimiento de 96 instalaciones portuarias con este fin.
2. El Plan Nacional de Dragados Marítimos del año 2017, busca la priorización de los canales de acceso a los puertos colombianos; tiene como objetivo desarrollar una estrategia eficiente para el mantenimiento de estos canales y de las zonas acuáticas de antepuerto, definiendo criterios de diseño y construcción que

3. El documento CONPES 4174 del año 2025, al establecer los territorios estratégicos alrededor del agua a nivel nacional. La herramienta de política incorpora el concepto de infraestructura verde en los territorios, fomenta la conservación y la restauración ecológica y multifuncional de los ecosistemas.
4. La Ley 1508 de 2012, por la cual se establece el régimen jurídico de las Asociaciones Público-Privadas.
5. El Plan Maestro de Transporte Intermodal (2021-2035), busca modernizar la infraestructura de transporte, enfocada en la intermodalidad (carretero, férreo, fluvial, marítimo y aéreo) para mejorar la competitividad, conectividad y equidad regional.
6. Plan Maestro de Erosión Costera del año 2016, desarrolla la visión y la estrategia nacional de largo plazo, que busca prevenir, mitigar y controlar la erosión costera y sus consecuencias en el país.
7. El Plan Maestro Fluvial del año 2015, que tiene por objeto generar los factores habilitantes para que Colombia cuente un transporte fluvial más competitivo, limpio, seguro y social.
8. El Plan de Ordenamiento Físico Portuario y Ambiental, el cual permite la zonificación para el uso sostenible de las áreas costeras con visión de largo plazo y articula las inversiones y mejoras de infraestructura en el marco del ordenamiento territorial y ambiental.
9. El Plan Maestro Portuarios Específicos para el puerto de Barranquilla, con una visión de 10 a 20 años y se

- enfoca en la eficiencia del espacio y la sostenibilidad articulado con las otras herramientas de planificación.
10. El CONPES 4118 de 2023, donde se establece la Política Nacional Portuaria: Modernización y Sostenibilidad de la Actividad Portuaria y su Articulación con el Territorio. Tiene por objetivo promover la adaptación al sistema portuario colombiano al entorno global y territorial, bajo los principios de sostenibilidad ambiental, para fomentar la eficiencia en su operación y desarrollo.
 11. Decreto 1333 de 1986, que desarrolla el marco normativo de la planeación urbana.
 12. Ley 9 de 1989, mediante la cual se realiza la reforma urbana.
 13. Ley 388 de 1997, mediante la cual se fijan las directrices del desarrollo territorial.
 14. Decreto 1076 de 2015, regula los proyectos susceptibles a licenciamiento ambiental y términos de referencia específicos para dragados.

Una vez realizado el análisis sobre las herramientas de política pública, es esencial definir la importancia de estas, en la planificación de acciones y la incidencia directa e indirecta que pueden tener para la implementación de un negocio alrededor de la protección costera con el uso de material de dragado. Por lo cual se deben tener en cuenta los siguientes aspectos de política y de financiamiento que se identifican dentro de las herramientas de planificación (Figura 4-3):

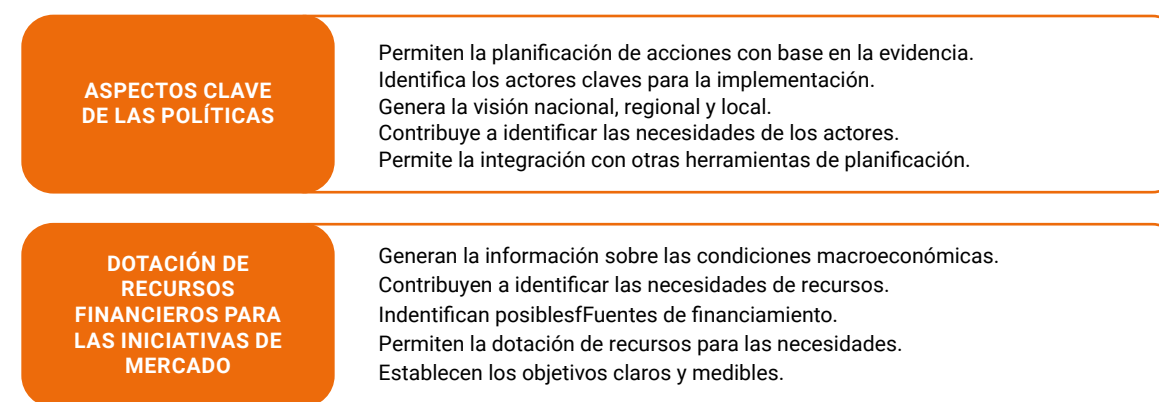


Figura 4-3 Relevancia de las políticas públicas actuales en la implementación de acciones para protección costera (Fuente: elaboración propia)

4.2.2 Partes interesadas clave

Para identificar las partes interesadas en el desarrollo de las iniciativas del uso del material de dragado para la protección costera, se identifican cuatro tipologías de actores: públicos, privados, academia e investigación y la cooperación internacional; quienes de forma directa o indirecta pueden tener incidencia en el desarrollo de las iniciativas de uso de este material. A continuación, se detallan los actores y las funciones frente a las iniciativas sobre protección costera que se puede desarrollar (Tabla 4-2).

Tabla 4-2 Tipología, actores y funciones frente al uso del material de dragado para la protección costera (Fuente: elaboración propia)

TIPOLOGÍA	ACTOR	FUNCIÓN
Públicos	Departamento Nacional de Planeación	Generar la política pública habilitante para el uso del material de dragado en la protección costera.
	Ministerio de Transporte	
	Ministerio de Defensa	
	Ministerio de Comercio, industria y turismo	Dotar parte de los recursos financiero para contribuir al desarrollo de un mercado para el uso del material de dragado en la protección costera.
	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible	Generar los lineamientos técnicos y de procedimiento sobre el uso del material de dragado en la protección costera.
	Ministerio de Hacienda y crédito público	
	Ministerio de Agricultura	Convocar los sectores productivos que puedan tener interés en el desarrollo de acciones tendientes a la protección costera a partir del uso de material de dragado.
	Ministerio de Minas y Energía	
	Gobernación del Atlántico	
	Alcaldía de Barranquilla	
	Cormagdalena	
	Juntas de Acción Comunal	Generar incentivos tributarios para los inversores en acciones de protección costera a partir del uso del material de dragado.
	Invias	
Findeter		
DIMAR		
Capitanía de puertos		
Privados	Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla	Explorar negocios en torno al uso de material de dragado en la protección costera.
	Contratistas del Estado para infraestructura	Contribuir con el desarrollo de las iniciativas que usen el material de dragado en la protección costera.

Tabla 4-2 Tipología, actores y funciones frente al uso del material de dragado para la protección costera (Fuente: elaboración propia)

TIPOLOGÍA	ACTOR	FUNCIÓN
Privados	Camacol	Invertir en acciones que usen de material de dragado en la protección costera a partir de las directrices de política pública.
	ANDI	
Academia e investigación	Universidad del Norte	Generar información científica que permita el uso de material de dragado en la protección costera.
	Universidad Simón Bolívar	
	INVEMAR	Generar espacios de dialogo que contribuyan al uso de material de dragado de manera informada, con actores locales.
	IDEAM	
Cooperación internacional	Cooperación del Gobierno de los Países Bajos	Contribuir con la asistencia técnica para la implementación del uso de material de dragado en la protección costera.
	Cooperación del Gobierno de los Estados Unidos de América	
	Asociación Mundial para la Infraestructura de Transporte Acuático-PIANC	Socializar los avances en investigación sobre el uso de material de dragado para la protección costera.
	Organización Marítima Internacional-OMI	

4.2.3 Alineación del uso de material de dragado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

El uso del material de dragado como insumo para la protección costera se enmarca dentro de las políticas descritas en el numeral anterior, las cuales, están alineadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (CBD et al., 2016). Principalmente con cinco (5) ODS, que se asocian a los servicios ecosistémicos relacionados con la provisión y regulación del recurso hídrico; así como su influencia sobre la calidad de vida, el hábitat de especies, la viabilidad industrial y la adaptación al cambio climático (Figura 4-4).

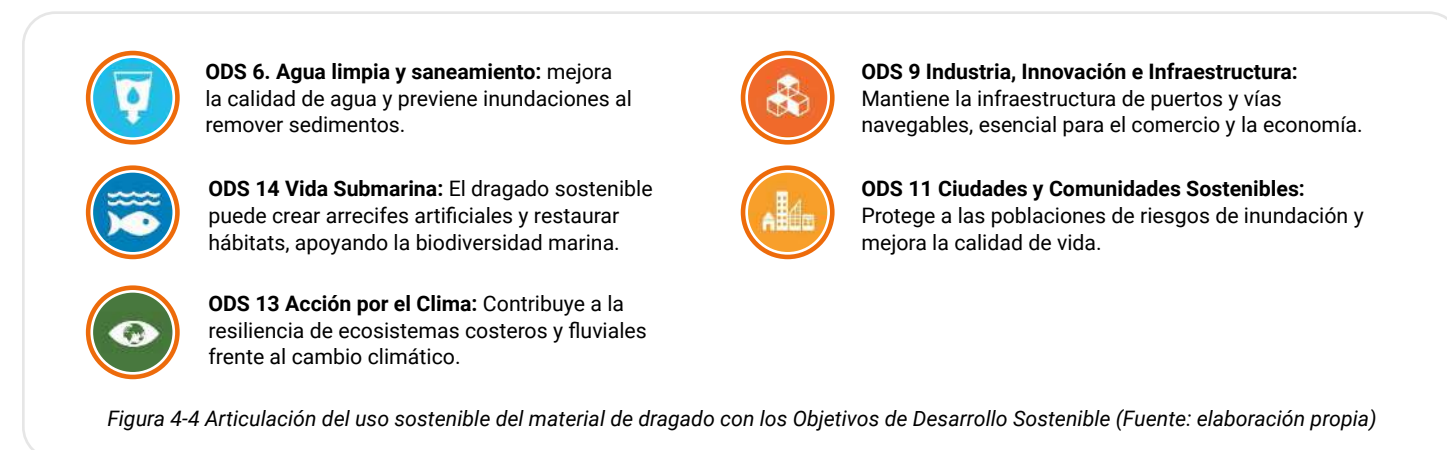


Figura 4-4 Articulación del uso sostenible del material de dragado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Fuente: elaboración propia)

La utilización del material de dragado también se proyecta como base de política pública impulsada por los ministerios de Transporte y Ambiente, enfocada en la creación de hábitat, relleno de terreno y recuperación de ecosistemas (DNP, 2017). Asimismo, la Política Nacional de Gestión de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos que busca la conservación de los ecosistemas y el uso sostenible puede ser vinculado el uso del material de dragado con el enfoque de sostenibilidad principalmente con enfoque de restauración de ecosistemas marino-costeros (MinAmbiente et al., 2012).

Otro entregable clave para el uso sostenible del material de dragado en la protección costera en Colombia es la existencia de la evaluación ambiental en proyectos por parte de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), que analiza la generación de impactos negativos sobre los ecosistemas, específicamente aquellos que pueden afectar positiva o negativamente los ecosistemas acuáticos por la intervención a través de un proyecto, obra o actividad.

4.3 Análisis de la alternativa prioritaria en relación con la



viabilidad del mercado

Refiriendo al capítulo 3, el uso prioritario del material dragado en la zona de Barranquilla es la protección costera. A continuación, en la sección se está analizando en más detalle los costos y beneficios del uso prioritario.

4.3.1 Categorización de beneficios

El uso de material dragado en la protección costera es una estrategia esencial para los ecosistemas bajo degradación (considerados en SbN), ya que ofrece beneficios directos e indirectos. Estos beneficios tienen las siguientes características (Slob et al., 2008) (Figura 4-5):

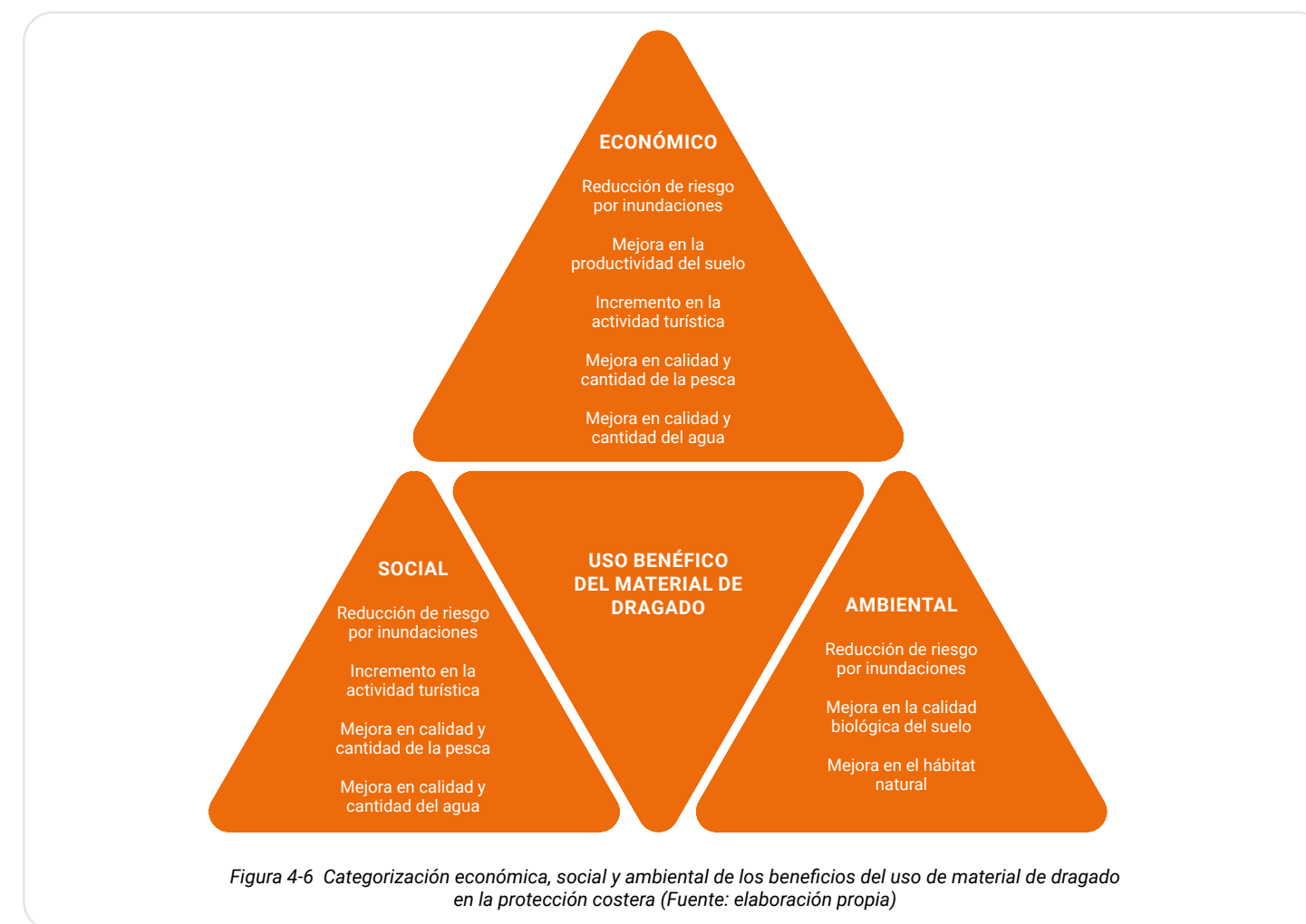
1. Poseen un alcance específico, objetivo u acción.
2. Medibles en el tiempo y con ello deben ser objeto de valoración económica a través de estructuras de mercado.
3. Inciden en la toma de decisiones de carácter público y privado y con ello orientan la política pública.
4. Deben ser sujeto de seguimiento mediante diferentes herramientas de planificación e indicadores relacionados a mercado.

Para generar las categorías de los beneficios se tiene en cuenta el carácter de cada uno, a partir de un análisis económico, social y ambiental (DNP, 2018) (Figura 4-6).

- *Los beneficios que tienen la categoría de económico:* corresponde a beneficios que pueden ser medidos a través del dinero, para efectos de un mercado con el uso de dragado en protección costera tales como: reducción de riesgo por inundaciones, Mejora en la productividad del suelo, Incremento en la actividad turística, Mejora en calidad y cantidad de la pesca, Mejora en calidad y cantidad del agua.
- *Los beneficios que tienen la categoría social:* corresponde a beneficios que pueden tener mejoras en la calidad de vida de las personas, tales como: reducción de riesgo

por inundaciones, incremento en la actividad turística, mejora en calidad y cantidad de la pesca, mejora en calidad y cantidad del agua.

- *Los beneficios que tienen la categoría ambiental:* corresponden a los beneficios que buscan mantener el equilibrio ecológico y garantiza la provisión de servicios ecosistémicos, sobre el uso de dragado para protección costera se identifican los siguientes: reducción de riesgo por inundaciones, mejora en la calidad biológica del suelo, mejora en el hábitat natural.
- *Los costos que tiene la categoría de económico:* son los costos que permiten cuantificar el presupuesto coherente y ordenado, tales como: costo del servicio de interventoría, programa de adaptación de la guía ambiental, costo de monitoreo, costos de seguimiento.



4.3.2 Categorización de costos

Para determinar los costos del uso de material de dragado para la protección costera, se tienen en cuenta tres niveles de costos, véase también (Figura 4-7):

1. Estudios y planificación: Realizar un estudio batimétrico y realizar trabajos de dragado adicionales en los canales perimetrales de las localidades. Además, es necesario realizar estudios para identificar el problema o la mejora a implementar, analizar las opciones de acción y realizar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), etc.
2. Dragado y el uso del material en protección costera: Realizar el mantenimiento del área a intervenir y desarrollar acciones del uso del material de dragado orientadas a la protección costera.
3. Monitoreo y seguimiento: Realizar acciones de inventoría del área donde se desarrolla la actividad del dragado y el uso posterior en protección costera; generar los reportes requeridos ante la autoridad ambiental y documentar el proceso que se adelanta.

4.3.3 Metodologías de valoración y requerimientos de información

Para determinar las metodologías a implementarse por los beneficios y costos por el uso de material de dragado por la protección costera, se tienen en cuenta los siguientes aspectos (Tabla 4-3):

- El alcance del beneficio o costo y si cuenta o no con mercado.
- Las metodologías usadas por la economía ambiental para valorar las externalidades que se producen por una acción sobre un ecosistema (Ripka et al., 2018).
- Los requerimientos de información se encuentran condicionado por las metodologías que captan el valor del cambio por la acción sobre el ecosistema y las variables que se determinan en la literatura de economía ambiental.
- Asignación de los beneficios a servicios ecosistémicos: (a) Servicios de regulación, (b) Servicios de provisión, (c) Servicios culturales.

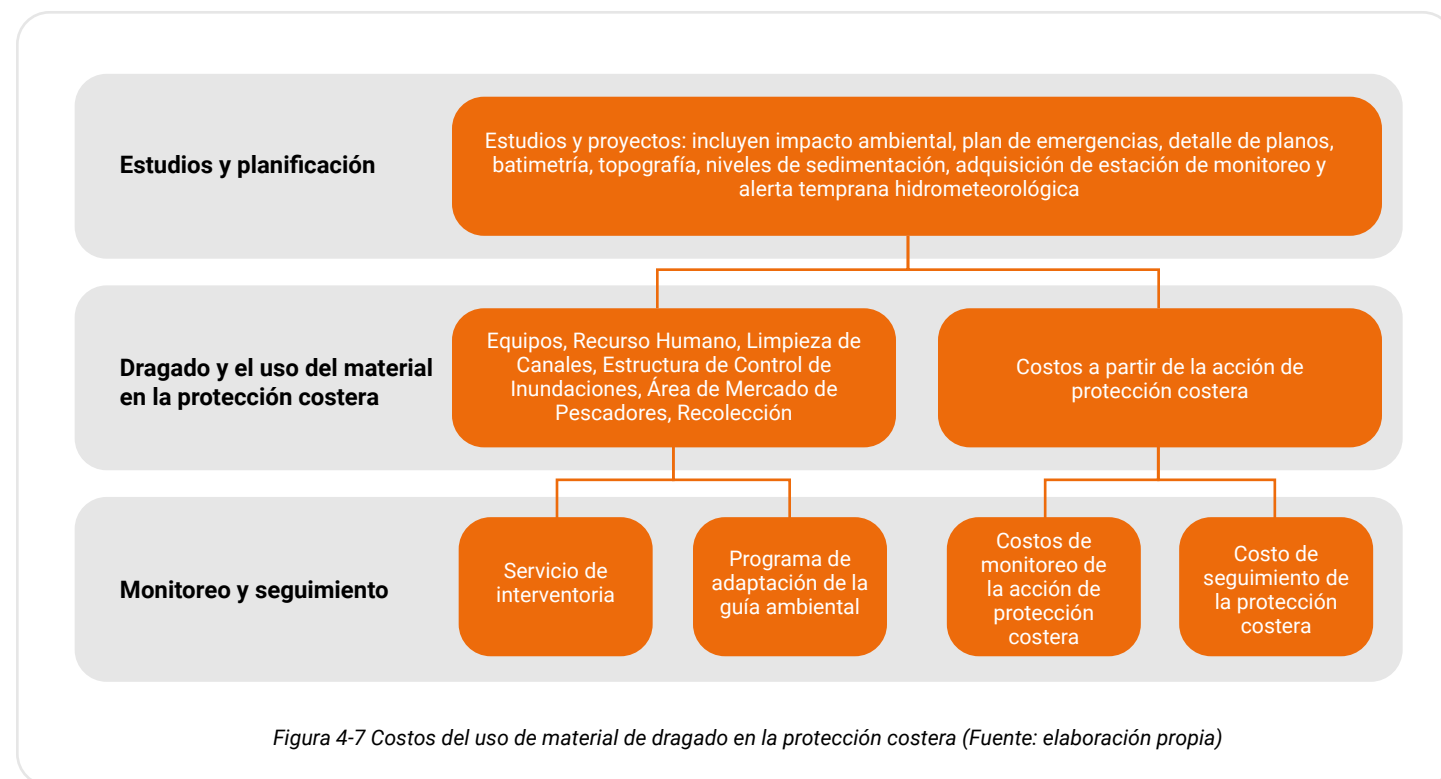


Figura 4-7 Costos del uso de material de dragado en la protección costera (Fuente: elaboración propia)

Tabla 4-3 Metodologías para cuantificar los beneficios y costos por el uso de material de dragado en la protección costera (Fuente: elaboración propia).

BENEFICIOS DEL MATERIAL DE DRAGADO EN LA PROTECCIÓN COSTERA	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	COSTOS DEL MATERIAL DE DRAGADO EN LA PROTECCIÓN COSTERA	METODOLOGÍAS DE VALORACIÓN	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN
Reducción de riesgo por inundaciones	Servicio de regulación		Precios de mercado por las afectaciones sobre infraestructura. Disponibilidad a pagar por reducción del riesgo	Análisis de información cartográfica, información hídrica, información socioeconómica, medida para reducción de riesgo, costos de la medida para disminuir riesgos.
Mejora en la productividad del suelo	Servicio de provisión		Precios de mercado por las mejoras en productividad (mayor producción a menor costo)	Caracterización biofísica, información hidrológica y climática, aspectos socioeconómicos, medidas para mejorar la productividad.
Incremento en la actividad turística	Servicio cultural		Precios de mercado- ingresos por visitantes a zonas turísticas	Atractivos turísticos, demandas turísticas, recursos requeridos para la actividad turística.
Mejora en el hábitat natural	Servicio de regulación		Disponibilidad a pagar por la variación en la calidad del hábitat natural.	Características ecológicas, aspectos socioeconómicos, medidas para mejorar el hábitat.
Mejora en calidad y cantidad de la pesca	Servicio de provisión		Precios de mercado por la cantidad y calidad del pescado que se produce en el área de influencia del proyecto.	Características de recursos pesqueros, desarrollo de pesca, aspectos socioeconómicos.
Mejora en calidad y cantidad del agua	Servicio de regulación		Precios de mercado por la variación en la cantidad y calidad del agua. Disponibilidad a pagar por la cantidad y calidad del agua.	Caracterización hídrica, calidad del agua, usos y demandas, medidas de mejora en calidad y cantidad.
		Estudios y planificación	Precios de mercado sobre los estudios.	SECOP- donde se publican los documentos de contratación estatal.
		Dragado y el uso del material en la protección costera	Precios de mercado del dragado (operacionales e inversión)	SECOP- donde se publican los documentos de contratación estatal.
		Monitoreo y seguimiento	Precios de mercado de las estrategias de monitoreo y seguimiento.	SECOP- donde se publican los documentos de contratación estatal.

Costos y beneficios: ejemplo de estudio de caso

En la continuación, en la cuadro se presentan un ejemplo en alto nivel de valorización de costos y beneficios del uso de material de dragado para la protección costera entre Castillo de Salgar y Punta Roca, basándose de los diseños conceptuales en la sección 3.4.

Los costos y beneficios se basan en suposiciones resumidas en la tabla 4-4. La suposición/estimación de erosión anual utilizada proviene del diagnóstico de DIMAR, elaborado con imágenes satelitales entre 2013 y 2023¹². Debido a la falta de datos secundarios consistentes y a la

alta variabilidad de la erosión según las condiciones locales (oleaje y mareas), se adoptó como referencia la pérdida aproximada de 55 metros en diez años reportada por DIMAR, equivalente a 5 metros por año. Este valor se utiliza únicamente como aproximación técnica y debe entenderse como un dato derivado del análisis satelital mencionado. Los demás parámetros (como número de viviendas y establecimientos por área, costos de reasentamiento y volúmenes económicos asociados) se incorporan como insumos para cuantificar los impactos potenciales en infraestructura residencial, hoteles y restaurantes dentro del corredor costero analizado. Adicionalmente, se estiman que el nivel de costos por m3 esté igual o menos que la

Tabla 4-4: Supuestos utilizados para el análisis costo-beneficio.

CATEGORÍAS	ESTIMACIONES	
Diferencia de costos (CAPEX/OPEX)	Se estima que el nivel de costos será igual o menor que la disposición del sedimento en mar profundo (como es la situación de referencia).	\$ 0
Erosión	Metros de erosión de la playa / línea de marea (metros/años)	5
Vivienda	# personas/vivienda	4
	Costo de reasentamiento/vivienda	\$ 225.000.000
Hoteles y otros alojamientos turísticos en zona de peligro	# huéspedes/hotel/año	2.500
	Volumen de negocio/huésped	\$ 135.000
	Costo de reasentamiento/hotel	\$ 675.000.000
Restaurantes	#Clientes por restaurante/año	2.500
	Volumen de negocio/huésped	\$ 45.000
	Costo de reasentamiento/Restaurante	\$ 300.000.000
Costo por pérdida de espacios para cría y hábitat de pece	Pérdida por productividad biológica cada 5 años	20%
	Toneladas de pescado que se produce en Barranquilla en 2025	7.000
	Toneladas de peces que se pierden a 2050	3.416
	Precio de la tonelada de pescado	\$ 13.000.000

¹² Dimar presenta diagnóstico de erosión costera en el Atlántico | Portal Marítimo Colombiano - Dimar

situación de referencia donde se draga y dispone el sedimento al mar profundo. Pues, no hay costos adicionales.

Con estas estimaciones, y apoyados en la revisión detallada de imágenes satelitales mediante Google Earth, se calculó el número de hoteles, viviendas y establecimientos que podrían verse afectados por la progresión natural de la erosión costera. A partir de ello, el análisis compara los costos derivados de los daños que ocurrirían si no se aprovecha el material

dragado, es decir, las pérdidas esperadas por continuar la erosión, frente a los beneficios que se obtienen al evitarlos mediante su uso en la protección costera. En el Apéndice 7.4 se incluyen las imágenes satelitales de Google Earth utilizadas para estimar la cantidad de viviendas, restaurantes y demás infraestructuras en riesgo, así como la proyección de pérdida de costa para los años 2030, 2040 y 2050. A continuación, una tabla (véase Tabla 4-5) resumen de beneficios por costos económicos y sociales evitados de la erosión costera:

Tabla 4-5: Proyección de impactos socioeconómicos de la erosión costera (2025 – 2050) y los costos evitados.

CATEGORÍAS	RESULTADOS	2025	2030	2040	2050
Erosión	Metros de erosión de la playa / línea de marea	0	25	75	125
	Área de erosión (m2)	0	77	229	393
Vivienda	Número de viviendas en zona de peligro	0	12	95	191
	Número de personas en zona de peligro	0	48	380	764
	Coste del reasentamiento fuera de la zona de peligro	\$ 0	\$ 2.700.000.000	\$ 21.375.000.000	\$ 42.975.000.000
Hoteles y otros alojamientos turísticos en zona de peligro	Número de hoteles en zona de peligro	0	0	12	16
	Número de huéspedes perdidos/año	0	0	30.000	40.000
	Volumen de negocio perdido	\$ 0	\$ 0	\$ 4.050.000.000	\$ 5.400.000.000
	Coste del reasentamiento fuera de la zona de peligro	\$ 0	\$ 0	\$ 8.100.000.000	\$ 10.800.000.000
Restaurantes	Número de restaurantes en zona de peligro	0	1	30	42
	Número de clientes perdidos/año	0	2.500	75.000	105.000
	Volumen de negocio perdido	\$ 0	\$ 112.500.000	\$ 3.375.000.000	\$ 4.725.000.000
	Coste del reasentamiento fuera de la zona de peligro	\$ 0	\$ 300.000.000	\$ 9.000.000.000	\$ 12.600.000.000

Tabla 4-5: Proyección de impactos socioeconómicos de la erosión costera (2025 – 2050) y los costos evitados.

CATEGORÍAS	RESULTADOS	2025	2030	2040	2050
Cría y hábitat de peces	Toneladas de pescado en Barranquilla	7.000	5.600	4.480	3.584
	Pérdida por producción de pesca	\$ 0	\$ 18.200.000.000	\$ 32.760.000.000	\$ 44.408.000.000
Beneficio total neto		\$ 0	\$ 21.312.500.000	\$ 78.660.000.000	\$ 120.908.000.000

Los resultados del análisis costos beneficios con base de las suposiciones en la Tabla 4-4 muestran que, aunque en 2025 no se proyectan afectaciones, la erosión progresa rápidamente a partir de 2030, generando impactos crecientes en viviendas, población e infraestructura turística y comercial.

Para 2050, la pérdida acumulada de costa expone más de 190 viviendas, 16 hoteles y 42 restaurantes, con costos totales evitables estimados en más de \$120 mil millones. Dichos costos (evitados) consisten en impactos anuales (por ejemplo, volúmenes de negocio perdidos) y costos únicos (por ejemplo, costos de reasentamiento). No se han tomado en cuenta posibles procesos de redistribución de clientes.

Sin embargo, estas proyecciones confirman que el uso del material dragado para la protección costera represente una medida altamente costo-efectiva, dado que previene daños económicos y sociales que aumentan de forma acelerada en las próximas décadas.

La prevención de la erosión costera también evita impactos sobre otras funciones del territorio, como carreteras, pequeños comercios y servicios locales que dependen de la estabilidad del borde costero. Proteger la línea de costa reduce el riesgo de daños a la infraestructura vial y mantiene la accesibilidad a la zona. Asimismo, beneficia a los vendedores ambulantes, cuya actividad depende del flujo de visitantes/turistas en la playa.

5. Recomendaciones y próximos pasos



5. Recomendaciones y próximos pasos

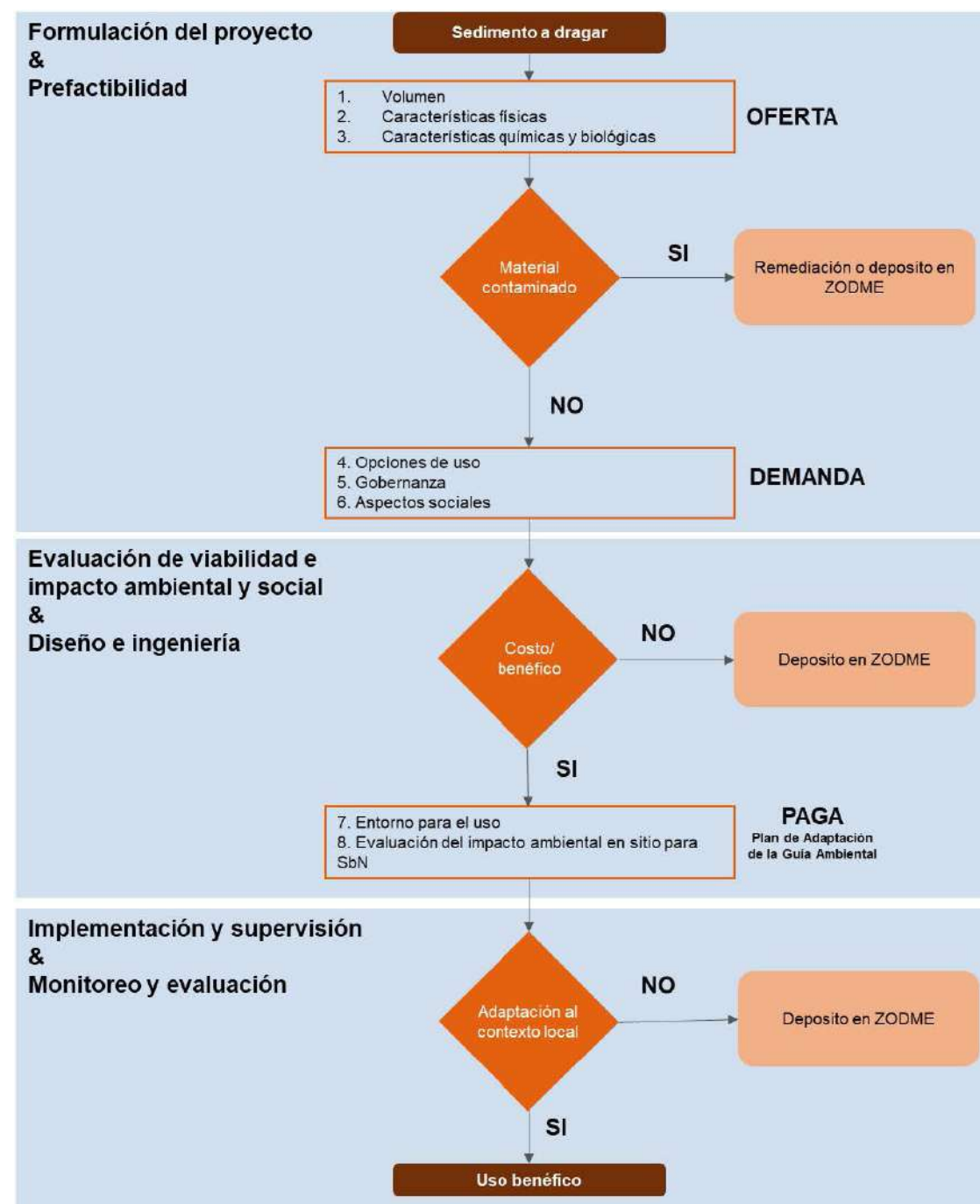


Figura 5-1 Árbol de decisión y ciclo de proyecto

El Entregable 5 describe las posibilidades de uso beneficioso del material dragado en la zona portuaria de Barranquilla para abordar diversos desafíos ambientales, como la erosión costera. A continuación, se proporciona una descripción de la alineación del árbol de decisiones con el ciclo del proyecto y qué actividades deberán realizarse desde las perspectivas técnica, económica y social. Sin embargo, como destaca el entregable 4 (Capítulo 5), áreas clave de los esfuerzos de MinAmbiente para complementar el Decreto 1076/2015 definiendo la calidad de los sedimentos, sirviendo como base técnica para el modelo colombiano para garantizar estándares claros y la viabilidad de uso o disposición final. Se propone integrar estos lineamientos en la aprobación del decreto e incorporar los aspectos operativos en la Guía de Gestión Ambiental (INVIAS) para estandarizar procedimientos y facilitar la comunicación entre el marco regulatorio y la práctica en proyectos de dragado. Esta actividad tiene prioridad ya que garantiza que cualquier uso beneficioso de los proyectos de material dragado se ejecute de forma segura para los seres humanos y el medio ambiente.

Mientras tanto, los diseños conceptuales descritos en el entregable 5 (capítulo 3) podrían desarrollarse más. La Figura 5-1 muestra cómo el árbol de decisiones desarrollado en el entregable 4 (capítulo 3) se puede implementar a lo largo del ciclo del proyecto. Es posible que algunos pasos deban ser más iterativos de lo que muestra la figura, debido a nueva información o resultados de estudios. No obstante, esto puede ayudar a aclarar cuándo se deben tomar acciones y decisiones. Por lo tanto, la prioridad avanza a lo largo de un ciclo normal de proyecto.

Este capítulo ofrece una visión general de los principales temas y acciones que deben considerarse en las diferentes etapas del desarrollo de un proyecto de uso de material dragado. Para ello, toma como referencia los diseños conceptuales presentados en este informe y plantea sugerencias para su seguimiento. El análisis se aborda desde distintas perspectivas: social, de gobernanza, técnica, económica y ambiental. Asimismo, la tabla incorpora el árbol de decisión presentado en el entregable 4 (capítulo 3) y muestra cómo se articulan los pasos y las decisiones sobre la calidad del material con las etapas del proyecto y con los demás aspectos considerados.

Tabla 5-1 Descripción general de los próximos pasos para desarrollar los diseños conceptuales en proyectos implementables y factibles.

EL ÁRBOL DE DECISIONES	FASE DEL PROYECTO	SOCIAL/GOBERNANZA	TÉCNICA/AMBIENTAL	ECONÓMICA
Oferta y demanda	Formulación de planes y proyectos	Se recomienda que la formulación de los proyectos se desarrolle de manera articulada con los actores institucionales y comunitarios relacionados, siguiendo las siguientes etapas: identificación de actores, socialización y mapeo de intereses, y diseño participativo y concertación. Los objetivos, las acciones clave, los productos esperados y los indicadores propuestos para cada una de estas etapas se detallan en el contexto de gobernanza del presente informe.	<p>Recopilar y caracterizar la información de la calidad física, química y biológicas de los materiales que serán dragados y en el lugar de disposición. Identificar la información faltante para obtenerla mediante estudios previos o incluir estos estudios en el alcance del proyecto de dragado de mantenimiento antes de pasar a la siguiente fase.</p> <p>El Entregable 3 (capítulo) (Evaluación de la calidad física y química de los sedimentos dragados en el canal de acceso a la zona portuaria de Barranquilla) puede servir como primera base, ya que describe los próximos pasos para recopilar más información sobre la calidad y cantidad del material dragado en el canal de acceso de Barranquilla</p>	Alinear el proyecto de uso del material de dragado con los lineamientos técnicos y operativos, generados por la política pública sobre el uso de material de dragado. Lo anterior permite garantizar que el sector privado se convierta en el actor estratégico para el uso del material de dragado en la protección costera.
	Prefactibilidad	<p>En la etapa de prefactibilidad, los aspectos sociales y de gobernanza deben orientarse a la identificación de riesgos, oportunidades y condiciones habilitantes antes de avanzar a estudios de mayor nivel de detalle. El objetivo principal de esta fase es determinar la viabilidad social y la gobernabilidad del proyecto.</p> <p>En el componente social, se deben considerar la delimitación del área de influencia, la caracterización del contexto socioeconómico general, el análisis preliminar de los impactos sociales y la evaluación inicial de la aceptabilidad social del proyecto.</p> <p>Por su parte, el componente de gobernanza debe contemplar el mapeo de actores y análisis de poder, la identificación del marco institucional y normativo preliminar, la evaluación de riesgos de gobernanza, el diseño de estrategias de participación temprana y socialización, así como la identificación de condiciones para la sostenibilidad social del proyecto.</p>	<p>Debe establecerse claramente si los sedimentos cumplen con las características y condiciones necesarias para su uso bajo el enfoque de SbN definido para el proyecto. Las organizaciones involucradas en este proceso podrían ser, en el caso de Barranquilla: CORMAGDALENA, INVEVAR, el Instituto Humboldt, el Servicio Geológico Colombiano, IDEAM y laboratorios debidamente certificados por esta entidad.</p> <p>Además, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible debe brindar recomendaciones sobre los posibles usos benéficos del material dragado de mantenimiento para que se pueda realizar un análisis costo-beneficio de dichas aplicaciones.</p> <p>Para determinar la idoneidad del material dragado se presentó en el informe del Entregable 4 (capítulo 3) (Formular directrices de procedimiento para determinar los usos factibles e idóneos de los sedimentos marinos dragados en Colombia, incluyendo soluciones basadas en la naturaleza) un árbol de decisión para evaluar las características físicas, químicas y biológicas en términos generales y por uso específico.</p>	<p>Caracterizar el mercado en torno al uso del material de dragado (usos, requerimientos de calidad, aplicaciones, cantidades, zonas donde se desarrollará).</p> <p>Cuantificar los costos y beneficios por cada uno de los usos del material de dragado analizados en el capítulo 4 del presente documento.</p>
Permisos y Licencias	Evaluación de viabilidad e impacto ambiental y social	<p>Se recomienda adelantar una evaluación integral y participativa de los impactos positivos y negativos en los componentes sociocultural, ambiental y económico, incorporando de manera estructurada las percepciones de las comunidades locales y de los actores institucionales. Este ejercicio deberá orientarse a la identificación de riesgos, oportunidades y medidas de manejo que permitan optimizar los beneficios y prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos negativos asociados al proyecto.</p> <p>La evaluación deberá considerar, entre otros aspectos, las dinámicas territoriales, los usos, prácticas y saberes locales, la viabilidad técnica de las intervenciones, los costos de implementación, operación y mantenimiento, así como los criterios de sostenibilidad, gobernanza y apropiación social en el corto, mediano y largo plazo.</p>	<p>El uso benéfico del material dragado propuesto no deberá afectar los ecosistemas actuales definidos en la Unidades Ambientales Costeras y el impacto social se deberá evaluar la participación de la comunidad donde se realizará el uso benéfico.</p> <p>Se realizará una evaluación de impacto ambiental para comprender mejor los riesgos, las posibles alternativas y las medidas de mitigación. En particular, será necesario evaluar exhaustivamente si el material dragado contaminado puede utilizarse y cómo hacerlo.</p>	

Tabla 5-1 Descripción general de los próximos pasos para desarrollar los diseños conceptuales en proyectos implementables y factibles.

EL ÁRBOL DE DECISIONES	FASE DEL PROYECTO	SOCIAL/GOBERNANZA	TÉCNICA/AMBIENTAL	ECONÓMICA
Permisos y Licencias	Evaluación de viabilidad e impacto ambiental y social	En esta fase resulta fundamental la identificación, valoración y validación de los impactos ambientales por parte de las autoridades ambientales competentes, en el marco de sus competencias legales y misionales, con el fin de asegurar la coherencia del proceso con la normativa ambiental vigente, los instrumentos de planificación territorial y la adecuada protección de los ecosistemas asociados.	En los anexos de los informes de los Entregable 1 (Información, experiencias y lecciones aprendidas en la concesión de licencias, la operación, el seguimiento y control de las actividades de dragado marítimo en los Países Bajos, así como en la determinación de los requisitos para aprobar en este país los usos de los sedimentos marinos dragados) y Entregable 2 (Análisis de los parámetros y pasos de procedimiento de los Países Bajos y otros países, para determinar los requisitos de calidad de los sedimentos marinos dragados para sus usos benéficos. Incluir las lecciones aprendidas para apoyar la determinación de los valores umbrales en Colombia para los usos benéficos de los sedimentos marinos dragados) se incluyen tablas detalladas con los valores umbrales específicos para cada contaminante.	Alinear el proyecto de uso del material de dragado con los lineamientos técnicos y operativos, generados por la política pública sobre el uso de material de dragado. Lo anterior permite garantizar que el sector privado se convierta en el actor estratégico para el uso del material de dragado en la protección costera.
	Diseño e ingeniería	<p>En la etapa de diseño e ingeniería es clave integrar desde el inicio los aspectos sociales y de gobernanza para asegurar la viabilidad técnica, legitimidad social y sostenibilidad en el tiempo.</p> <p>Aspectos sociales que se deben considerar: caracterización social del área de influencia, percepción social del proyecto, impactos sociales potenciales, enfoque de equidad e inclusión.</p> <p>Aspectos de gobernanza que se deben considerar: participación y concertación, marco institucional y normativo, gestión de conflictos, transparencia y acceso a la información, sostenibilidad y corresponsabilidad.</p>	Plantear tres (3) alternativas de uso de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para seleccionar la mejor opción con los análisis sociales, gobernanza, económicos y ambientales que permitan realizar el diseño y las recomendaciones para la obra que se ejecutará con el uso benéfico del material dragado de mantenimiento.	Generar una alianza público-privada y de la academia para el uso de material de dragado en la protección costera de Barranquilla, como una medida que se enmarque en la adaptación climática
Uso benéfico	Implementación y supervisión	Se debe garantizar la participación activa de las comunidades y entidades en la ejecución de los proyectos. Dentro de esta etapa se recomienda desarrollar las siguientes acciones: conformación de comités de seguimiento, reuniones periódicas de evaluación, vinculación de mano de obra local, procesos de capacitación y documentación de buenas prácticas.	Realizar una matriz de riesgos para la entidad contratante y le empresa contratista (dragador).	Generar una estrategia de implementación del negocio, a partir de cantidades disponibles, costos, precios, márgenes y estrategia de marketing.
	Monitoreo y evaluación		Establecer indicadores de medición y realizar la caracterización del lugar antes del uso benéfico y posterior evaluación de los resultados.	Seguimiento a la estrategia de marketing sobre el uso del material de dragado para la protección costera.

Los pasos descritos anteriormente constituyen un insumo importante para avanzar en el uso del material dragado, ya que permiten comprender la oferta mediante el análisis de la disponibilidad (cantidad) y calidad (características químicas y físicas), así como evaluar la demanda mediante estudios de mercado y de la interacción con las partes interesadas.

Dentro del alcance de este proyecto se realizaron diseños conceptuales que ponen de manifiesto la necesidad de realizar estudios ambientales específicos, tales como estudios de impacto ambiental, modelaciones hidrodinámicas y estudios ecotoxicológicos, entre otros.

En términos generales, es necesario llevar a cabo un análisis del sistema a lo largo de toda la línea costera para comprender la dinámica morfológica y los problemas que se presentan en la costa, especialmente aquellos asociados a procesos de erosión e inundación.

De esta manera, los diseños conceptuales presentados constituyen un primer paso, que deberá complementarse con una evaluación exhaustiva a escala de sistema, junto con un análisis detallado de la oferta y la demanda, apoyados por evaluaciones de campo. Por su parte, el árbol de decisiones desarrollado en este proyecto se propone como una herramienta de orientación para ayudar a los responsables de la toma de decisiones en la determinación de la idoneidad del material para diferentes usos y la identificación de alternativas para el uso benéfico más apropiado.

6. Referencias



6. Referencias

Barranquilla, A. de. (2018). *Barranquilla en cifras*.

Cámara de comercio de Barranquilla. (2024). *Estudio económico y social del Atlántico*. 1–36.

CBD, FAO, ONU, Banco Mundial, & PNUD. (2016). LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y LA AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Nota Técnica. En *Nota Técnica*.

<https://www.cbd.int/development/doc/biodiversity-2030-agenda-technical-note-es.pdf>

CEDA. (2019). *Sustainable Management of the Beneficial Use of Sediments*.

<http://www.dredging.org/media/ceda/org/documents/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (s. f.). *Mercado laboral*. Recuperado el 14 de enero de 2026, de

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Proyecciones de población: Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (s. f.). *Ficha del municipio de Barranquilla (Atlántico)*.

Dirección General Marítima (Dimar). (2024, 4 de marzo). *Dimar presenta diagnóstico de erosión costera en el Atlántico*.

<https://www.dimar.mil.co/dimar-presenta-diagnostico-de-erosion-costera-en-el-atlantico>

DNP. (2017). Plan Nacional de Dragados Marítimos de Colombia. 60.

<https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/plan-nacional-ganadero.pdf>

DNP. (2018). Colombia hacia el Crecimiento Verde. En Departamento Nacional de Planeación.

[https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Resultados/PDF_Colombia hacia el crecimiento verde_MP.pdf](https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Resultados/PDF_Colombia%20hacia%20el%20crecimiento%20verde_MP.pdf)

Gases del Caribe S.A. E.S.P. (s. f.). *Datos abiertos*. Recuperado el 14 de enero de 2026, de

<https://gascaribe.com/datos-abiertos/>

Gobernación del Atlántico. Secretaría de Planeación. (2025). *Anuario estadístico del Atlántico 2025: Capítulos 2 (demografía), 6 (servicios públicos) y 9 (pobreza multidimensional y monetaria)*.

Legiscomex.com. (s. f.). *Legiscomex: Inteligencia comercial y comercio internacional*. Recuperado el 14 de enero de 2026, de

<https://www.legiscomex.com/>

Minambiente, laVH, Javeriana, U., DNP, & GTZ. (2012). Política Nacional Para La Gestion Integral De La Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistemicos (PNGIBSE). En Política Nacional Para La Gestion Integral De La Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistemicos (PNGIBSE).

<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (s. f.). Internet fijo: Penetración por municipio [Conjunto de datos]. Datos Abiertos Colombia. Recuperado el 14 de enero de 2026, de <https://www.datos.gov.co>

Mintransporte. (2020). Actualización y armonización sobre la política tarifaria de los servicios de transporte de carga en los modos carretero, férreo y fluvial. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 42(2), 283.

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27148/tde-08102007-211215/publico/Hiperterrorismo_e_midia_na_comunicacao_politica.pdf

ProBarranquilla. (2024). *Boletín socioeconómico (Edición 009)*.

ProBarranquilla. (2025). *Boletín socioeconómico: Indicadores que reflejan el dinamismo del Atlántico (Edición 016)*.

Ripka, A., Luiz, C., & Hernández, A. (2018). Métodos de Valoración económica ambiental: Instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 10(3), 134–141.

<http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

Slob, A. F. L., Eenhoorn, J., Ellen, G. J., Gómez, C. M., Kind, J., & van der Vlies, J. (2008). Costs and benefits of sediment management. *Sustainable Management of Sediment Resources*, 4(Section 5), 175–197.

[https://doi.org/10.1016/S1872-1990\(08\)80008-6](https://doi.org/10.1016/S1872-1990(08)80008-6)

Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla S.A. (s. f.). *Puerto de Barranquilla: Plataforma logística del Caribe*. Recuperado el 14 de enero de 2026, de <https://www.puertodebarranquilla.com>

Unidad Administrativa Especial Migración Colombia. (s. f.). *Migración Colombia*. Recuperado el 15 de enero de 2026, de <https://www.migracioncolombia.gov.co/>

Unidad Administrativa Especial Migración Colombia. (s. f.). *Migración Colombia*. Recuperado el 15 de enero de 2026, de <https://www.migracioncolombia.gov.co/>

7. Apéndices



7. Apéndices

7.1 Apéndice A: Concesiones portuarias de Barranquilla

La zona portuaria de Barranquilla se define como el Río Magdalena desde el kilómetro 0 al kilómetro 22 (ubicación del Puente Pumarejo), incluyendo las riberas oriental y occidental hasta la Vía 40 y el terminal de PIMSA en el kilómetro 38 (Malambo). Según el inventario realizado, en esta zona portuaria se localizan 28 terminales portuarias concesionarias de CORMAGDALENA.

En la Tabla 7-1 se incluye información contractual, como el número de contrato de concesión, la vigencia del contrato (fecha de inicio - fecha de fin) de cada una de las sociedades portuarias de la presente zona.

Tabla 7-1 Información contractual de Contratos de concesión Zona portuaria de Barranquilla. Fuente: Unión Temporal Serman Saenz-Steer – INP, 2024, con información de Supertransporte y ANI.

#. (ID)	SOCIEDAD PORTUARIAS	NO. CONTRATO	FECHA INICIO	FECHA FIN
(53)	SP. Aquamar S.A. (Contrato 045)	45 – 2011	25-Ene-11	25-Ene-31
(54)	SP. Aquamar S.A. (Contrato 046)	46 – 2011	25-Ene-11	25-Ene-31
(55)	SP Bocas De Ceniza S.A.	23 – 1998	21-Ago-98	21-Ago-28
(56)	SP Del Caribe S.A.	3 – 0035 – 2007	23-Ago-07	23-Ago-37
(57)	SP Integral De Colombia S.A. Sodintec S.A.	42 – 2010	2-Jun-10	2-Jun-40
(58)	Sociedad Portuaria Marinas Del Caribe S.A.	47 – 2011	13-Dic-11	12-Dic-31
(59)	SP. Michellmar S.A.	43 – 2010	20-Jul-10	2-Jul-30
(60)	SP. Monómeros Colombo Venezolanos S.A. (Contrato 026)	026 – 2004	11-Mar-04	11-Mar-24
(61)	SP. Monómeros Colombo Venezolanos S.A. (Contrato 027)	027 – 2004	24-Abr-11	17-Mar-34
(62)	SP Omniport S.A. (Antes SP Pizano SA)	32 – 2006	26-Dic-06	27-Dic-26
(63)	SP Palermo S.A. (Contrato 028)	028 – 2004	29-Jun-04	28-Jun-24
(64)	SP Parques Urbanos S.A	019 – 1997	12-Sep-97	23-May-21
(65)	SP. Portmagdalena S.A.	3-0001-2013	30-Dic-13	29-Dic-33
(67)	SP. Regional de Barranquilla S.A. (Contrato 008)	008-1993	8-Nov-93	8-Nov-33
(68)	SP. Regional de Barranquilla S.A. (Contrato 039)	39 – 2009	22-Jul-09	21-Jul-29
(69)	SP. Río Grande S.A. (Contrato 029)	029- 2004	29-Dic-04	28-Dic-24
(70)	SP. Río Grande S.A. (Contrato 031)	031 – 2006	10-Ago-06	9-Ago-36

#. (ID)	SOCIEDAD PORTUARIAS	NO. CONTRATO	FECHA INICIO	FECHA FIN
(71)	SP. Riomar S.A. (Antes Pescamar S.A.)	38-2008	2-Jul-09	1-Jul-30
(72)	SP. Riverport S.A.	30 – 2006	2-May-06	1-May-36
(73)	SP Terminal De Mallorquín S.A.	36 – 2007	14-Nov-07	13-Nov-37
(74)	SP Terminal Las Flores S.A.	3-0037-2008	15-Abr-08	15-Abr-28
(75)	Palermo Sociedad Portuaria S.A. (Contrato 034)	34 – 2007	14-Feb-07	14-Feb-37
(76)	SP. Barranquilla International Terminal Company S.A. – Bitco	41 – 2010	3-May-07	2-May-37
(77)	Compañía De Puertos Asociados S.A. Compas S.A.	40 – 2009	27-Feb-09	26-Feb-29
(78)	Sociedad Portuaria Siduport	44-2010	30-Dic-10	29-Dic-30
(79)	SP. Vopak Colombia S.A. (Barranquilla)	003-1993	30-Jun-13	29-Jun-33
(110)	Sociedad Portuaria Novo Porto S.A.	3-0004-2014	26-Nov-14	25-Nov-34
(80)	SP Química Internacional S.A.	NR	22-Feb-93	26-Dec-34

Teniendo en cuenta la descripción en la tabla anterior sobre la información contractual y el estado de las sociedades portuarias, presentamos lo siguiente:

- **Vigente:** 20 vigentes, 12 se encuentran operando (1 en construcción y 11 construidos) y 8 no operando (3 Construidas, 2 en construcción y 3 no construidos). En los contratos de concesión operativos, 33% ofrecen un servicio especializado de 4 concesiones, de las que 3 públicas y 1 privada y el 67% restante, de 8 concesión multipropósito, de las que 7 son públicas y 1 privada.
- **No Vigentes:** 8 contratos de Concesión no Vigente, 1 construida y 7 no construidas.

La mayoría de los terminales de los concesionarios son privados de uso único o terminales dedicados, que manejan carga de la que son dueños. Sin embargo, la mayoría de la carga es manejada por los terminales multi-usuario o públicos, lo que quiere decir que manejan carga de terceros. Los principales productos manejados son carga general, carga a granel, carbón, líquidos y contenedores.

De los contratos que se encuentran vigentes y no operando, se describe lo siguiente:

- La SP de Aquamar S.A. no cuenta con infraestructura construida en la zona adyacente y tampoco en la zona de uso público, por lo tanto, no está operando.
- SP. Omniport S.A. (Antes SP Pizano SA) no se encuentra operativa debido a que se encuentra en la fase pre – operativa, por tal razón no se realizan actividades de atraque. Dada la configuración natural del terreno, no se requiere adelantar ningún tipo de adecuación, ni emprender grandes obras de infraestructura, salvo la consistente en la instalación de un embarcadero móvil para el embarque y desembarque de la tripulación.

- SP. Palermo S.A. no está en operación, ya que de acuerdo con lo manifestado en el informe final de la interventoría Consorcio Inter Magdalena, el Concesionario ejecutó la totalidad del alcance técnico y financiero de su plan de inversiones.
- Las Sociedades portuarias de Río Grande 029 y Río Grande 031, ambas cuentan con un muelle, pero aún se encuentran en construcción.
- Sociedad Portuaria Del Caribe S.A sólo cumplió con la fase I del Proyecto Correspondiente a adecuación del terreno, faltando ejecutar la fase II del Proyecto.
- SP Terminal De Mallorquín S.A. no cuenta con plan de inversiones aprobado y no se ha ejecutado.
- SP Terminal Las Flores S.A, en la concesión no se otorgó infraestructura ni equipos, solo las áreas de uso público.
- De los contratos que se encuentran No vigentes, se describe lo siguiente:
- SP. Aquamar S.A. 046, el contrato se ha finalizado de manera anticipada por fallo arbitral, mientras que el contrato de SP. Integral de Colombia S.A. Sodintec S.A., se finalizó por mutuo acuerdo.
- SP Parques Urbanos S.A. se terminó el 23 de mayo del 2021.
- SP. Bocas de Ceniza S.A ha caducado. El plazo contractual con la Sociedad Portuaria Parques Urbanos S.A. ha finalizado.
- SP. Siduport o realizó las inversiones que estaban incluidas dentro de su Plan de inversiones, por tal razón, la Terminal Portuaria presentó solicitud a Cormagdalena de terminación del contrato de concesión por mutuo acuerdo entre las partes.
- SP. Química Internacional S.A. s no realizó las inversiones que estaban incluidas dentro de su Plan de inversiones, por tal razón, el Contrato con el Concedente terminó por mutuo acuerdo.
- SP. Novo Porto SA el contrato fue terminado de manera anticipada.
- Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla S.A. se terminó anticipadamente por mutuo acuerdo.

De las terminales que están actualmente en operación, hay cinco terminales especializadas en: pasajeros, monómeros a granel, productos químicos líquidos, hidrocarburos y pesca. El resto tienen carácter multipropósito, como graneles líquidos y sólidos, contenedores, carga general, carbón, coque, entre otros.

A continuación, en Figura 7-1, se muestra en las figuras la información mediante una visualización de los bienes de uso público concesionados y las zonas adyacentes en la zona portuaria de Barranquilla.



Figura 7-1 Delimitación bienes de uso público concesionados y zonas adyacentes. Zona portuaria de Barranquilla. Fuente: Unión Temporal Serman Saenz- Steer – INP, 2024, con información de ANI y Cormagdalena, 2024.

7.2 Apéndice B: Caracterización de la Unidad Ambiental Costera (UAC) del río Magdalena en la zona portuaria de Barranquilla.

7.2.1 Medio Abiótico

• Climatología y meteorología

Las temperaturas máximas medias en el norte de la UAC varían entre enero-abril y julio-agosto, mientras que las más bajas se observan entre mayo-junio y septiembre-diciembre, alcanzando hasta 33° C. En el sur, hay un patrón monomodal con temperaturas altas entre abril y septiembre. La precipitación muestra un rango de 0.3 a 9.5 mm durante la temporada seca (enero-marzo) y de 3.7 a 256 mm en la temporada húmeda (abril-diciembre), disminuyendo de junio a septiembre. La humedad relativa se mantiene en un promedio del 70 %, con valores más altos durante los periodos húmedos. La evapotranspiración alcanza cerca de 1700 mm/año, coincidiendo con los periodos de sequía. Los vientos muestran magnitudes máximas en febrero y marzo y menores valores de mayo a noviembre, con una dirección predominante sursuroeste. La clasificación climática es cálido seco.

• Hidrología, usos del agua y conflictos de uso del agua

La zona portuaria del puerto de Barranquilla se encuentra dentro de las subzonas hidrográficas Ciénaga de Mallorquín, Ciénaga Grande de Santa Marta y Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi). De acuerdo con el IUA se encuentra entre muy alto y crítico debido a que la cuenca agotó su disponibilidad de agua superficial para satisfacer los requerimientos hídricos de las actividades económicas. En esta zona se evidencia conflictos del uso del agua debido a la alta demanda que se tiene y la poca disponibilidad de agua superficial.

• Contaminación del aire y ruido

Las concentraciones de PM10 anualmente no se ven

superadas de acuerdo con la norma de calidad del aire. El índice de calidad del aire durante el año se comporta entre el ámbito “bueno” y “aceptable”, donde indica posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles (Corpomag, 2023). De acuerdo con la contaminación auditiva, no se cumple con el límite máximo permisible para horario diurno, en las zonas de ocupación hotelera estos niveles sobrepasan los decibeles establecidos.

• Geología

En Figura 7-2 Mapa de unidades geológicas de la Zona Portuaria de Barranquilla. Fuente: Unión Temporal Serman Saenz- Steer – INP, 2024 con base en (SGC, 2015) e (INVEMAR, 2008) Figura 7-2 se presentan las unidades geológicas de la Zona Portuaria de Barranquilla.

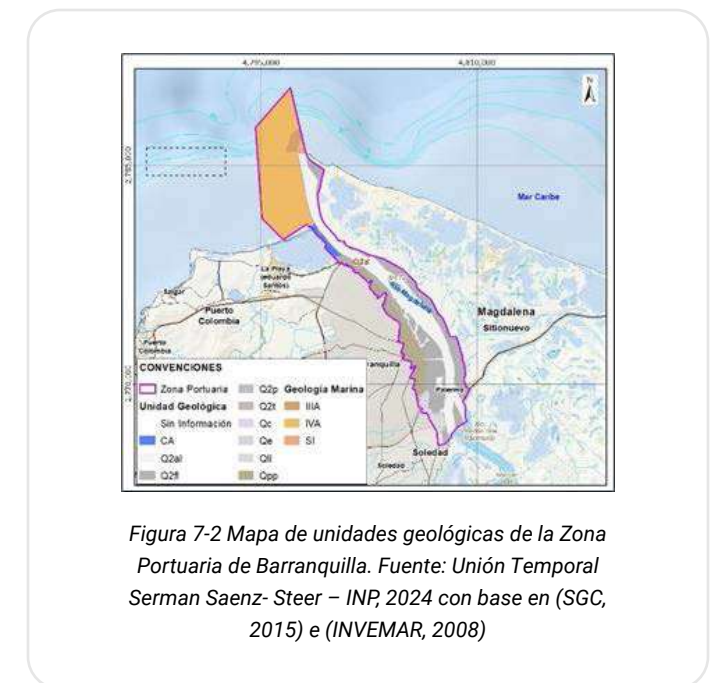


Figura 7-2 Mapa de unidades geológicas de la Zona Portuaria de Barranquilla. Fuente: Unión Temporal Serman Saenz- Steer – INP, 2024 con base en (SGC, 2015) e (INVEMAR, 2008)

• Geomorfología

En la siguiente figura se presentan las unidades geomorfológicas de la Zona Portuaria de Barranquilla.

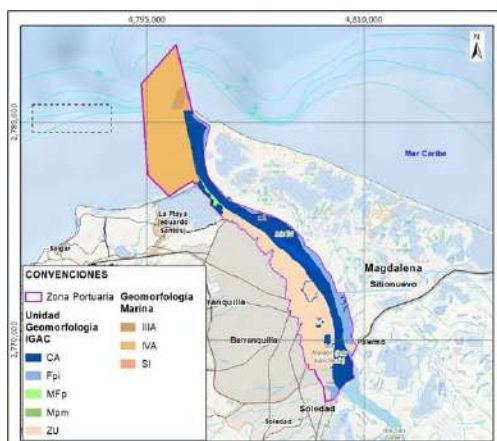


Figura 7-3 Mapa de unidades geomorfológicas de la Zona Portuaria de Barranquilla. Fuente: Unión Temporal Serman Saenz-Steer – INP, 2024 con base en (IGAC, 2017) e (INVEMAR, 2011)

• **Hidrogeología**

En la siguiente figura se presentan las unidades hidrogeológicas de la Zona Portuaria de Barranquilla.

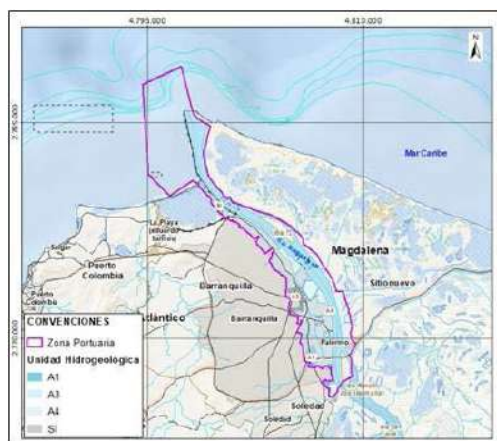


Figura 7-4 Mapa de unidades hidrogeológicas de la Zona Portuaria de Barranquilla. Fuente: Unión Temporal Serman Saenz-Steer – INP, 2024 con base en (INGEOMINAS, 2003).

7.2.2 Medio Biótico

• **Coberturas de la tierra**

Para la Zona portuaria de Barranquilla, la cobertura marina es la más extensa, abarcando 2827,13 hectáreas, lo que representa el 39,15% del total. El río ocupa 1727,71 hectáreas, equivalentes al 23,92%. Los pantanos costeros cubren 196,51 hectáreas, o el 2,72%, mientras que la vegetación acuática sobre cuerpos de agua tiene una superficie de 92,90 hectáreas, representando el 1,29%. Los pastos naturales abarcan 137,45 hectáreas, o el 1,90%, y el bosque denso bajo ocupa 34,04 hectáreas, correspondientes al 0,47%. Las lagunas costeras tienen una extensión de 61,59 hectáreas, lo que equivale al 0,85%, mientras que las zonas pantanosas cubren 57,23 hectáreas (0,79%). Las zonas arenosas naturales abarcan 15,33 hectáreas, representando el 0,21%, y las lagunas ocupan 0,49 hectáreas, o el 0,01%. Finalmente, las playas tienen una mínima superficie de 0,02 hectáreas, lo que equivale al 0,00%.

El territorio artificializado es la principal cobertura antropizada, con 1702,02 hectáreas, lo que representa el 23,57% del total. Los mosaicos de cultivos y pastos ocupan 138,07 hectáreas (1,91%), y los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales abarcan 131,90 hectáreas (1,83%). Los mosaicos de pastos con espacios naturales tienen una extensión de 99,78 hectáreas, equivalentes al 1,38%. En Tabla 7-2 se presentan las coberturas de la tierra para la Zona Portuaria de Barranquilla.

Tabla 7-2 Coberturas en la zona portuaria de Barranquilla

COBERTURA	ÁREA HA	%
Bosque denso bajo	34,04	0,47
Laguna	0,49	0,01
Laguna costera	61,59	0,85
Marino	2827,13	39,15
Mosaico de cultivos y pastos	138,07	1,91
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	131,90	1,83
Mosaico de pastos con espacios naturales	99,78	1,38
Pantano costero	196,51	2,72
Pastos	137,45	1,90
Playas	0,02	0,00
Rio	1727,71	23,92
Territorio artificializado	1702,02	23,57
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	92,90	1,29
Zonas arenosas naturales	15,33	0,21
Zonas pantanosas	57,23	0,79
	7222,19	100,00

En la siguiente figura se presenta la localización de las unidades de coberturas de la tierra dentro del polígono de la Zona Portuaria de Barranquilla.

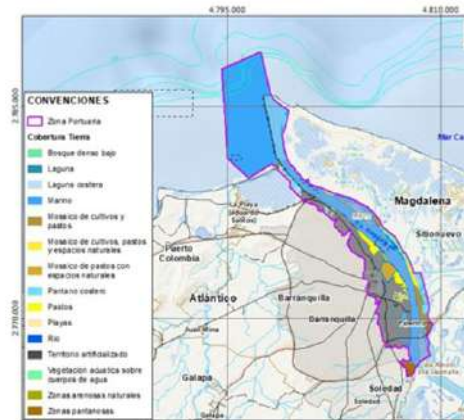


Figura 7-5 Unidades de cobertura de la tierra en la Zona Portuaria de Barranquilla

• **Áreas Protegidas**

En la figura siguiente se presenta la localización del Parque Nacional Natural Vía Parque Isla de Salamanca, respecto al polígono de la Zona Portuaria de Barranquilla.

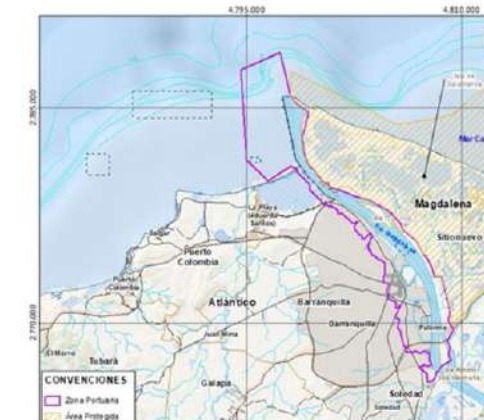


Figure 7-6 Localización del Área Protegida PNN Vía Parque Isla de Salamanca

7.3 Apéndice C: Diagnóstico Zona Costera entre Castillo de Salgar, Punta Roca y Ciénaga de los Manatíes.

El tramo comprendido entre Castillo de Salgar y Playas del Country se clasifica como una costa en retroceso activo, con tasas de erosión promedio de 1,5 a 3,5 metros por año, llegando a superar los 5 metros en zonas sin protección. Aunque obras como los espolones han estabilizado sectores puntuales, no solucionan el déficit sedimentario regional, dejando expuestas áreas vecinas como la del sector de la Arquidiócesis. La literatura técnica advierte que intervenciones mayores, como la propuesta de una marina en el Castillo de Salgar, podrían alterar aún más el transporte litoral, por lo que se requieren soluciones integrales a escala regional y no medidas aisladas.

En el sector de Punta Roca, la vulnerabilidad costera se ve acentuada por una geología de rocas blandas susceptible a la erosión marina y por patrones de oleaje que desplazan los sedimentos hacia el suroeste. Esta inestabilidad natural ha sido agravada por la intervención humana, incluyendo la urbanización sin planificación que sobrecarga los taludes y

la extracción de conchas que elimina barreras protectoras naturales. A pesar de ser diagnosticada como una zona de alta amenaza, existe una fragmentación en los datos específicos sobre las tasas de retroceso locales y una falta de planes concretos de defensa o manejo costero para este punto específico.

Finalmente, en la Ciénaga de los Manatíes sufre un deterioro crítico marcado por la intrusión marina, la pérdida de manglar y la hipersalinidad, causados por la obstrucción de su conexión con el arroyo León y la expansión urbana desordenada que ha reducido su capacidad de amortiguamiento. Para mitigar su colapso ecológico, los expertos recomiendan restaurar el intercambio hídrico y controlar la sedimentación antrópica mediante un monitoreo continuo.

A continuación, se presenta una figura con la ubicación de la desembocadura del río Magdalena y los tres sectores en estudio. Más adelante se presentan en diferentes capítulos los resultados de una investigación de estudios, artículos, documentos realizados por INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras), CRA (Corporación Autónoma Regional del Atlántico: Inicio), Universidad del Norte, artículos, entre otros.



7.3.1 Erosión Castillo de Salgar y playa Salgar

El corregimiento de Salgar, en el municipio de Puerto Colombia, se localiza dentro de uno de los tramos más dinámicos y frágiles del litoral Caribe colombiano. La evidencia técnica compilada por estudios universitarios, particularmente los desarrollados por la Universidad Nacional y la Universidad del Norte, demuestra que la erosión costera en este sector no responde a un fenómeno puntual ni reciente, sino a un proceso morfodinámico regional activo desde mediados del siglo XX, intensificado por intervenciones antrópicas y por la reorganización del sistema sedimentario asociado al río Magdalena.

El estudio de Vargas (2012), basado en análisis multitemporales de línea de costa entre 1935 y 2009 mediante sensores remotos y SIG, demuestra que la costa entre Punta Sabanilla y Puerto Colombia —donde se inserta Salgar— ha experimentado una migración sostenida de barras de arena y playas en dirección noreste–suroeste. Este proceso ha generado una pérdida progresiva del ancho de playa, la fragmentación de antiguas barras arenosas y la exposición directa de taludes costeros, lo cual coincide con los diagnósticos más recientes de INVEMAR sobre déficit sedimentario crónico en este tramo del litoral.

Desde el punto de vista geomorfológico, Salgar se caracteriza por una costa mixta, donde alternan playas arenosas de baja estabilidad con salientes rocosas asociadas a afloramientos de la Formación La Popa. Vargas (2012) identifica que estas unidades litológicas presentan una baja resistencia mecánica, con areniscas y arcillas poco compactadas que, al quedar expuestas a la acción directa del oleaje, desarrollan procesos simultáneos de erosión marina basal y remoción en masa. Esta condición explica la alta vulnerabilidad del sector del Castillo de Salgar, donde la presencia de bloques arrecifales aislados genera salientes costeras que resisten temporalmente la erosión, pero inducen concentración de energía del oleaje en los

flancos adyacentes, acelerando el retroceso de la línea de costa.

El análisis dinámico realizado en los estudios revisados confirma que el comportamiento erosivo de Salgar está controlado principalmente por el transporte litoral dominante, inducido por oleaje incidente del noreste y corrientes costeras persistentes hacia el suroeste. La migración histórica de barras de arena marinas, evidencia que gran parte del sedimento disponible se desplaza fuera del sistema de playas de Salgar, sin posibilidad de reposición natural. Este patrón es consistente con los modelos conceptuales de INVEMAR y DIMAR, que señalan que el sistema litoral del Atlántico norte funciona actualmente como un sistema abierto con pérdida neta de sedimentos.

La influencia antrópica ha sido determinante en la aceleración de estos procesos. Vargas (2012) señala que la canalización del río Magdalena en Bocas de Ceniza alteró profundamente la distribución regional de sedimentos, favoreciendo la deposición en zonas profundas y reduciendo el aporte efectivo a las playas del Atlántico. A esto se suma la ocupación intensiva del borde costero en Salgar y en el sector de playas de Country (ver figura), donde la construcción de viviendas, vías y estructuras rígidas sobre terrazas marinas denudadas ha incrementado la sobrecarga en los taludes costeros y ha reducido la capacidad natural de disipación del oleaje. La evidencia de procesos de remoción en masa asociados a estas sobrecargas es recurrente en los sectores intervenidos.

Los estudios más recientes de la Universidad del Norte, como el de Anaya (2022), refuerzan este diagnóstico al señalar que la dinámica costera actual en Salgar corresponde a un estado morfodinámico altamente inestable, donde los eventos de oleaje extremo —asociados a frentes fríos y mar de fondo— generan retrocesos abruptos de la línea de costa, sin fases claras de recuperación. Este comportamiento confirma que las playas del sector han perdido su resiliencia natural y dependen, en la práctica, de intervenciones artificiales para su permanencia.

En este contexto se enmarcan las obras de protección ejecutadas en las playas del Country y Salgar por la Gobernación del Atlántico y la Alcaldía de Puerto Colombia. Las estructuras de tipo espolón han permitido estabilizar sectores puntuales y recuperar anchos de playa localmente, pero no modifican el desequilibrio sedimentario regional. Los estudios advierten que, sin un esquema de relleno artificial periódico y sin continuidad longitudinal de las obras, los procesos erosivos tienden a trasladarse a los sectores vecinos, manteniendo el problema a escala regional.

En el caso del Castillo de Salgar, la literatura académica coincide en que cualquier intervención debe priorizar la protección del pie del talud frente a la socavación marina y el control del drenaje superficial, antes que el desarrollo de infraestructuras mayores como marinas. Los estudios disponibles indican que una marina mal ubicada podría alterar aún más el transporte litoral y generar impactos erosivos adicionales aguas abajo, razón por la cual la Gobernación no ha avanzado en su ejecución sin estudios hidrosedimentológicos concluyentes.

Finalmente, en el sector asociado a la Arquidiócesis (ver figura abajo), los diagnósticos técnicos de la CRA y los

patrones identificados por Vargas (2012) muestran que se trata de una zona inserta dentro del mismo sistema erosivo activo, caracterizada por la ausencia de playas funcionales y por la exposición directa de infraestructura al oleaje. La falta de intervenciones hasta la fecha no obedece a la ausencia de diagnóstico, sino a la complejidad técnica de actuar en un sistema costero que requiere soluciones integrales y no puntuales.

En síntesis, la integración de los estudios de INVEMAR, DIMAR y la CRA confirma que la erosión en Salgar es un proceso estructural, controlado por la dinámica litoral regional, el déficit sedimentario inducido por el río Magdalena y la alta intervención antrópica del borde costero. Desde la ingeniería costera, cualquier solución efectiva debe concebirse a escala regional, combinar obras duras y blandas, e incorporar monitoreo continuo de la línea de costa, ya que las intervenciones aisladas solo ofrecen alivios temporales frente a un sistema morfodinámico altamente activo.

El comportamiento de la línea de costa mediante estudios multitemporales de DIMAR-CIOH Caribe, basados en análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales (1954–2022), clasifican el tramo Castillo de Salgar – Playa de



Salgar – Playa de Country como una costa en retroceso activo, con tasas promedio de erosión que oscilan entre: 1,5 m/año a 3,5 m/año en sectores abiertos y valores puntuales superiores a 5 m/año en zonas sin estructuras de control. INVEMAR también encontró que el sector puede tener incrementos del nivel medio del mar, entre 2,8 y 3,6 mm/año para el Caribe colombiano.

7.3.2 Erosión costera en Punta Roca

Las características morfodinámicas: en Punta Roca forman parte de la plataforma rocosa del Caribe norcolombiano. Geológicamente aflora la Formación La Popa (Mioceno-Plioceno), compuesta por areniscas calcáreas con intercalaciones de calizas arrecifales. En particular, la unidad Qpp3 de La Popa consiste en “arenas blancas y amarillas con niveles de arcillas y grandes grumos de calizas arrecifales” de grano medio a grueso, “deleznables y friables”. Esta litología blanda favorece la erosión marina. Morfológicamente, Punta Roca se caracteriza por un acantilado rocoso adyacente a playas angostas de arena y conchal. El oleaje dominante proviene del noreste, generando corrientes litorales hacia el suroeste que transportan sedimentos desde la desembocadura del Magdalena en dirección a Punta Roca. Este patrón ha conducido a la acumulación de barras de arena y playas hacia el suroeste, configurando la morfología litoral del sector. La costa de Punta Roca presenta barreras arenosas dinámicas (barras y playas móviles) junto a escarpes de roca carbonatada susceptible a socavación, en un marco de rápida migración litoral.

Con respecto a las causas posibles de la erosión costera, los datos disponibles muestran un claro proceso de retracción costera en Punta Roca y áreas vecinas. Estudios multitemporales en Puerto Colombia reportan “grandes retrocesos en su línea de costa” atribuibles a erosión marina intensa y deslizamientos en taludes saturados por sobrecarga edificada. Se estima que la continua migración

de sedimentos desde el NE hacia el SW podría, lo que afecta directamente la franja costera de Punta Roca. Aunque no hay mediciones puntuales publicadas solo para Punta Roca, la CRA documenta que entre 2004 y 2025 la línea de costa en la cercana Ciénaga de los Manatíes retrocedió notablemente, con pérdida de manglar y ensanche de la laguna; las imágenes satelitales de 2016 vs. 2025 muestran aumento del espejo de agua y tonalidad más clara del terreno, indicio de intrusión marina en la barra costera. Además, INVEMAR reportó condiciones “inadecuadas” de calidad del agua marino-costera en Punta Roca (altas concentraciones de sólidos suspendidos y nutrientes) durante evaluaciones en campo, reflejo de la elevada carga sedimentaria y materia orgánica movilizadas por la erosión. (Invemar Informe Del Estado de Los Recursos Marinos de Colombia – 2010)

Los impactos humanos han amplificado la erosión costera en Punta Roca. La urbanización desordenada en la franja litoral (construcción de viviendas) incrementa la escorrentía y sobrecarga taludes costeros, generando remoción en masa y exponiendo suelos al ataque marino. Estudios recientes denuncian la extracción indiscriminada de conchas de moluscos en las playas de Punta Roca, una actividad para usos decorativos que elimina el “refugio” natural de fauna y entregables estabilizadores del sedimento. Al respecto, se señala que “al retirarlas, se exacerban problemas como la erosión costera”. La fragmentación y cimentación en el litoral reducen los espacios de acumulación de arena y dañan vegetación costera (manglar, especies herbáceas) que actúa como barrera protectora. En el sector de Punta de Roca la ocupación sin planificación ha intensificado localmente los procesos erosivos.

El fenómeno erosivo en Punta Roca es complejo y requiere enfoques integrados. Las fuentes oficiales y académicas consultadas (INVEMAR, CRA, Universidad del Norte, Atlántico) coinciden en el diagnóstico general: Punta Roca es un sector de alta vulnerabilidad costera con tendencias erosivas claras. Sin embargo, la información específica es fragmentaria. Muchos estudios citados (por ejemplo

Vargas 2012, Rivillas-Ospina et al.) cubren el litoral de Puerto Colombia en su conjunto o sectores contiguos (Ciénaga de Mallorquín), por lo que faltan datos localizados de retroceso y dinámica para Punta Roca en particular. Esto complica cuantificar tasas de erosión actuales. Además, aunque se reconocen causas naturales (mareas altas, oleajes de tormenta, eventos ENSO) y antropogénicas, no siempre se distingue su peso relativo en el sitio. Las medidas planteadas carecen de una coordinación sólida: por ejemplo, a pesar de la advertencia de riesgo alta, no hay un plan concreto publicado de obras de defensa o de manejo costero. Adicionalmente, los instrumentos normativos (POMCA Atlántico, Plan de Ordenamiento Territorial) necesitan integrarse mejor con la gestión costera. En síntesis, la erosión en Punta Roca exige una estrategia de adaptación litoral rigurosa, apoyada en datos técnicos actualizados y en el compromiso de autoridades ambientales y de ordenamiento.

7.3.3 Erosión y degradación ambiental de la ciénaga de los manatíes

La Ciénaga de los Manatíes es una laguna costera de baja profundidad situada en el límite noroccidental del departamento del Atlántico, en jurisdicción del municipio de Puerto Colombia. Este cuerpo de agua se ubica en la subcuenca 1401-1 de la cuenca del litoral Atlántico, caracterizándose por una forma alargada y una barra de arena de aproximadamente 0,63 km que la separa del mar Caribe, lo que históricamente reguló su dinámica hidráulica entre entradas de agua dulce por escorrentías y pulsos marinos estacionales desde el Caribe. (Ariza-Pérez, D. & I. M. León-Luna, M. 2020. Variación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica de la Ciénaga de los Manatíes, Atlántico, Colombia. *Cymbella* 6(2): 63-77).

El deterioro de la Ciénaga de los Manatíes ha estado acompañado de cambios morfodinámicos y ecológicos

importantes. Monitoreos multitemporales realizados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) han mostrado una reducción del bosque de manglar asociada al cuerpo de agua, así como un cambio en su coloración observable mediante imágenes satelitales, lo que se interpreta como intrusión marina y pérdida de profundidad del espejo de agua. Dichas observaciones coinciden con el proceso descrito por expertos, según el cual la conectividad entre el arroyo León y la ciénaga fue obstruida por obras civiles y alteraciones del drenaje, provocando una transformación de la dinámica estuarina original hacia un régimen dominado por salinidad más alta y reducción de hábitat para especies ligadas a condiciones menos salinas.

Aunque los estudios técnicos exclusivos para la Ciénaga de los Manatíes son menos abundantes que para otros sistemas lagunares mayores (como la Ciénaga de Mallorquín o la Ciénaga Grande de Santa Marta), la zonificación actualizado por INVEMAR y CRA clasifica este humedal dentro de zonas de alta vulnerabilidad costera, lo que responde a la combinación de erosión del litoral adyacente, pérdida de vegetación hidrófila (manglar) y cambios en la dinámica hidrológica generados por la alteración de cauces y drenajes fluviales en la región. (Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del Departamento del Atlántico, caribe colombiano. INVEMAR. Junio 2005)

Además de estos factores naturales, la degradación de la Ciénaga de los Manatíes está fuertemente influenciada por presiones antrópicas. La expansión de construcciones ribereñas como cabañas y clubes alrededor de la ciénaga ha reducido la cobertura de vegetación natural y ha disminuido la capacidad del humedal para amortiguar cambios de salinidad y sedimentación. Expertos ambientales han señalado que esta ocupación informal no solo altera el paisaje, sino que contribuye a la pérdida de biodiversidad y la invisibilidad institucional del ecosistema, lo que dificulta su monitoreo y manejo participativo.

Si bien la Ciénaga de los Manatíes es un ecosistema lagunar y no costero per se, su situación está estrechamente ligada al proceso de erosión costera y a la dinámica litoral del Atlántico norte. Publicaciones técnicas sobre erosión costera en el Caribe colombiano, elaboradas por INVEMAR, muestran que la erosión no solo afecta playas, sino que también contribuye a la modificación de lagunas costeras y cuerpos de agua asociados al litoral, desplazando sedimentos que influyen en la morfología de las barras arenosas y, por ende, en la conexión entre laguna y mar. Esto significa que cambios bien estudiados por INVEMAR en los patrones de transporte litoral y erosión pueden reflejarse en la dinámica de ciénagas adyacentes como los Manatíes.

El manejo y mitigación del deterioro de la Ciénaga de los Manatíes requiere, según las fuentes técnicas disponibles, un enfoque integrado y multidimensional. Las evaluaciones de la CRA y de expertos ambientales coinciden en la necesidad de restaurar el intercambio hídrico entre fuentes de agua dulce y el mar Caribe, recuperar la cobertura de manglar, controlar las fuentes de sedimentación antropogénica y diseñar sistemas de drenaje que permitan la conectividad funcional durante todo el año. Esto también implica la rehabilitación de corredores fluviales como el arroyo León y la creación de programas de monitoreo a largo plazo de salinidad, oxígeno disuelto y parámetros físicoquímicos del agua, posiblemente en alianza con redes como REDCAM desarrolladas por la CRA e INVEMAR para la vigilancia ambiental costera y lagunar. Técnicamente, el fenómeno de la degradación de la Ciénaga de los Manatíes puede interpretarse como una combinación de procesos de colmatación, alteración hidráulica, intrusión salina y pérdida de vegetación ribereña, exacerbados por la erosión costera y la ocupación del litoral. Si no se implementan medidas integrales basadas en monitoreo científico continuo y planificación territorial alineada con la dinámica natural del sistema, este ecosistema lagunar podría seguir perdiendo funcionalidad ecológica y su capacidad para actuar como amortiguador biológico y físico frente a eventos climáticos extremos.

7.4 Apéndice D: Imágenes Google Earth para el análisis costos beneficios



Ilustración 7-1: Area de erosión 2030

Tabla 7-3: Coordenadas de áreas de erosión 2030

X	Y	Z	NAME
-74,92254117	11,03846118	0	Line Measure - 2030 #12
-74,9349147	11,02039694	0	Line Measure - 2030 #13
-74,93644197	11,01991165	0	Line Measure - 2030
-74,9268393	11,02474299	0	Line Measure - 2030 #2
-74,92833543	11,02373324	0	Line Measure - 2030 #3
-74,92975515	11,02260844	0	Line Measure - 2030 #5
-74,93153249	11,02195595	0	Line Measure - 2030 #6
-74,93297425	11,02141108	0	Line Measure - 2030 #7
-74,92418802	11,02684248	0	Line Measure- 2030 #8
-74,921741	11,02924463	0	Line Measure - 2030 #9
-74,92113936	11,03288717	0	Line Measure - 2030 #10
-74,92133686	11,03577102	0	Line Measure - 2030 #11
-74,92294914	11,02805971	0	Area - 2030



Ilustración 7-2: Area de Erosión - 2040

Tabla 7-4: Coordenadas de áreas de erosión 2040

X	Y	Z	NAME
-74,92401402	11,02674865	0	Line measure - 2040
-74,93635265	11,01957987	0	Line Measure - 2040 #1
-74,93476159	11,0200893	0	Line Measure - 2040 #2
-74,93284052	11,02109149	0	Line Measure - 2040 #3
-74,93141973	11,02162842	0	Line Measure - 2040 #4
-74,92957615	11,02230091	0	Line Measure - 2040 #5
-74,92814372	11,02344379	0	Line Measure - 2040 #6
-74,92662708	11,02446542	0	Line Measure - 2040 #7
-74,925256	11,02563522	0	Line Measure - 2040 #8
-74,92390155	11,02678934	0	Line Measure - 2040 #9
-74,92143691	11,02906837	0	Line Measure - 2040 #10
-74,92074598	11,03142242	0	Line Measure - 2040 #11
-74,92078943	11,03285496	0	Line Measure - 2040 #12
-74,92059821	11,03439046	0	Line Measure - 2040 #13
-74,92098514	11,03577473	0	Line Measure - 2040 #14
-74,92218424	11,03846377	0	Line Measure - 2040 #15
-74,92267897	11,02800553	0	Area 2040



Ilustración 7-3: Area de Erosión 2050

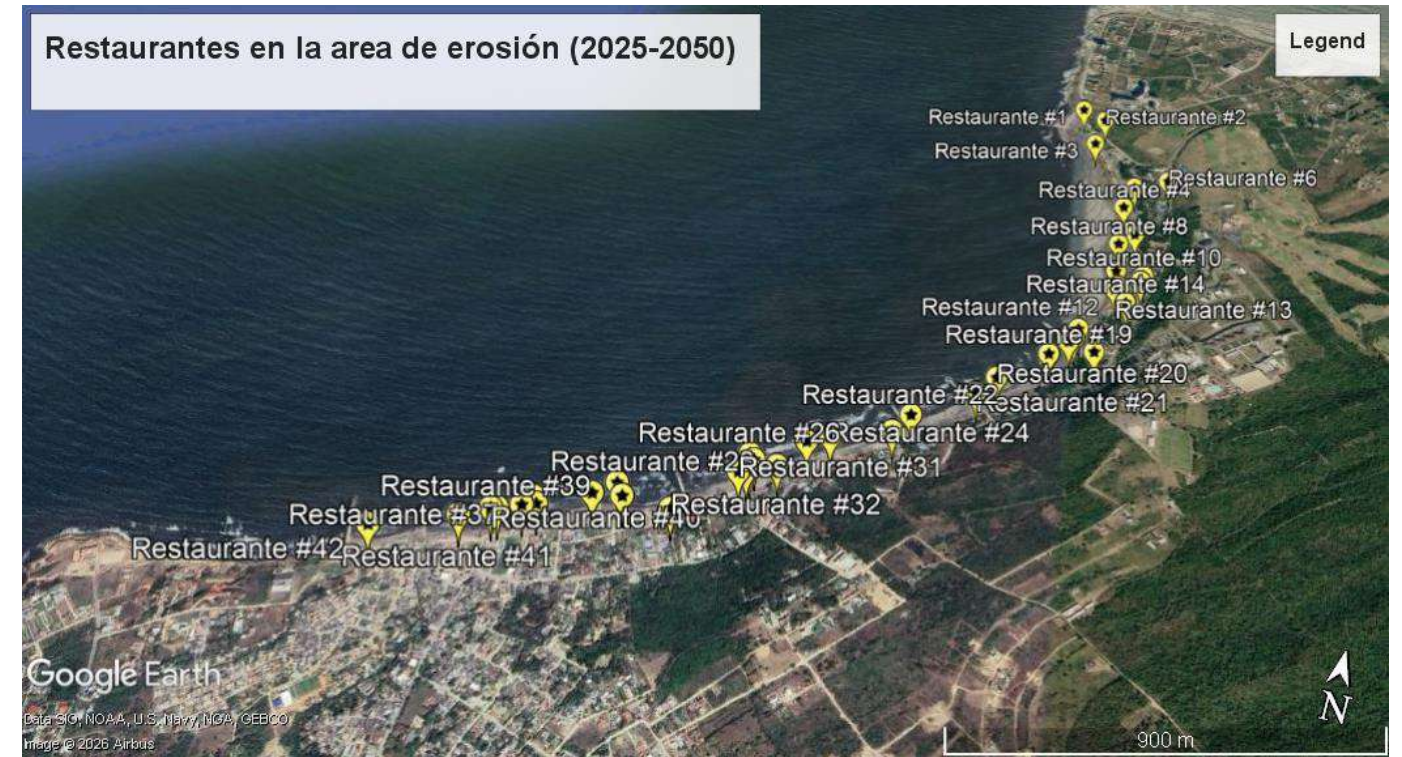


Ilustración 7-4: Restaurantes en el área de erosión (2025-2050)

Tabla 7-5: Coordenadas de áreas de erosión 2050

X	Y	Z	NAME
-74,93623042	11,01913937	0	Line Measure - 2050 #1
-74,93456936	11,01967641	0	Line Measure - 2050 #2
-74,9326771	11,02066157	0	Line Measure - 2050 #2
-74,93126184	11,02119863	0	Line Measure - 2050 #3
-74,92935115	11,02190068	0	Line Measure - 2050 #4
-74,9279038	11,02304691	0	Line Measure - 2050 #5
-74,92636094	11,02407832	0	Line Measure - 2050 #6
-74,92353878	11,02634251	0	Line Measure - 2050 #7
-74,92102672	11,02882895	0	Line Measure - 2050 #8
-74,92017894	11,03134773	0	Line Measure - 2050 #9
-74,92032788	11,03280436	0	Line Measure - 2050 #10
-74,92001881	11,03435972	0	Line Measure - 2050 #11
-74,92051898	11,03579527	0	Line Measure - 2050 #12
-74,92172554	11,03847936	0	Line Measure - 2050 #13
-74,92144382	11,0290085	0	Area 2050

Tabla 7-6: Coordenadas Restaurantes en el área de erosión (2025-2050)

X	Y	Z	NAME
-74,92191211	11,03839514	0	Restaurante #1
-74,92128943	11,03799773	0	Restaurante #2
-74,92153135	11,03678176	0	Restaurante #3
-74,92070124	11,0340588	0	Restaurante #4
-74,92042694	11,03499637	0	Restaurante #5
-74,9195299	11,03549619	0	Restaurante #6
-74,92039929	11,03297065	0	Restaurante #7
-74,92080705	11,03249265	0	Restaurante #8
-74,92084846	11,0313956	0	Restaurante #9
-74,92017071	11,03138111	0	Restaurante #10
-74,92023981	11,03115492	0	Restaurante #11
-74,92078766	11,03082399	0	Restaurante #12
-74,92086583	11,03069362	0	Restaurante #13
-74,92059932	11,03026834	0	Restaurante #14
-74,92169463	11,02904566	0	Restaurante #15
-74,92179192	11,02869988	0	Restaurante #16
-74,92190484	11,0285516	0	Restaurante #17
-74,9213017	11,02835125	0	Restaurante #18
-74,9223441	11,02802872	0	Restaurante #19
-74,9234813	11,02695148	0	Restaurante #20
-74,92389925	11,02633945	0	Restaurante #21
-74,9252685	11,02532284	0	Restaurante #22
-74,92561215	11,02474133	0	Restaurante #23
-74,9269291	11,02423562	0	Restaurante #24
-74,92741088	11,02398502	0	Restaurante #25

Tabla 7-6: Coordenadas Restaurantes en el área de erosión (2025-2050)

X	Y	Z	NAME
-74,92855331	11,02333629	0	Restaurante #26
-74,9284329	11,02319379	0	Restaurante #27
-74,92790732	11,02315274	0	Restaurante #28
-74,92848116	11,02295685	0	Restaurante #29
-74,92853307	11,02285596	0	Restaurante #30
-74,92869146	11,02279422	0	Restaurante #31
-74,92985315	11,02147211	0	Restaurante #32
-74,93094828	11,0215501	0	Restaurante #33
-74,93115818	11,02186078	0	Restaurante #34
-74,93159446	11,02146805	0	Restaurante #35
-74,93277381	11,02106748	0	Restaurante #36
-74,93294761	11,02080318	0	Restaurante #37
-74,93266227	11,02090622	0	Restaurante #38
-74,93342626	11,02060492	0	Restaurante #39
-74,93355632	11,02056231	0	Restaurante #40
-74,93415099	11,02023721	0	Restaurante #41
-74,93589724	11,0195511	0	Restaurante #42

Tabla 7-7: Coordenadas viviendas en el área de erosión (20202 - 2050)

X	Y	Z	NAME
-74,92051176	11,03255322	0	V1
-74,92060797	11,03250556	0	V2
-74,92044876	11,03267527	0	V3
-74,92054639	11,03233398	0	V4
-74,92063212	11,03203608	0	V5
-74,92061196	11,03145828	0	V6
-74,92050858	11,03140094	0	V7
-74,92034544	11,03123488	0	V8
-74,9205024	11,03116173	0	V9
-74,92051044	11,03098324	0	V10
-74,92072239	11,03038533	0	V11
-74,92101375	11,03090073	0	V12
-74,9205115	11,03084644	0	V13
-74,92063197	11,03029212	0	V14
-74,92068854	11,03016011	0	V15
-74,92098286	11,03021983	0	V16
-74,92109861	11,03031635	0	V17
-74,92073494	11,02999568	0	V18
-74,92086509	11,02977067	0	V19
-74,92160185	11,02984821	0	V20
-74,92177987	11,02997321	0	V21
-74,92178685	11,0295998	0	V22
-74,92119417	11,02993285	0	V23
-74,92089877	11,02960011	0	V24
-74,92118867	11,02959798	0	V25
-74,92127939	11,02976	0	V26
-74,92135162	11,02955008	0	V27
-74,92100676	11,02939826	0	V28
-74,92116985	11,02928697	0	V29
-74,92169043	11,02941657	0	V30
-74,92102401	11,02921984	0	V31
-74,92165011	11,02912363	0	V32
-74,92179145	11,02876701	0	V33
-74,92189788	11,02855406	0	V34
-74,92130887	11,02842491	0	V35
-74,92161235	11,0281529	0	V36
-74,9217151	11,02799921	0	V37
-74,92250493	11,02789115	0	V38
-74,92228104	11,02752522	0	V39
-74,9222392	11,02745078	0	V40
-74,92232094	11,02741609	0	V41
-74,92227647	11,02737012	0	V42
-74,92252267	11,02726241	0	V43
-74,92279183	11,02715687	0	V44
-74,92295972	11,02715926	0	V45
-74,92287661	11,02701701	0	V46
-74,92319529	11,02694955	0	V47
-74,92342421	11,02702599	0	V48
-74,92352953	11,02692172	0	V49
-74,92361263	11,02642927	0	V50
-74,9236616	11,02652338	0	V51
-74,92374023	11,02663689	0	V52
-74,92420296	11,02612211	0	V53
-74,92446926	11,02609804	0	V54
-74,92430697	11,02586109	0	V55
-74,92449793	11,02583687	0	V56

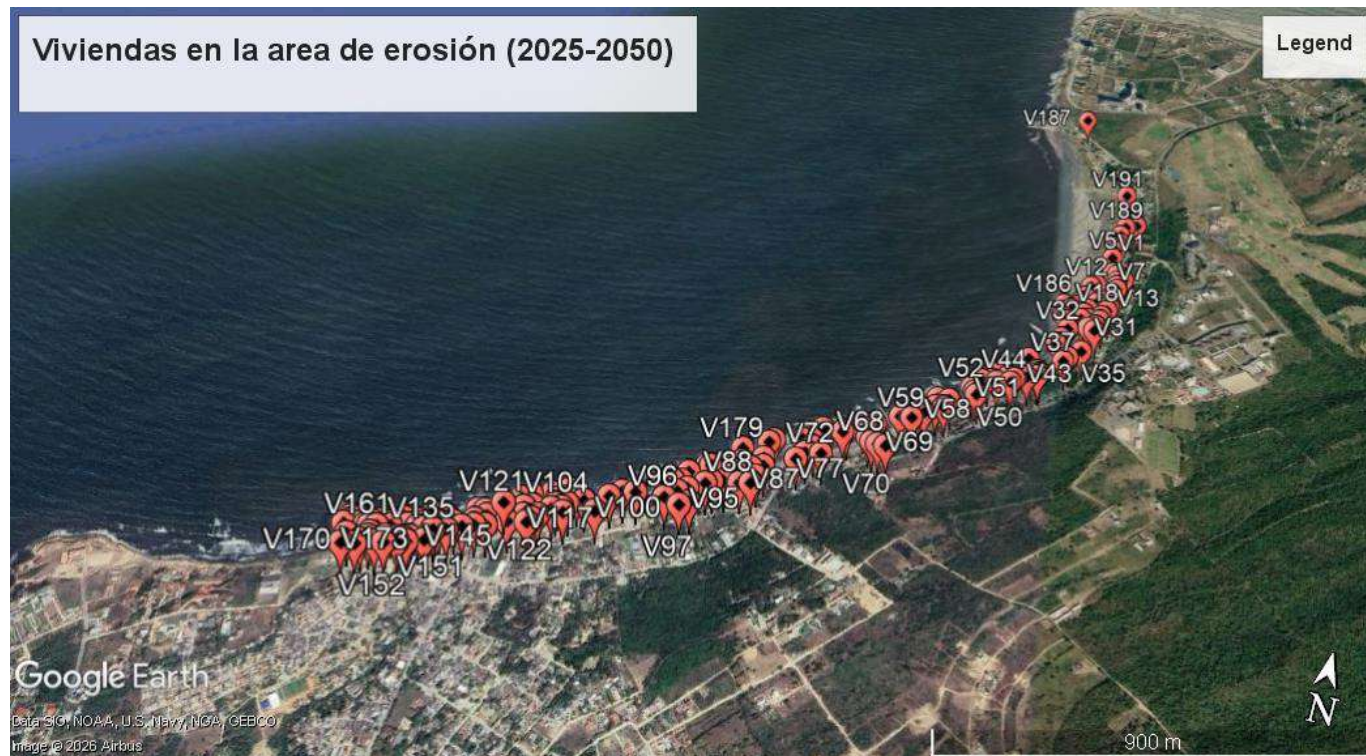


Ilustración 7-5: Viviendas en el área de erosión (2025-2050)

Tabla 7-7: Coordenadas viviendas en el área de erosión (20202 - 2050)

X	Y	Z	NAME
-74,92482759	11,02572716	0	V57
-74,92472222	11,02558051	0	V58
-74,92497224	11,02537256	0	V59
-74,92522978	11,02534465	0	V60
-74,92573793	11,0249781	0	V61
-74,92594029	11,02490862	0	V62
-74,92603098	11,02491908	0	V63
-74,92592129	11,0248188	0	V64
-74,92634923	11,02464941	0	V65
-74,926421	11,02457631	0	V66
-74,92585509	11,02455785	0	V67
-74,92575422	11,02445032	0	V68
-74,92543121	11,02440518	0	V69
-74,92561488	11,02441453	0	V70
-74,92686237	11,02456238	0	V71
-74,92678022	11,02384542	0	V72
-74,92724249	11,02414858	0	V73
-74,92698812	11,02398808	0	V74
-74,92713155	11,02378216	0	V75
-74,92785843	11,0239776	0	V76
-74,92729189	11,02355861	0	V77
-74,92798369	11,02341633	0	V78
-74,92818625	11,02307748	0	V79
-74,92794368	11,02318931	0	V80
-74,92804327	11,02287283	0	V81
-74,92849474	11,02291905	0	V82
-74,92872642	11,02303802	0	V83
-74,92905509	11,02292468	0	V84
-74,92914367	11,02290752	0	V85
-74,92869201	11,02257673	0	V86
-74,92811511	11,02266596	0	V87
-74,92835027	11,02261627	0	V88
-74,92893317	11,02249649	0	V89
-74,92906258	11,02241941	0	V90
-74,92939757	11,02219488	0	V91
-74,92958649	11,02237497	0	V92
-74,92993629	11,02225973	0	V93
-74,92958863	11,02206269	0	V94
-74,92927022	11,02184291	0	V95
-74,92982295	11,0218482	0	V96
-74,92946413	11,02173064	0	V97
-74,93045435	11,02182173	0	V98
-74,93073374	11,02176934	0	V99
-74,93115368	11,02112929	0	V100
-74,9309682	11,02158209	0	V101
-74,93146025	11,0213418	0	V102
-74,93186289	11,02105408	0	V103
-74,93177473	11,02117747	0	V104
-74,93202755	11,02110732	0	V105
-74,93181079	11,02132233	0	V106
-74,93202841	11,02123835	0	V107
-74,93206885	11,0209751	0	V108
-74,93166305	11,02144576	0	V109
-74,93184831	11,0215502	0	V110
-74,93217532	11,02136629	0	V111
-74,93179932	11,02094118	0	V112

Tabla 7-7: Coordenadas viviendas en el área de erosión (20202 - 2050)

X	Y	Z	NAME
-74,93229727	11,02074675	0	V113
-74,9324791	11,0209457	0	V114
-74,93258333	11,02067188	0	V113
-74,93264213	11,02087008	0	V114
-74,93260703	11,02123444	0	V115
-74,93276962	11,02108653	0	V116
-74,93245715	11,02051299	0	V117
-74,93239363	11,02062914	0	V118
-74,93286561	11,02043726	0	V119
-74,93288497	11,02060755	0	V120
-74,93310622	11,02087756	0	V121
-74,93326647	11,02023352	0	V122
-74,93332765	11,02047254	0	V123
-74,93356416	11,02056156	0	V124
-74,93353568	11,02031007	0	V125
-74,93349887	11,02017423	0	V126
-74,93373285	11,02007668	0	V127
-74,93394563	11,02014289	0	V128
-74,9342709	11,02026884	0	V129
-74,93412255	11,02024115	0	V130
-74,93402711	11,01993222	0	V131
-74,93422332	11,01993481	0	V132
-74,93423899	11,02006551	0	V133
-74,93405875	11,02005286	0	V134
-74,93429085	11,01985932	0	V135
-74,93430877	11,01997496	0	V136
-74,93443234	11,02024704	0	V137
-74,93439914	11,01998106	0	V138
-74,93449861	11,01998227	0	V139
-74,93448056	11,01984293	0	V140
-74,93463169	11,02000359	0	V141
-74,93462703	11,01984367	0	V142
-74,93500004	11,01998199	0	V143
-74,93500397	11,0198313	0	V144
-74,93436221	11,01957146	0	V145
-74,93467536	11,01956906	0	V146
-74,93484456	11,01983836	0	V147
-74,93471239	11,01944941	0	V148
-74,93481071	11,01950472	0	V149
-74,93490947	11,01949915	0	V150
-74,93489385	11,01939749	0	V151
-74,93515544	11,01931472	0	V152
-74,93519289	11,01986318	0	V153
-74,93518421	11,01946345	0	V154
-74,93519656	11,01973807	0	V155
-74,93527462	11,01978578	0	V156
-74,93535565	11,01970187	0	V157
-74,93543563	11,01980813	0	V158
-74,93547055	11,01966112	0	V159
-74,93534431	11,01927143	0	V160
-74,93562959	11,01963328	0	V161
-74,93565061	11,01974441	0	V162
-74,93552956	11,0193687	0	V163
-74,93569154	11,01976897	0	V164
-74,93571497	11,01961515	0	V165
-74,93584851	11,01962987	0	V166

Tabla 7-7: Coordenadas viviendas en el área de erosión (20202 - 2050)

X	Y	Z	NAME
-74,93609429	11,01962456	0	V167
-74,93553719	11,01946992	0	V168
-74,93565325	11,01924654	0	V169
-74,93572392	11,01914224	0	V170
-74,93599468	11,01932889	0	V171
-74,93617367	11,01955382	0	V172
-74,93601374	11,01908411	0	V173
-74,93588128	11,0197532	0	V174
-74,93610197	11,01975262	0	V175
-74,93340144	11,02058619	0	V176
-74,92975105	11,02232559	0	V177
-74,92948313	11,02263065	0	V178
-74,9284919	11,02356678	0	V179
-74,92842686	11,02321171	0	V180
-74,92795831	11,02388196	0	V181
-74,92321007	11,02720007	0	V182
-74,92144973	11,02999627	0	V183
-74,92138865	11,03015763	0	V184
-74,92127108	11,03038936	0	V185
-74,92113566	11,03079633	0	V186
-74,92142404	11,03805625	0	V187
-74,92043527	11,03299574	0	V188
-74,92030888	11,03336243	0	V189
-74,92002668	11,03349039	0	V190
-74,92028536	11,03473528	0	V191



Ilustración 7-6: Hoteles en el área de erosión (2025-2050)

Tabla 7-8: Coordenadas Hoteles en el área de erosión (2025 - 2050)

X	Y	Z	NAME
-74,92115103	11,03024535	0	Hotel #4
-74,92555109	11,02510042	0	Hotel #5
-74,92620119	11,02471262	0	Hotel #6
-74,92748408	11,02402686	0	Hotel #7
-74,92785269	11,02352758	0	Hotel #8
-74,92894877	11,02248292	0	Hotel #9
-74,92956509	11,02215568	0	Hotel #10
-74,93228741	11,02093689	0	Hotel #11
-74,92080573	11,03533953	0	Hotel #1
-74,9206211	11,03453344	0	Hotel #2
-74,92145036	11,03736778	0	Hotel #12
-74,92071175	11,03338739	0	Hotel #3
-74,92109565	11,0364026	0	Hotel #13
-74,93021621	11,02162339	0	Hotel #14
-74,93127976	11,02104857	0	Hotel #15
-74,92123427	11,0376788	0	Hotel #16
-74,93233406	11,02097037	0	Hotel #16

7.5 Apéndice E: Requisitos técnicos para las SbN propuestas

SbN	REQUISITOS FÍSICOS DEL SEDIMENTO	REQUISITOS QUÍMICOS DEL SEDIMENTO
Motor de arena	Arena fina a medianamente fina	No exceder el nivel de acción 2
Prevención de la erosión: Tubos geotextiles	Todos los tipos	Dependiente de la lixiviación (ley de calidad del agua)
Prevención de la erosión: rompeolas artificial	Bajo contenido de materia orgánica	No exceder el nivel de acción 2
Restauración de manglares	Limo, arcilla, turba	Depende del crecimiento de los manglares, pero no debe exceder el nivel de acción 2, a menos que esté contenido
Talud de tierra – Material de dique	Arcilla	No exceder el nivel de acción 2 ni los umbrales de calidad del suelo

7.6 Apéndice E: Requisitos técnicos para las SbN propuestas

ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
BwN	Building with Nature (Construir con la Naturaleza)
COT	Carbono Orgánico Total
Comagdalenia	Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (“Río Grande de la Magdalena” es el nombre histórico utilizado en la época colonial).
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil)
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social (Colombia)
DCS	Directrices de calidad de los sedimentos
DNP	Departamento Nacional de Planeación (Colombia)
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
INVIAS	Instituto Nacional de Vías (Colombia)
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis”
MinAmbiente	Ministerio de Ambiente (Colombia)
MinTransporte	Ministerio de Transporte (Colombia)
PCB	Bifenilo policlorado
PNDM	Plan Nacional de Dragados Marítimos (Colombia)
SbN	Solución(es) basada(s) en la Naturaleza

Colofón

ASESORAMIENTO POLÍTICO Y TÉCNICO SOBRE LOS USOS BENÉFICOS DE LOS SEDIMENTOS MARINOS DRAGADOS EN COLOMBIA, INCLUIDAS LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA. DESARROLLO DE UN ESTUDIO DE CASO TEÓRICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE SEDIMENTOS MARINOS DRAGADOS DE LA ZONA PORTUARIA DE BARRANQUILLA, PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE SBN.

AUTORES

Jorge Gaitan (JESyCA S.A.S)
Vivian Galvis (FHAC)
Camilo Diaz (FHAC)
Job Oude Vrielink (Arcadis B.V)
Jip Koster (NETICS B.V)

NUESTRA REFERENCIA

30249418

FECHA

24 de marzo 2026

ESTADO

Definitivo

VERIFICADO POR

Martijn Onderwater
Director técnico, Arcadis B.V

PUBLICADO POR

Jeroen Klooster
Jefe de proyecto, Arcadis B.V



El proyecto "Asesoramiento político y técnico sobre los usos benéficos de los sedimentos marinos dragados en Colombia, incluidas las soluciones basadas en la naturaleza" forma parte de la colaboración entre el Gobierno de los Países Bajos, a través del programa Partners for Water, y el Ministerio de Ambiente de Colombia, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Ministerio de Transporte. El proyecto fue ejecutado por un consorcio conformado por Arcadis, la Fundación Herencia Ambiental Caribe, JESyCA y Netics, en conjunto con entidades gubernamentales tanto de Colombia como de los Países Bajos.

