



Ministerio  
de Ambiente



Uruguay  
Presidencia



Financiado por  
la Unión Europea

Proyecto de Euroclima+  
Implementado por:



# IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN LA ZONA COSTERA DE URUGUAY EN EL MARCO DEL NAP COSTAS

CONTRATACIÓN DE EMPRESA CONSULTORA PARA EL  
DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DEL  
PROYECTO

PLAYA COLONIA DEL SACRAMENTO, PLAYA LA AGUADA,  
PLAYA ATLÁNTIDA

**ISTEC** - **dica**  
INGENIERÍA & asociados

# IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN LA ZONA COSTERA DE URUGUAY EN EL MARCO DEL NAP COSTAS

## PRODUCTO 3: INFORME DE PROPUESTAS, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y ANTEPROYECTO PARA PLAYA LA AGUADA - ROCHA

Noviembre 2023

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. PUNTOS ESTRATÉGICOS .....	5
2.1. Playa La Aguada, Rocha .....	5
3. MARCO LEGISLATIVO DE GESTIÓN TERRITORIAL .....	7
3.1. Legislación nacional.....	7
3.1.1. Ley Marco del Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Ley N° 18308/2008 y sus modificativas .....	7
3.1.2. Ley General de Protección del Medio Ambiente - Ley N° 17283/2000.....	8
3.1.3. Ley del Interés General de Protección del Medio Ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación - Ley N° 16466/1994 .....	8
3.1.4. Código de Aguas - Decreto-Ley N° 14859/1978 y sus modificativas.....	9
3.1.5. Ley de Centros Poblados - Ley N° 10723/1946, Ley N° 10866/1946 y sus modificativas .....	9
3.2. Instrumentos de ordenamiento territorial nacionales .....	10
3.2.1. Directriz Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible del Espacio Costero del Océano Atlántico y del Río de la Plata - Ley N° 19722/2019 .....	10
3.2.2. Directrices Nacionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Ley N° 19525/2017 .....	11
3.3. Instrumentos de ordenamiento territorial regionales.....	11
3.3.1. Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de la Región Este (EROT-Este) - Decreto N° 48/13 (Cerro Largo), Decreto N° 3166/13 (Lavalleja), Decreto N° 3919/13 (Maldonado), Decreto N° 02/2013 (Rocha), Decreto N° 360/013 (Podr Ejecutivo).....	11
3.4. Instrumentos de ordenamiento territorial departamentales.....	12
3.4.1. Rocha - Playa La Aguada .....	12

3.4.1.1. Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Decreto N° 3/2014.....	12
3.4.1.2. Ordenanza Costera - Plan de Ordenamiento y Desarrollo Sustentable de la Costa Atlántica - Decreto N° 12/2003 y modificativo Decreto de 2005 .....	13
3.4.1.3. Plan Local de Ordenamiento Territorial “Los Cabos” (Sector II de la Costa Atlántica) - Decreto N° 9/2014.....	15
3.4.1.4. Ordenanza General para la Edificación - Decreto de 15 de junio de 1998, actualizaciones en 2006 y 2017 .....	17
<b>4. PLAYA LA AGUADA, ROCHA .....</b>	<b>18</b>
4.1. Análisis de antecedentes de ordenamiento territorial y urbanos.....	18
4.1.1. Reconocimiento del ámbito territorial de trabajo .....	18
4.1.2. Somera recopilación y estudio de algún antecedente con eventual incidencia en la condición de la costa.....	18
4.1.2.1. Dinámicas territoriales .....	18
4.1.2.2. Catastro .....	20
4.1.2.3. Infraestructuras y servicios urbanos.....	22
4.1.2.4. Ocupación de suelo .....	22
4.1.2.5. Usos y temporalidad .....	23
4.1.2.6. Sociedad local y población flotante .....	23
4.1.2.7. Patrimonio natural, cultural .....	23
4.1.2.8. Marco legal de ordenamiento territorial.....	24
4.2. Visita al sitio.....	24
4.3. Clima marítimo.....	26
4.3.1. Datos utilizados .....	26
4.3.2. Viento .....	26
4.3.3. Nivel de mar .....	27

4.3.4.	Oleaje .....	29
4.3.4.1.	Propagación al sitio.....	29
4.3.5.	Caracterización estadística del clima marítimo .....	30
4.3.5.1.	Régimen medio de viento .....	30
4.3.5.2.	Régimen medio y extremo de nivel de mar .....	31
4.3.5.3.	Régimen medio y extremo de oleaje .....	32
4.3.5.4.	Régimen conjunto de altura de ola significativa y nivel de mar .....	36
4.3.5.5.	Régimen extremo de nivel de mar en playa .....	36
4.4.	Evolución histórica de la línea de costa .....	38
4.4.1.	Datos utilizados .....	38
4.4.2.	Tendencias .....	40
4.4.3.	Variabilidad a corto plazo.....	45
4.4.4.	Análisis de equilibrio en planta a largo plazo .....	48
4.5.	Transporte de sedimentos .....	50
4.5.1.	Potencial <i>bypass</i> de arena a través del cabo Santa María y el puerto de La Paloma	53
4.6.	Resumen de situación actual (línea base) .....	58
4.7.	Proyección de evolución de la línea de costa.....	64
4.7.1.	Proyección del retroceso por aumento del nivel medio del mar .....	65
4.8.	Estudio de drenaje pluvial .....	70
4.8.1.	Identificación infraestructura de descarga a la costa.....	70
4.8.1.	Caracterización y trazado de cuencas .....	71
4.8.2.	Estudio hidrológico de cuencas .....	72
4.9.	Diagnóstico de amenazas de inundación costera y erosión de playas .....	73
4.9.1.	Amenaza por inundación costera.....	73
4.9.2.	Amenaza por erosión de playas.....	75

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

4.10. Propuesta de alternativas .....	78
4.10.1. Criterios de diseño considerados PARA EL DISEÑO CONCEPTUAL DE ALTERNATIVAS .....	82
4.10.2. Consideraciones preliminares para la propuesta de alternativas.....	83
4.10.2.1. Respecto a las posibles NbS a ser implementadas en la zona .....	83
4.10.2.2. Respecto a la estabilización de los sedimentos en la zona .....	85
4.10.2.3. Respecto a la materialización de los rellenos de playa .....	86
4.10.3. Alternativas propuestas .....	86
4.10.3.1. Alternativas para el tramo sur .....	86
4.10.3.2. Alternativas para el tramo norte .....	88
4.10.3.3. Consideraciones y recomendaciones sobre las alternativas planteadas .....	102
4.10.4. Aspectos urbanos y sociales.....	103
4.10.4.1. Tramo Parque Andresito (sur).....	104
4.10.4.2. Tramo balneario La Aguada (norte) .....	105
4.10.5. Aspectos urbanos y sociales específicos de las alternativas propuestas .....	107
4.10.5.1. Gestión de los sedimentos.....	107
4.10.5.2. Dique exento.....	107
4.10.5.3. Retiro controlado de bienes e infraestructura amenazados.....	108
4.10.6. Aspectos ecosistémicos.....	113
4.10.6.1. Tipos de medidas de sur a norte.....	115
4.10.6.2. Acondicionamiento de descargas pluviales.....	117
4.10.6.3. Bosque y pradera costera .....	117
4.10.6.4. Equipamiento costero .....	118
4.10.7. Consideraciones generales a nivel de ordenamiento territorial .....	118
4.10.7.1. Modelo territorial .....	118
4.10.7.2. Zonificación .....	121

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

4.10.7.3. Parámetros de ocupación de suelo .....	123
4.10.7.4. Normas para la edificación.....	128
4.10.8. Aspectos económicos .....	130
4.10.8.1. Alcance.....	130
4.10.8.2. Evaluación económica de alternativas 1 a 4 .....	131
4.10.8.0. Puntos a contemplar en la evaluación de la alternativa 5.....	137
4.11. Selección de alternativa .....	138
4.12. Anteproyecto.....	138
4.12.1. Zona sur .....	138
4.12.1.1. Ecosistema dunar .....	139
4.12.1.2. Bosque costero.....	140
4.12.1.3. Infraestructura para uso sostenible .....	140
4.12.1.4. Reperfilado de playa (beach scraping).....	141
4.12.2. Zona norte .....	143
4.12.2.1. Perfil de playa mínimo objetivo .....	143
4.12.2.2. Configuración en planta y evolución temporal.....	150
4.12.2.3. Perfil tipo del relleno de arena .....	157
4.12.2.3.1. Perfil objetivo .....	157
4.12.2.3.2. Volumen a colocar en sitio y a extraer de la zona de préstamo .....	158
4.12.2.3.3. Procedimiento constructivo y perfil de relleno .....	158
4.12.2.4. Posibles zonas de préstamo .....	160
4.12.2.4.1. Recomendaciones para la caracterización de la zona de préstamo.....	163
4.12.2.5. Ecosistema dunar .....	164
4.12.2.6. Bosque costero nativo .....	165
4.12.2.7. Infraestructura para uso sostenible .....	165

4.12.3. Plan de monitoreo y seguimiento .....	165
4.12.3.1. Perfiles de playa .....	166
4.12.3.2. Granulometría de arena .....	167
4.12.3.3. Fotografías aéreas .....	168
4.12.3.4. Oleaje y nivel de mar .....	168
4.12.3.5. Monitoreo las de medidas NbS .....	168
4.12.4. Cercas captoras de arena .....	169
4.12.4.1. Confección cercas captoras para regeneración dunar .....	169
4.12.5. Acondicionamiento de descargas pluviales .....	174
4.12.5.1. Estudios hidrológicos .....	174
4.12.5.2. Diseño de la alcantarilla - cuenca 2 .....	175
4.12.5.3. Disipador de energía .....	175
4.12.6. Accesos a la playa .....	178
4.12.6.1. Accesibilidad al acceso de la playa .....	178
4.12.6.2. Acceso de la playa .....	179
4.12.7. Aspectos económicos .....	181
4.12.8. Evolución temporal .....	182
4.12.9. Aspectos ambientales .....	184
4.12.10. Recomendaciones para proyecto ejecutivo .....	189
4.12.10.1. Perspectiva de género a considerar en proyecto ejecutivo .....	189
5. ANEXO .....	190



## RESUMEN

En este informe se realiza un diagnóstico de los procesos costeros que ocurren en el arco de playa en estudio (La Aguada, Rocha) en la situación actual y la evolución esperada de este sector de la costa para los próximos años. Para la evolución, se evaluó también el posible impacto del cambio climático.

A modo de resumen, en el diagnóstico se identificaron dos situaciones diferentes para este arco de playa:

- a. La zona sur (próxima al puerto), que no se encuentra amenazada y presenta espacios suficientes para soportar eventos extremos sin que se vean amenazados bienes o infraestructura
- b. La zona Norte (próxima a la playa costa azul), que se encuentra amenazada, en retroceso y donde, en eventos extremos podría verse amenazada la infraestructura vial y las propiedades

Como alternativas, se identificaron:

- a. Para la **zona sur**

Se propone una serie de medidas blandas, en general basadas en la naturaleza, cuyo fin es propiciar la regeneración y fortalecimiento del ecosistema duna-playa, para que este pueda adaptarse de forma natural al cambio climático. Se propone también para esta zona evitar la construcción de obras de infraestructura en la zona comprendida entre la rambla y la playa, a fin de asegurar que esta zona se mantenga disponible para propiciar la adaptación de la playa al cambio climático.

- b. Para la **zona norte**

Se propusieron varias alternativas que se pueden agrupar en **3 grupos**:

1. **Relleno de playa**, que consisten básicamente en realizar un relleno de arena en la playa, generando una nueva línea de costa que cree los espacios necesarios

- para soportar eventos extremos sin que se vean amenazados bienes o infraestructura. Por la naturaleza de la dinámica en esta zona, este relleno deberá reiterarse cada 10 – 12 años o requerirá aportes periódicos importantes de arena.
2. **Estructuras de atenuación de oleaje + relleno de playa:** Consiste en la implementación de una serie de estructuras tipo “rompeolas” o “escolleras” para atenuar el oleaje juntamente con rellenos parciales de arena. De manera general en estas alternativas se propone generar estructuras de disipación tipo escolleras en dirección paralela a la costa, con diversas alternativas en cuanto a la distancia a la línea de costa y a la cota de coronamiento, abarcando una amplia gama de soluciones contemplando desde escolleras sumergidas que prácticamente no se verán hasta estructuras más altas, ubicadas desde distancias muy próximas a la línea de costa hasta zonas relativamente distantes. En cada una de las alternativas analizadas se presentan alternativas que no requieren inversiones importantes de mantenimiento y que generan los espacios necesarios para soportar eventos extremos sin que se vean amenazados bienes o infraestructura.
  3. **Retiro ordenado de la infraestructura,** que consiste en retirar la infraestructura existente (rambla, viviendas, etc.) de los espacios que se vean afectados por eventos extremos futuros.

Considerando diversos aspectos de este estudio, en conjunto con los diferentes actores de la contraparte, se decidió diseñar a nivel de anteproyecto la alternativa 1 (relleno de playa), que tiene algunos aspectos que resultan de interés considerar, destacándose entre ellos que es una alternativa de uso habitual, que es relativamente reversible (es decir, si no se hace mantenimiento, en unos años se volverá a un estado similar al actual) y que, por lo tanto, genera un espacio de tiempo de algunos años para evaluar los pasos a seguir. Además, se observa que, de implementarse esta solución, su monitoreo generará un banco de datos de gran utilidad para volver a analizar el problema en unos años y evaluar nuevamente estas alternativas contando con más información local que la disponible actualmente.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ritmo acelerado del cambio climático a nivel global y sus consecuencias, es una problemática a la que debe hacer frente y dar respuesta las políticas públicas. En este sentido, se creó el Plan Nacional de Adaptación para la zona costera de Uruguay (NAP Costas) en el año 2020, a cargo del Ministerio de Ambiente, en el marco del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC).

Los problemas producto del cambio y variabilidad climática, afectan a la población en su totalidad, desde los territorios que habitan, los ecosistemas que los rodean, hasta las infraestructuras que los sirven, siendo de suma importancia poder lograr la adaptación de los territorios y mitigación de las consecuencias.

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto “Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco de NAP Costas”, y tiene como objetivo el diseño a nivel de anteproyecto de las medidas de adaptación del proyecto para 3 sitios estratégicos escogidos como pilotos por parte del Ministerio de Medio Ambiente y del equipo de trabajo encargado del llamado. Los puntos seleccionados como piloto en este contrato de consultoría son la playa de Colonia del Sacramento, en el departamento de Colonia; la playa de La Aguada, en el departamento de Rocha y la playa de Atlántida perteneciente al departamento de Canelones. Las tres playas seleccionadas como áreas de estudio e intervención tienen comportamientos bien diferenciados naturalmente determinados por su ubicación

El trabajo se realiza en varias etapas: estudios básicos y análisis de antecedentes, generación de alternativas, comparación y selección de alternativas, y realización del anteproyecto de la alternativa que sea elegida para cada caso de estudio.

El presente informe, correspondiente al **Producto 3- Playa “La Aguada”**, incluyendo para esta la generación de una línea de base, el estudio de la dinámica de la línea de costa para ese tramo de playa, la propuesta de alternativas presentadas en el Producto 2 para mitigar la erosión costera tomando en cuenta los aspectos relacionados con el cambio climático y el anteproyecto desarrollado para la alternativa seleccionada.

Para ello, se evalúan los antecedentes, se cuantifica la evolución histórica de la línea de costa mediante fotos aéreas y satelitales, se determina el régimen medio y extremo de los agentes marítimos (oleaje y nivel de mar), se caracteriza la dinámica de transporte de sedimentos y se modela la evolución de la línea de costa a distintas escalas temporales con el fin de

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

comprender la dinámica histórica de la línea de costa de cada sitio y para poder evaluar la respuesta del sistema ante los efectos del cambio climático y ante las alternativas que se propongan como solución.

Por otra parte, también se realiza el estudio del drenaje pluvial del sitio piloto, identificando la infraestructura de descarga a la costa, sus cuencas de aportes y estimación de caudales, de manera de tenerlos en cuenta para la etapa posterior de anteproyecto de la/las alternativa/as seleccionada y el planteo de recomendaciones a sugerir para las mismas en caso de que su aporte se considere relevante para el funcionamiento de la alternativa elegida.

Teniendo en cuenta los estudios y análisis mencionados, se elabora el estudio de factibilidad de las alternativas de intervención para mitigar las amenazas inaceptables de erosión e inundación costera, incluyendo la cuantificación de la evolución esperada de la playa ante cada medida considerada.

Como última etapa del proyecto, se desarrolla el anteproyecto de la alternativa seleccionada en conjunto con la contraparte, que consiste en medidas basadas en la naturaleza, relleno de playa, acondicionamiento de descargas pluviales y formalización de accesos a la playa.

## 2. PUNTOS ESTRATÉGICOS

El Ministerio de Ambiente y el equipo de trabajo encargado del proyecto NAP - Costas, han seleccionado tres sitios estratégicos como piloto de cada departamento a intervenir en este contrato. Los puntos seleccionados son la playa de Colonia del Sacramento, en el departamento de Colonia; la playa de La Aguada, en el departamento de Rocha y la playa de Atlántida perteneciente al departamento de Canelones. Las tres playas seleccionadas como áreas de estudio e intervención tienen comportamientos bien diferenciados naturalmente determinados por su ubicación.



*Figura 2-1 Zona de actuación de playa de Colonia del Sacramento – playa de Atlántida – playa “La Aguada”*

### 2.1. PLAYA LA AGUADA, ROCHA

El tramo costero de playa ubicado en el departamento de Rocha llamado “La Aguada”, se encuentra ubicada al este del país, lo que la caracteriza por pertenecer a las costas del Océano Atlántico. Esta zona litoral este se caracteriza por estar dotada de playa con comportamiento dinámico marino.

La zona de estudio, delimitada entre el espigón del puerto de La Paloma y el cerro de La Virgen (ver Figura 2), cuenta con una extensión de aproximadamente 1.85 km de línea de costa, la cual presenta una forma curvilínea.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

El área seca de suelo arenoso que comprende la playa, tiene un ancho relativamente constante que ronda los 60 m. “La Aguada” es una de las playas más visitadas en la temporada de verano, siendo uno de los principales atractivos turísticos del departamento, con concurrencia tanto de población local, nacional e internacional.



*Figura 2-2 Zona de estudio – Playa “La Aguada”, Rocha*

## **3. MARCO LEGISLATIVO DE GESTIÓN TERRITORIAL**

### **3.1. LEGISLACIÓN NACIONAL**

#### **3.1.1. LEY MARCO DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE - LEY Nº 18308/2008 Y SUS MODIFICATIVAS**

La Ley Nº 18.308, con vigencia en junio de 2008, establece el marco jurídico regulador general del ordenamiento territorial para el país. En particular, dedica dos artículos a las zonas costeras, dentro del capítulo IV “Sustentabilidad ambiental en el ordenamiento territorial”.

Por el artículo 50 (Protección de las zonas costeras) se profundizan las disposiciones de protección establecidas en el Código de Aguas para las zonas costeras. En forma consecuente, se dispone que éstas “serán especialmente protegidas por los instrumentos de ordenamiento territorial”. Asimismo, determina que “únicamente podrá autorizarse la edificación presentando un Plan Especial que proceda al reordenamiento, reagrupamiento y reparcelación del ámbito” “en la faja de defensa de costa que no cuente con infraestructuras y en la mayoría de cuyos solares no se haya construido”, para “los fraccionamientos ya aprobados y no consolidados”. Reafirma lo mandado por la Ley de Centros Poblados en cuanto a que se “destinará a espacios libres los primeros 150 (ciento cincuenta) metros de la ribera medidos hacia el interior del territorio” y que se “asegurará la accesibilidad” a ésta.

También el artículo 51 (Impactos territoriales negativos en zonas costeras) amplía la protección de zonas costeras al disponer que el Ministerio competente queda obligado a rechazar “fundadamente cualquier emprendimiento” “si el mismo fuera capaz de provocar impactos negativos” “en la faja de defensa de costas”. E incluye en la descripción de impactos negativos a “la construcción de edificaciones sin sistema de saneamiento con tratamiento total de efluentes o conexión a red” y “la materialización de fraccionamientos o loteos sin las infraestructuras completas necesarias”, así como todas “las demás que prevea la reglamentación”. Y amplía la concepción al agregar la exigencia de evaluar “que el emprendimiento pueda ser capaz de generar impactos territoriales acumulativos”.

### **3.1.2. LEY GENERAL DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE - LEY N° 17283/2000**

La Ley N° 17.283, vigente desde diciembre de 2000, regula los contenidos de conformidad con el artículo 47 de la Constitución de la República, que fuera modificado por plebiscito de año 1996. Luego de declarar el alcance del interés general, establece los derechos de los habitantes y los deberes de las personas y del Estado. Y desarrolla su objetivo de “del mandato previsto en el artículo 47 de la Constitución de la República, establecer previsiones generales básicas atinentes a la política nacional ambiental y a la gestión ambiental coordinada con los distintos sectores públicos y privados”.

En el artículo 19 (Cambio climático) comete al Ministerio competente, el establecer “las medidas de mitigación de las causas y de adaptación a las consecuencias del cambio climático.

Además, por el artículo 26 (Costas) declara, por vía interpretativa, los alcances de los artículos 153 y 154 del Código de Aguas. En particular define que “se entiende por ‘modificación perjudicial a la configuración y estructura de la costa’ toda alteración exógena del equilibrio dinámico del sistema costero o de alguno de sus componentes o factores determinantes”.

### **3.1.3. LEY DEL INTERÉS GENERAL DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE CONTRA CUALQUIER TIPO DE DEPREDACIÓN, DESTRUCCIÓN O CONTAMINACIÓN - LEY N° 16466/1994**

A la declaración “de interés general y nacional de protección del medio ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación”, establecida por la Ley 16.466, vigente desde enero de 1994, se incorpora “la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo y, en su caso, la recomposición del medio ambiente dañado por actividades humanas”.

En el artículo 6 introduce el sometimiento “a la realización previa de un estudio de impacto ambiental” “las actividades, construcciones u obras, públicas o privadas”, que identifica y deriva al Poder Ejecutivo la reglamentación de “los criterios mínimos de las actividades, construcciones u obras, a partir de los cuales se deberán realizar las evaluaciones de impacto ambiental”. Entre las actividades, construcciones u obras, indica: “las que se proyectaren



realizar en la faja de defensa costera definida por el artículo 153 del Código de Aguas” (250 metros).

Esta ley se encuentra reglamentada por el Decreto N° 349/005 del Poder Ejecutivo, de octubre de 2005.

### **3.1.4. CÓDIGO DE AGUAS - DECRETO-LEY N° 14859/1978 Y SUS MODIFICATIVAS**

El Decreto-Ley N° 14859, con vigencia desde diciembre de 1978, por su artículo 153 establece la “faja de defensa en la ribera del Océano Atlántico, el Río de la Plata, río Uruguay y de la Laguna Merín, para evitar modificaciones perjudiciales a su configuración y estructura”. Y dispone que “el ancho de esta faja será de doscientos cincuenta metros, medidos hacia el interior del territorio a partir del límite superior de la ribera, establecido en los artículos 36 y 37”. También acota que “cuando existiesen rutas nacionales o ramblas costaneras abiertas y pavimentadas, a una distancia menor de doscientos cincuenta metros del límite superior de la ribera, el ancho de la faja de defensa se extenderá solamente hasta dichas rutas o ramblas”. Y determina que “cualquier acción a promoverse en la faja de defensa de costas que modifique su configuración natural, requerirá la autorización previa del Ministerio competente, quien la denegará cuando dicha acción pueda causar efectos perjudiciales a la configuración o estructura de la costa”.

### **3.1.5. LEY DE CENTROS POBLADOS - LEY N° 10723/1946, LEY N° 10866/1946 Y SUS MODIFICATIVAS**

Las leyes N° 10723/1946 y N° 10866, aprobadas en abril y octubre de 1946, regula la formación y expansión de los centros poblados, quedando comprendida “la subdivisión de predios con destino directo o indirecto a la formación de centros poblados y para aprobar el trazado y la apertura de calles, caminos o sendas o cualquier tipo de vías de circulación o tránsito que impliquen o no amanzanamiento o formación de centros poblados”.

Por el numeral 3° de artículo 13 se dispone que “ningún predio y ninguna vía pública que sirva de único acceso a predios podrá situarse ni total ni parcialmente en terrenos inundables, o que estén a nivel inferior a 50 centímetros por encima del nivel alcanzado por las más altas crecientes conocidas. Tampoco podrá situarse ningún predio en los casos de contigüidad a los cauces del dominio público, dentro de las tierras abarcadas por una faja costera de 150

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

metros de ancho por lo menos, medida según lo dispone el Código de Aguas, a partir de la línea de ribera. En todo fraccionamiento de predios costeros, la faja de 150 (ciento cincuenta) metros determinada a partir de la línea superior de la ribera pasará de pleno derecho al dominio público.

## **3.2. INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL NACIONALES**

### **3.2.1. DIRECTRIZ NACIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ESPACIO COSTERO DEL OCEANO ATLÁNTICO Y DEL RÍO DE LA PLATA - LEY Nº 19722/2019**

La Ley 19.722, aprobada en julio de 2019, “constituye un instrumento de política pública para promover el uso sustentable y democrático de los recursos naturales y culturales de espacio costero”.

Entre sus objetivos, por su artículo 4º, incluye: “la protección de los paisajes naturales y culturales relevantes, la accesibilidad y uso público de las playas y costas en general, la adaptación de las intervenciones en el espacio costero al cambio climático y al aumento de la variabilidad, el respeto por los procesos naturales que se desarrollen en el espacio costero y la promoción de la diversidad y singularidad del mismo, la reversión o mitigación de los impactos negativos sobre el ambiente y sus ecosistemas”.

Por el artículo 7º (Lineamientos) dispone que: en los planes y actuaciones, se deberá tener en cuenta, entre otras: que “se identificarán y respetarán los procesos dinámicos naturales del espacio costero y definirán intervenciones compatibles con el mantenimiento de aquellos” y “se propenderá a que las intervenciones sean compatibles con el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas y que protejan especialmente los componentes vulnerables y sus funciones”.

En su artículo 9º ((Infraestructura vial y acceso vehicular) establece que “los instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible (...) que refieran al espacio costero, así como nuevas urbanizaciones y proyectos, planes y programas de grandes infraestructuras y equipamientos, en el espacio costero, propenderán a alejar de la costa el flujo intenso de vehículos, a través de los siguientes lineamientos:

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

c) Paseos costeros. Los trazados viales vehiculares cercanos y paralelos a la ribera tenderán a transformarse en paseos costeros marítimos peatonales o vehiculares de baja velocidad”.

### **3.2.2. DIRECTRICES NACIONALES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE - LEY Nº 19525/2017**

La Ley 19.525, vigente desde agosto de 2017, constituye un “instrumento general de la política pública en materia de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, con alcance al territorio nacional y zonas sobre las que la República ejerce su soberanía y jurisdicción”.

Uno de sus objetivos estratégicos integrales, por el artículo 5º, plantea “proteger el ambiente, promoviendo la conservación y uso sustentable de la biodiversidad y de los recursos naturales y culturales”.

En el artículo 22 (Aguas pluviales, áreas contaminadas e inundables) dispone que los instrumentos de ordenamiento territorial deberán incluir “el manejo de las aguas pluviales (...) quedando prohibida la urbanización de las áreas (...) que se determinen en como inundables con períodos de retorno menor a cien años”.

### **3.3. INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIONALES**

#### **3.3.1. ESTRATEGIAS REGIONALES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA REGIÓN ESTE (EROT-ESTE) - DECRETO Nº 48/13 (CERRO LARGO), DECRETO Nº 3166/13 (LAVALLEJA), DECRETO Nº 3919/13 (MALDONADO), DECRETO Nº 02/2013 (ROCHA), DECRETO Nº 360/013 (PODER EJECUTIVO)**

##### **Rocha**

Las Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de la Región Este, vigentes desde el año 2013, con la aprobación por los decretos de las respectivas juntas departamentales de los cuatro departamentos y por el decreto del Poder Ejecutivo, solamente incluyen una disposición referida a la zona costera del Océano Atlántico y el Río de la Plata. En su artículo 19º.- (Propuestas) establece que “se promoverá (...) la gestión integrada y

sustentable del área costera (marítimo, lagunar y fluvial), el desarrollo equilibrado y su uso ordenado”.

### **3.4. INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEPARTAMENTALES**

#### **3.4.1. ROCHA - PLAYA LA AGUADA**

##### **3.4.1.1. Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Decreto N° 3/2014**

El Decreto departamental N° 3, con vigencia desde mayo de 2014, “establece el ordenamiento estructural del territorio departamental, determinando las principales decisiones sobre el proceso de ocupación, desarrollo y uso del mismo”; siendo “su objetivo planificar el desarrollo integrado y ambientalmente sostenible del territorio departamental” (artículo 2º Definición). Incluye un artículo específico: el artículo 8º.7 (Gestión integrada y sustentable de la zona costera), donde se plantea que los “resultados esperados son: territorio costero ordenado de acuerdo a la visión y orientaciones definidas, recuperando la calidad ambiental donde ésta fue afectada por modalidades de gestión y usos del suelo no sustentables y garantizando el acceso y uso democrático de la costa para las presentes y futuras generaciones; territorio costero y del interior del departamento integrados y complementándose mediante una adecuada red vial; áreas urbanas y suburbanas costeras, de uso predominantemente estacional, con alta calidad ambiental, poniendo en valor y complementando las cualidades hoy reconocibles, realizando proyectos y promoviendo actuaciones que mejoren las condiciones ambientales y paisajísticas y promuevan el uso público sustentable de los diferentes sectores de la costa; vínculos entre las áreas locales costeras y las centralidades urbanas del Departamento desarrollados; convivencia armónica entre diferentes usos del territorio costero”.

Por el artículo 9º.2 (Suelo urbano) se establece la subcategoría “2.2. Urbano consolidado de uso residencial estacional”, en que “se incluye el territorio de las localidades de: La Paloma, (abarcando a estos efectos su delimitación desde la ribera de la Laguna de Rocha hasta Santa Isabel de la Pedrera)” y otras. Comprende “los centros poblados consolidados de uso predominantemente estacional. Se consideran tales aquellos que cuentan con los servicios básicos de infraestructura (calles, alumbrado público, agua, telefonía, recolección de

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

residuos, transporte, etc.), servicios de utilidad pública para la población permanente (entre otros policlínica, farmacia, escuela y liceo) y para la población estacional (supermercados, estaciones de servicio, etc.)”.

En el artículo 9º.4 (División de tierras) dispone que “en todos los centros poblados del departamento se podrá autorizar división de tierra en predios independientes menores en superficie a trescientos metros cuadrados, siempre que se trate de programas públicos de viviendas, urbanización y/o mejoramiento barrial y que los mismos sean de interés social”.

### **3.4.1.2. Ordenanza Costera - Plan de Ordenamiento y Desarrollo Sustentable de la Costa Atlántica - Decreto Nº 12/2003 y modificativo Decreto de 2005**

La usualmente denominada ‘Ordenanza Costera’ fue aprobada en diciembre de 2003 por la Junta Departamental de Rocha, luego de un extenso proceso y se describe a sí misma: “se trata de un Plan General Municipal referido a la costa en su conjunto, entendido como un instrumento de ordenamiento integral del territorio identificado” (artículo 1. Objetivos y finalidad).

En el artículo 2 (Principios), incluye entre ellos: “la gestión integrada de la zona costera y marina, utilizando dichos espacios de forma sustentable y garantizando su carácter público. Las estrategias de manejo están basadas en una perspectiva sistémica la cual reconoce la interconexión entre los sistemas costeros y requiere una aproximación multisectorial”; “el derecho de construcción y de alteración de las características y condiciones naturales del suelo, en suelo de dominio privado, es regulado por el Gobierno Departamental, lo que implica necesariamente atender al interés general”; y que “es criterio prioritario, prevenir; adoptar medidas precautorias frente a eventuales o futuros daños ambientales que puedan afectar la faja costera del departamento. La falta de certeza técnica o científica absoluta, nunca será causa para no adoptar medidas de naturaleza preventiva”.

Por el artículo 8, el Decreto distingue el “ámbito territorial de aplicación” y “lo define como Zona de Protección Costera”. Y dispone que “dentro de dicha Zona quedan incluidas: la zona de dominio y uso público (en adelante, la Ribera Marítima), la “Faja Costanera” (en adelante, Faja de Exclusión), de 150 metros (...) y la “Faja de Defensa de Costas”, de 250 metros”. Agrega “una Zona de Interfase que comienza a partir de los 250 metros (...) hasta el límite en el medio terrestre definido para cada sector en que se divide la costa (Art. 13.2)”.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

En el artículo 9 (Ribera Marítima) define que “esta zona es de dominio público; es un bien del Estado inalienable, imprescriptible e inembargable” y que “en su ámbito no se admitirá ningún uso y aprovechamiento de carácter privado”. Su utilización (...) y del Océano adyacente, será libre, pública y gratuita para los usos comunes y acordes con su naturaleza (...), que se realicen de acuerdo a las limitaciones que las leyes, reglamentos y ordenanzas municipales impongan”.

En el artículo 10 (Faja de Exclusión) se dispone que “en dicha zona, no se admitirá en el futuro: la construcción de ninguna vía pública paralela a la Ribera Marítima; el fraccionamiento del suelo con fines urbanos, ni la realización de construcciones de cualquier naturaleza”.

En el artículo 11 (Faja de Defensa de Costas) se determina la remisión a la Ley N° 16466/1994 (del Interés General de Protección del Medio Ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación) y sus decretos reglamentarios).

En el mismo artículo y en el artículo 12, adelanta que las modalidades de uso y ocupación son el objeto del Decreto, “siendo una finalidad expresa evitar la formación de pantallas arquitectónicas o acumulación de volúmenes, procurando una baja densidad de ocupación del suelo y asegurar la accesibilidad de la Ribera Marítima”.

El área de La Paloma y su entorno se encuentra comprendida en las “Áreas de desarrollo urbano – turístico” definidas por el artículo 17. Las caracteriza como que “son aquellos balnearios o conjuntos de balnearios que presentan cierto grado de consolidación y que en la actualidad cuentan con adecuada accesibilidad vial, población, calles definidas, edificaciones, servicios y equipamientos básicos; históricamente han demostrado tener vocación para el desarrollo urbano y el turismo tradicional de verano, y en general se localizan sobre playas aptas para baños”.

El artículo 24. (Planes parciales de ordenamiento y demás instrumentos de la planificación derivada) regula la planificación derivada que dispone para los diversos sectores que identifica. Éstos “deberán estar en concordancia con los principios generales de este plan en cuanto a la utilización de los recursos costeros en forma sustentable, garantizando su carácter público”. Determina que “la planificación costera, en todas sus escalas, deberá considerar de manera especial” algunos aspectos, entre los que incluye: “evitar que la cuenca sea degradada o alterada por acciones o elementos que tengan la capacidad de contaminarla; prevenir la erosión y controlar y disminuir los daños causados por ella; proteger los cauces

naturales de ríos, arroyos, y desagües de lagunas, estableciendo zonas de protección; no afectar el escurrimiento natural de las aguas pluviales”.

Para las “áreas con alto grado de consolidación en su calidad de suelo urbano identificadas como de desarrollo urbano-turísticas”, el artículo 34 dispone conceptos generales para la formulación de los planes. Éstos, “conforme a las limitaciones impuestas por las leyes que regulan la defensa de la faja costera, determinarán las medidas que se deben adoptar de acuerdo con las características geomorfológicas de la costa y las condicionantes socioeconómicas y ambientales que imperen en cada área” y agrega que, “en dichas zonas, se tendrá en cuenta la existencia de derechos legítimos adquiridos”. También determina que “dichos planes deberán tener presente, además de las directivas generales dispuestas por la presente normativa, con las salvedades referidas a los derechos adquiridos, los criterios de protección mínima de la zona costera”. Entre los que se subrayan: “cuando una construcción emplazada en la faja de defensa de costas sea destruida por efecto del avance del océano, la misma no podrá ser reconstruida por su propietario”, “asegurar la accesibilidad a la ribera marítima imponiendo servidumbres administrativas de paso sobre los predios particulares frentistas a la misma, como condición para otorgar permisos de reformas de construcciones existentes o nuevas construcciones”, “establecer todas las servidumbres que se entiendan necesarias sobre los predios frentistas a la ribera marítima, tales como servidumbres de desagüe, de tipo ambiental u otras” y “limitar el factor de ocupación de los predios frentistas a la ribera marítima”.

#### **3.4.1.3. Plan Local de Ordenamiento Territorial “Los Cabos” (Sector II de la Costa Atlántica) - Decreto N° 9/2014**

El Decreto N° 9, aprobado en 2014, regula al ordenamiento del territorio del Sector II de la Costa Atlántica de Rocha, definida por la Ordenanza Costera, en los términos recogidos por las Directrices Departamentales, en el marco de cuyas disposiciones se desarrolla. Su ámbito de aplicación cubre desde la Laguna de Rocha hasta Aguas Dulces.

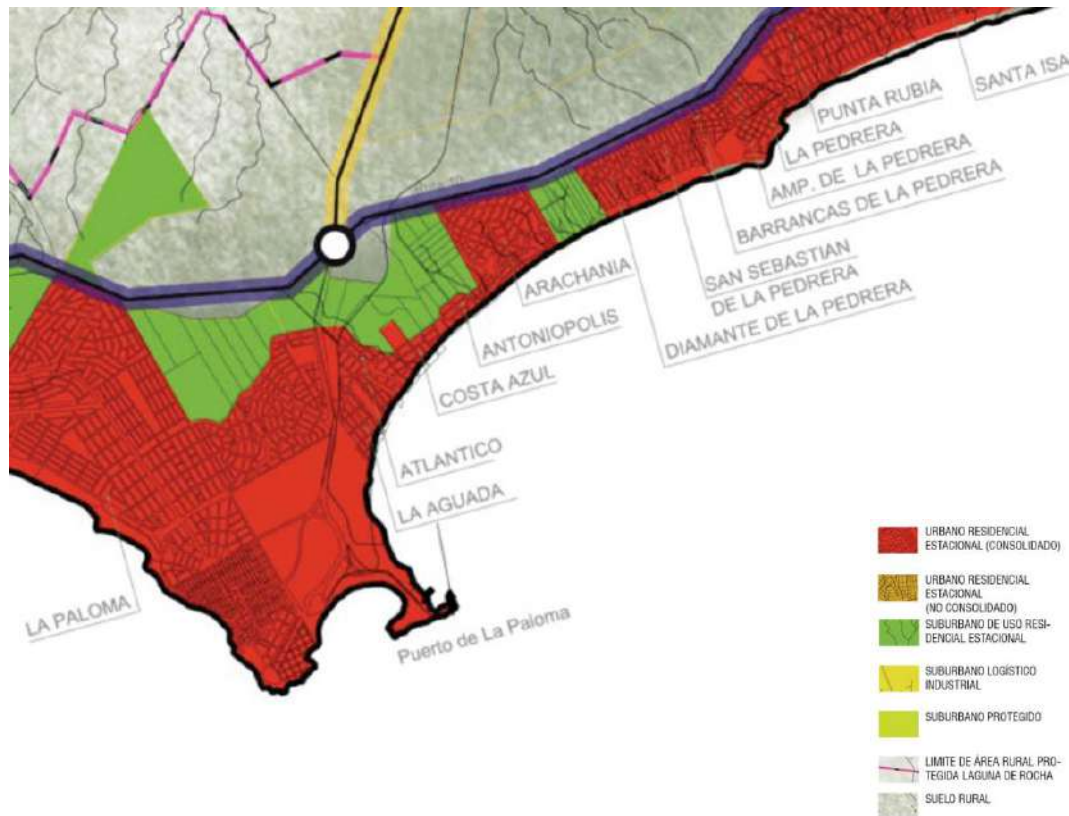


Figura 3-1. La Paloma - Subcategorías de Suelo.

El artículo 6º (Área Costera de Uso Turístico Residencial) define los “Núcleos Urbanos Consolidados”, entre los que se encuentra La Paloma “nombre genérico que designa a todos los fraccionamientos ubicados sobre el arco de las playas de orientación Sureste” entre la Laguna de Rocha y el fraccionamiento Santa Isabel de La Pedrera.

El artículo 11º (Suelo Urbano) establece que la categoría de suelo es “Suelo Urbano Consolidado de Uso Residencial Estacional”.

El artículo 16º (Balnearios costeros consolidados) dispone que “el uso y ocupación del suelo es el establecido en la normativa vigente: Ordenanza General de Edificación y decretos concordantes”.

Cabe destacar los contenidos del artículo 33º (Exoneración de responsabilidad ante eventuales impactos sobre la dinámica costera del área): “En el actual marco conceptual del reconocimiento de no linealidad e incertidumbre existentes en la mayor parte de los procesos que suceden en la naturaleza y ante los eventuales efectos del cambio climático, el Gobierno Departamental de Rocha, frente a fenómenos de erosión de la faja costera que impliquen la Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas



afectación de derechos de propiedad en el área manifiesta: que en ningún caso se hará responsable de los daños patrimoniales o morales que dichos fenómenos irroguen a quienes adquieran y construyan en inmuebles ubicados en dicha faja”. “A partir de la vigencia de la presente norma quienes construyan en predios sitios en la faja de 250 m medidos a partir del límite superior de la ribera hacia el continente, al solicitar permiso de construcción, deberán exonerar de responsabilidad a la administración en el caso de ocurrencia de fenómenos erosivos que afecten su propiedad”.

### **3.4.1.4. Ordenanza General para la Edificación - Decreto de 15 de junio de 1998, actualizaciones en 2006 y 2017**

En el apartado “Normas Especiales” de la Ordenanza General para la Edificación, a partir del artículo 40º, se establece las normas que regulan “los edificios que se construyan en el Departamento de Rocha”, los que deberán cumplir con las normas especiales que se establecen en esta parte, de acuerdo a las regiones que se establecen en el Plano N° 1”.

Para el área de la playa de La Paloma, corresponden los sectores A3 y A4. El Sector A3 incluye las zonas: A3-1 (zona Industrial del Puerto) y A3-2 (zona comprendida entre el Puerto y La Aguada). El Sector A4 abarca las zonas: A4-1 (La Aguada), A4-2 (Costa Azul), A4-3 (Antoniópolis, Arachania, Diamante de la Pedrera, San Sebastián de la Pedrera y Barrancas de la Pedrera) y A4-4 (La Pedrera, Punta Rubia y Santa Isabel de la Pedrera).

*Tabla 3-1. Parámetros Urbanísticos - Área de Playa de La Paloma.*

Zona	Categoría de suelo	Área mín. m2	Frente mín. m	FOS máx. %	FOT máx. %	Permeab. %	Altura máx. m
A3-1	Urbano	800	reglamentación especial que será dictada en su oportunidad				
A3-2	Urbano	800	reglamentación especial que será dictada en su oportunidad				
A4-1	Urbano	800		50		80% retiro	7
A4-2	Urbano	800		40, 50, 60		60% retiro	7
A4-3	Urbano	800		60		80% retiro	7,50
A4-4	Urbano	800		50, 60		60% retiro	7

Fuente: artículos 40º y siguientes

## **4. PLAYA LA AGUADA, ROCHA**

### **4.1. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y URBANOS**

#### **4.1.1. RECONOCIMIENTO DEL ÁMBITO TERRITORIAL DE TRABAJO**

El ámbito de estudio abarca el arco comprendido entre el Puerto de La Paloma y el fin del balneario La Aguada (i.e. cerro La Virgen), no alcanzando así el total del área fraccionada que comprende también las playas Costa Azul, Antoniópolis y Arachania.

La totalidad del ámbito es recorrido por una rambla vehicular, denominada Avenida Costanera Tabaré, sensiblemente paralela a la costa y que es la principal conectividad entre La Paloma y La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania. A partir del fin de Costa Azul, esta avenida Tabaré se aleja una cuadra de la costa y en el tramo final, en Arachania, aparece otra calle vehicular próxima a la costa, denominada Costanera. En un sector en La Aguada y en otro, más extenso, en Costa Azul y Antoniópolis, existen padrones entre la rambla y la costa, varios con edificaciones.

La realidad del paisaje urbano a lo largo del ámbito es sensiblemente uniforme con la excepción de un primer tramo no urbanizado, entre el Puerto y el fraccionamiento La Aguada.

#### **4.1.2. SOMERA RECOPIACIÓN Y ESTUDIO DE ALGÚN ANTECEDENTE CON EVENTUAL INCIDENCIA EN LA CONDICIÓN DE LA COSTA**

##### **4.1.2.1. Dinámicas territoriales**

El sector sur, no urbanizado, corresponde a grandes padrones de suelo rural, parte del gran Parque Andresito al este de la Ruta 15, fuertemente arbolados.

Hacia el norte de éstos, se trata de un territorio urbanizado con mucha estabilidad, con muy baja dinámica de renovación, sin que se observen tendencias notorias de cambio o procesos relevantes de sustitución o incorporación de obra nueva.

Se trata de un sector no urbanizado en el sur seguido de cuatro fraccionamientos balnearios hacia el norte: La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania, originarios de la década de 1950, que han tenido un lento proceso de ocupación. En los límites entre fraccionamientos se localizan cañadas que generan cuñas verdes. El más amplio es entre La Aguada y Costa

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Azul, siendo los otros apenas una vía pública sin calzada abierta. También existe una cuarta cuña verde casi en el eje de La Aguada, coincidente con un gran padrón oblongo (Nº 563), que se extiende entre la rambla (Avenida Costanera Tabaré) y la calle Zapicán, a casi 700 metros de la costa.

La situación anotada, sumada a la traza de la vía férrea (actualmente sustituida por la denominada “Transporte pesado” y destinada para el acceso al Puerto) y las diferencias de trazado geométrico y distinta orientación entre sí de los tejidos urbanos de los fraccionamientos, origina una intrincada y poco clara red circulatoria para la conectividad vial en el oeste de los balnearios, que lleva a posicionar a la Avenida Costanera Tabaré como eje casi exclusivo para conectividad del sector, tanto de los cuatro balnearios entre sí como, especialmente, con La Paloma.

Asimismo, las únicas alternativas existentes de la Avenida Costanera Tabaré, para la conectividad del sector, son hacia la Avenida Dr. Javier Barrios Amorín (Ruta 15) y son escasas y muy distantes entre sí: la Avenida de los Argentinos (en el Parque Andresito), la calle De la Vía (separadas entre sí cerca de 900 metros) y la calle José Yanneo (a casi un kilómetro).

A su vez, los balnearios Antoniópolis y Arachania tienen instancias de conexión externa a través de la Ruta Nacional Nº 10. En Antoniópolis a través de la calle Rocha, que conecta con la Ruta 10 a casi dos kilómetros de la costa. A su vez, el amanzanado de Arachania llega de la costa hasta la Ruta 10, con seis calles de vínculo. En ambos casos, el rodeo alternativo a la Avenida Costanera Tabaré es muy extenso (llega a casi 5 kilómetros más de recorrido que por la Costanera desde Arachania a La Paloma).

Si bien no existen diferencias notorias de paisaje entre los fraccionamientos, en una observación cuidadosa, puede distinguirse una algo mayor consolidación, con la casi totalidad de los padrones construidos y con mayor densidad de edificación, en La Aguada y la zona inmediata de Costa Azul, siendo algo menos denso y con padrones vacantes, crecientemente en el resto hacia el norte.

Esta sutil diferencia se acentúa al notarse que, en este primer sector de La Aguada, al sur de la interrupción por el padrón oblongo, existen más calzadas vehiculares pavimentadas con material asfáltico, lo que disminuye, también crecientemente, hacia el norte.

#### 4.1.2.2. Catastro

La zona más al sur del ámbito registra padrones con gran superficie de suelo rural, no amanzanados ni fraccionados.

Mientras que el amanzanado de La Aguada se caracteriza por manzanas rectangulares oblongas perpendiculares a la costa, con unos 150 m de largo y unos 60 m de ancho, en el resto de los fraccionamientos éstas se orientan en forma paralela a aquélla, con una longitud similar y algo mayor ancho. En los cambios de dirección del amanzanado aparecen manzanas trapezoidales de ajuste.

En el fraccionamiento La Aguada los padrones son de formas dimensiones regulares y con superficies próximas a 400 m<sup>2</sup>. En Costa Azul se combinan padrones de menor área, en el orden de 300 m<sup>2</sup>, con un buen número de mayor superficie, sobre todo sobre la costa, superando los 700 m<sup>2</sup> y aún mayores. En Antoniópolis vuelven a dominar padrones de unos 350 m<sup>2</sup> y poco más. Mientras, en Arachania aumentan ligeramente las superficies, con padrones de unos 500 m<sup>2</sup>, en forma dominante. En todos los fraccionamientos, combinados con padrones ocasionales de mayor superficie, sobre todo en localizaciones urbanas excepcionales.

Solamente se han verificado las titularidades de los padrones localizados entre la avenida Tabaré (costanera existente) y la costa.

El Ministerio de Ambiente (MA) informó sobre la casi totalidad de los padrones. En la zona amanzanada faltaron únicamente dos padrones, pero como el testimonio sobre decenas de padrones en el área amanzanada resulta en que son de propiedad privada, la búsqueda de información sobre dos de ellos insertados en el conjunto, resulta totalmente ociosa: seguramente son también privados y, si no lo fueran, no alteran la conclusión de que el suelo empadronado del sector amanzanado es de titularidad privada.

Solamente resultaría necesario complementar la información sobre los dos padrones de gran superficie localizados entre la avenida Tabaré y la costa, frente al Parque Andresito, al sur del tramo. Seguramente resulten de propiedad fiscal, como se entiende es la titularidad del Parque y de los padrones linderos por el sur, correspondientes a las instalaciones portuarias.



Figura 4-1. Padrones costeros Playa La Aguada.



Figura 4-2. Padrones costeros Playa La Aguada (ampliación).

#### **4.1.2.3. Infraestructuras y servicios urbanos**

En la totalidad de ámbito territorial considerado se registran infraestructuras urbanas de: energía eléctrica, alumbrado público y agua potable.

No existe red de saneamiento (aunque se encuentra entre las localidades consideradas para ser incluidas en la planificación para su concreción en los próximos años).

La Avenida Costanera Tabaré tiene calzada con pavimento de material asfáltico, así como también buena parte de las calles en el sector sur de La Aguada y una perpendicular a la costa en el sector norte de este balneario. En Costa Azul, además de la Avenida Costanera Tabaré, tiene calzada en material asfáltico una calle paralela a ésta, calle Del Barranco, y ambas se juntan en la continuidad de la Avenida Costanera Tabaré en Antoniópolis. En Arachania la Avenida Costanera Tabaré pavimentada llega únicamente hasta la Avenida De la Playa. El resto de las calles abiertas tienen calzada de material granular.

Todas las calzadas, de asfalto y de balasto, tienen perfil rural, sin cordones, ni veredas y sin arbolado urbano. En general, no existen cunetas formalizadas y el agua pluvial escurre superficialmente.

El sector más al sur, no urbanizado, del Parque, es atravesado por la avenida De los Argentinos, que une la Ruta 15 con la Avenida Costanera Tabaré. Consta de dos calzadas vehiculares de material asfáltico, con cantero en el medio, encespado.

El sector es atravesado por transporte público en los meses de temporada veraniega, que recorren la Avenida Costanera Tabaré entre La Paloma y Arachania.

#### **4.1.2.4. Ocupación de suelo**

La ocupación de suelo es creciente de sur a norte. El Parque en el sur existen algunas muy pequeñas edificaciones muy dispersas, de ocupación de suelo escasamente significativa.

El sector sur de La Aguada es el que registra mayor ocupación de suelo, aunque es muy baja, con retiros frontales, no siempre retiros laterales y fondos libres o con pequeñas construcciones auxiliares. Prácticamente no se observan padrones vacantes.

Esta situación es ligeramente diferente en el sector norte de La Aguada y Costa Azul, con leve aumento del suelo libre en los padrones. En Antoniópolis se acentúa este carácter abierto, por el incremento de los retiros laterales y la existencia de padrones vacantes.

En Arachania no solamente son más numerosos los padrones vacantes, sino que las construcciones se localizan aislados de los límites en los padrones, con una imagen de dominio de espacio libre.

#### **4.1.2.5. Usos y temporalidad**

El uso generalizado en el ámbito es de carácter residencial turístico. En el Parque del sector sur del ámbito, el uso es en temporada, en algunas zonas previstas para acampar y uso de alguna instalación menor.

Los cuatro fraccionamientos del ámbito territorial considerado tienen en común su carácter balneario, con gran temporalidad en la ocupación y la actividad.

Los servicios comerciales, que son escasos y en general, de abastecimiento cotidiano, también registran temporalidad y pocos son permanentes. Se encuentran dispersos en todo el sector, sin que se registre concentración.

Existe alguna hotelería, en general sobre la costa, y también otros establecimientos de alojamiento, localizados especialmente en Arachania.

#### **4.1.2.6. Sociedad local y población flotante**

Si para el total de La Paloma, el 60% de las viviendas son de uso temporal (INE, 2011), es notorio que en los cuatro balnearios estudiados este porcentaje es fuertemente superior, particularmente en Antoniópolis y Arachania, donde el número de población con residencia permanente es claramente marginal y la ocupación se concentra exclusivamente en la temporada estival. A partir de observaciones, puede concluirse que la residencia permanente en La Aguada y particularmente en el sector sur, es apenas más notoria, probablemente algo más próxima a la registrada para la totalidad del municipio de La Paloma.

#### **4.1.2.7. Patrimonio natural, cultural**

Al respecto, debe anotarse que en los documentos y normativa del Plan Local de Ordenamiento Territorial “Los Cabos” no se menciona ningún valor patrimonial para la zona. Entonces, sin que se encuentren disponibles, tampoco, estudios al respecto, es posible apreciar que el mayor valor patrimonial del ámbito está constituido, casi exclusivamente, por la costa oceánica y las dinámicas de su paisaje dunar. Como parte del patrimonio natural antropizado pueden considerarse además las cañadas, corredores biológicos entre el suelo rural y la franja costera, que aportan valores singulares de paisaje a la urbanización.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

También constituye un patrimonio cultural de valor el bosque del Parque Andresito, que se asoma a la costa en el sur del ámbito.

#### 4.1.2.8. Marco legal de ordenamiento territorial

El departamento de Rocha tiene una muy extensa y sofisticada normativa de ordenamiento territorial, particularmente desarrollada para sus zonas costeras. En particular, para el ámbito territorial en consideración, como profundización del Plan de Ordenamiento y Desarrollo Sustentable de la Costa Atlántica (Decreto N° 12/2003 y modificativo Decreto de 2005), tiene vigente el Plan Local de Ordenamiento Territorial “Los Cabos” - Sector II de la Costa Atlántica (Decreto N° 9/2014).

La legislación de ordenamiento territorial se resume y analiza en el correspondiente anexo.

## 4.2. VISITA AL SITIO

Los días 16 de febrero y 17 de Mayo de 2023, se realizaron recorridas de campo en el marco del proyecto para el reconocimiento del espacio a intervenir y de su área de influencia. Se recorrió el arco de playa “La Aguada”, registrando el estado de las playas, protecciones y espigones existentes, vegetación, áreas de parque y descargas pluviales.



Espigón que delimita al sur la zona de estudio



Límite sur del arco de playa, vista desde la costa



Límite sur del arco de playa, vista desde el mar (foto tomada desde el espigón)





Uso actual de la playa en verano



Descarga de curso de agua en el arco de playa



Alcantarilla obstruida en la descarga en la playa



Pasarela de acceso a la playa



Estructura de acceso a la playa y vivienda sobre primera línea de costa



Estructura de acceso a la playa y estacionamientos.



Límite norte del arco de playa, vista desde la costa



Vivienda en Costa Azul en zona con problemas de erosión. Límite norte de la zona de estudio (esta zona no está incluida en este estudio).



Equipo de trabajo en la visita de playa en puesto de monitoreo de playas del Ministerio de Ambiente, implementado por el IMFIA en colaboración con la Intendencia de Rocha.

## 4.3. CLIMA MARÍTIMO

### 4.3.1. DATOS UTILIZADOS

Se utilizan las siguientes series de datos:

- Viento y oleaje del reanálisis ERA5.
- Viento medido en el puerto de La Paloma.
- Nivel de mar medido por ANP en el Puerto de La Paloma.
- Nivel de mar del hindcast global GTSM.
- Nivel de mar del hindcast local generado por el IMFIA.

### 4.3.2. VIENTO

Se utiliza el viento del reanálisis ERA5 correspondiente al nodo (34.75°S,53.75°W). Estos datos son de paso horario, con velocidad de viento asimilable a media en 10 minutos medida a 10 m de altura ( $V_{10m,10min}$ ). La Figura 4-3 presenta una comparación de cuantiles de la velocidad de viento del re-análisis con la velocidad de viento medida en el Puerto de La Paloma por el IMFIA en el marco de proyectos previos. Se observa que el re-análisis representa razonablemente bien la distribución de probabilidad de la velocidad de viento. Aunque existe una tendencia a sobreestimar la velocidad en el rango de 4 m/s a 8 m/s, se entiende que esta no justifica implementar una corrección de sesgos. La Figura 4-4 compara el histograma de frecuencias de la dirección de viento del re-análisis con el obtenido a partir de los datos medidos en La Paloma. Nuevamente, se observa que el re-análisis reproduce adecuadamente la dirección del viento observada en la estación marítima.

Se concluye por tanto que la serie de viento del re-análisis ERA5 reproduce adecuadamente el viento medido en la costa en la zona de estudio, tanto en términos de velocidad como en términos de dirección. En lo que sigue se utilizará únicamente esta serie de viento, sin recurrir a los datos medidos.

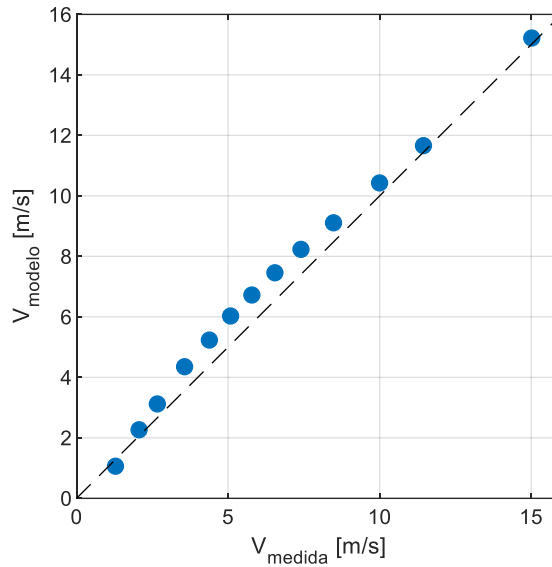


Figura 4-3 – Gráfico de cuantiles de velocidad de viento (datos simultáneos,  $p = [1\ 5\ 10:90\ 95\ 99]$ ).

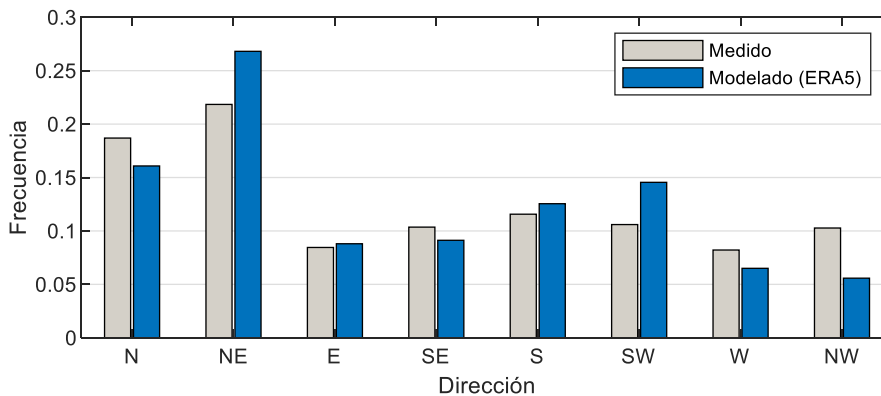


Figura 4-4 – Histogramas de frecuencia de dirección de viento construidos usando únicamente datos simultáneos entre el re-análisis y la serie medidas.

### 4.3.3. NIVEL DE MAR

Los dos *hindcast* de nivel de mar disponibles en la zona (el generado por el IMFIA y el GTSM) reproducen razonablemente bien el clima de niveles de mar de la zona, según surge de su comparación con los datos medidos por ANP y DINAGUA en el Puerto de La Paloma, tanto en términos de correlación como en términos de la raíz del error cuadrático medio (RMSE); en cuanto a la comparación de cuantiles, se observa que el *hindcast* del IMFIA tiene un comportamiento algo mejor que el *hindcast* GTSM.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

cubre un período de tiempo mayor que el del IMFIA (1979-2018 contra 1985-2016), y que presenta un comportamiento algo mejor que éste en cuanto a correlación y RMSE (ver Tabla 4-1), se opta por trabajar con el *hindcast* GTSM, aplicando al mismo una calibración por cuantiles (*quantile matching*). Aunque esta calibración produce un leve deterioro en términos del RMSE, se entiende que la mejora en la correcta representación de la distribución de probabilidad de la variable justifica su aplicación (ver gráfico de cuantiles en Figura 4-5).

Como resultado final se tiene una serie horaria de datos de nivel de mar que cubre el período 1979 hasta 2018 inclusive. La Figura 4-5 presenta la comparación de cuantiles de la serie de niveles de mar medida con la de los *hindcast*; se observa que tanto el *hindcast* del IMFIA como el GTSM calibrado reproducen adecuadamente los niveles de mar medidos.

Tabla 4-1 – Coeficiente de correlación y error cuadrático medio (RMSE) de los *hindcast* de nivel de mar.

	Correlación [-]	RMSE [m]
<b>Hindcast IMFIA</b>	0.82	0.19
<b>Hindcast GTSM</b>	0.86	0.16
<b>Hindcast GTSM calibrado</b>	0.86	0.17

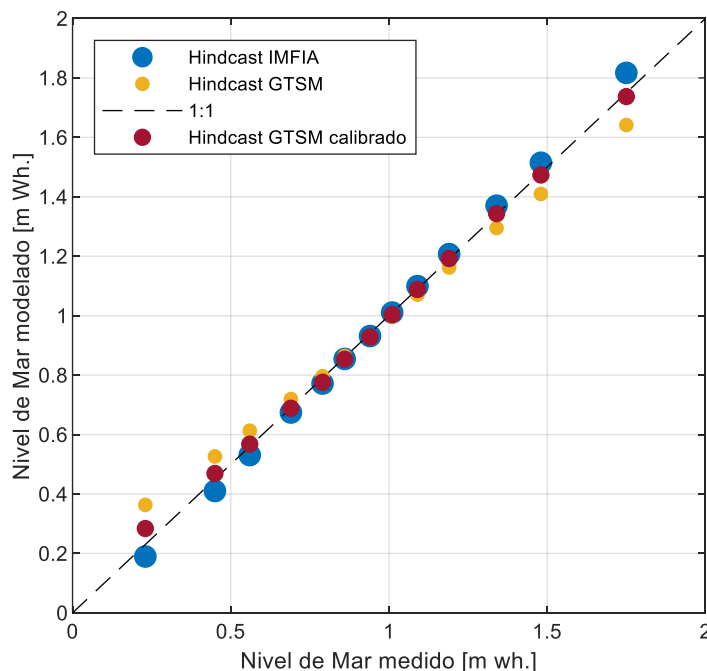


Figura 4-5 – Comparación de cuantiles de los datos de nivel de mar medidos y de los hindcast del IMFIA y GTSM (probabilidades [1%,5%,10%,20%, ...,90%,95%,99%]).

#### 4.3.4. OLEAJE

##### 4.3.4.1. Propagación al sitio

Para la propagación del oleaje desde los nodos ERA5 hasta la zona de estudio se utiliza el modelo SWAN de generación y propagación de oleaje. La modelación se realiza utilizando tres mallas anidadas, con paso espacial de 500 m, 100 m y 20 m respectivamente (ver Figura 4-6).

Existen datos de oleaje medidos en la zona por parte de DNH-MTOP, los cuales podrán ser usados para validar el modelo numérico una vez se cuente con autorización de DNH-MTOP para el uso de los datos en el marco de este proyecto.

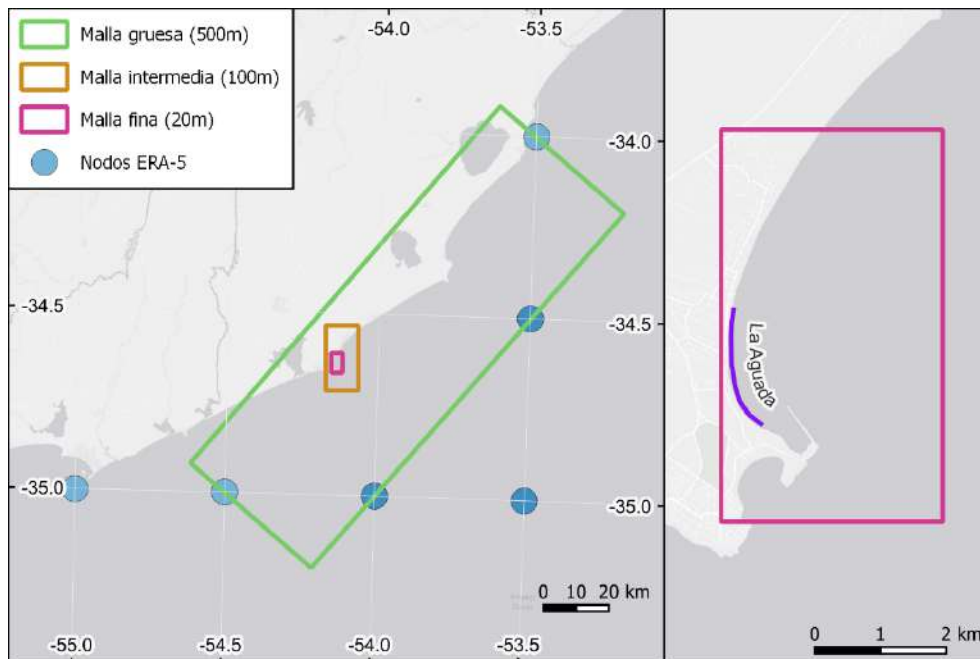


Figura 4-6 – Mallas utilizadas en el modelo SWAN para la propagación del oleaje.

### 4.3.5. CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL CLIMA MARÍTIMO

#### 4.3.5.1. Régimen medio de viento

La Figura 4-7 presenta el régimen medio de velocidad y dirección de viento (velocidad media en 10 minutos a 10 m de altura sobre la superficie del mar, según se describe en la sección 4.3.2) característico de la zona de estudio.

Vw-Dw	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-2	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	4%
2-4	1,0%	1,1%	1,1%	1,2%	1,1%	1,1%	1,1%	0,9%	0,9%	0,8%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,7%	0,8%	14%
4-6	2,0%	2,5%	2,6%	2,2%	1,8%	1,5%	1,4%	1,4%	1,5%	1,4%	1,1%	0,9%	0,8%	0,8%	1,0%	1,5%	24%
6-8	2,1%	3,3%	3,9%	2,4%	1,4%	1,3%	1,2%	1,4%	1,8%	1,8%	1,4%	1,0%	0,8%	0,7%	0,8%	1,2%	27%
8-10	0,9%	2,4%	3,4%	1,4%	0,7%	0,6%	0,6%	0,9%	1,3%	1,8%	1,5%	1,0%	0,6%	0,4%	0,3%	0,4%	18%
10-12	0,1%	0,7%	1,4%	0,5%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,7%	1,2%	1,1%	0,7%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%	8%
12-14	0,0%	0,1%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,5%	0,7%	0,5%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	3%
14-16	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	1%
16-18	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
18-20	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		0%
20-22							0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		0,0%		0%
22-24											0,0%	0,0%					0%
Total	6%	10%	13%	8%	6%	5%	5%	5%	7%	8%	7%	5%	4%	3%	3%	4%	100%

Figura 4-7 – Frecuencia media anual de velocidad y dirección de viento sobre el mar.

#### 4.3.5.2. Régimen medio y extremo de nivel de mar

La Figura 4-8 presenta la distribución de probabilidad acumulada empírica (régimen medio) del nivel de mar en La Paloma. Esta distribución está construida a partir de la serie de datos que combina datos medidos y de los *hindcast* descrita en la sección 4.3.3.

Por otro lado, para estimar el régimen extremo de nivel de mar en puerto se considera que resulta más adecuado usar la serie de máximos anuales de nivel de mar medido por DNH/DINAGUA que la serie horaria reconstruida descrita en la sección 4.3.3. Por un lado, los datos de *hindcast* pueden tener errores en los eventos puntales, que si bien no generan inconvenientes cuando se trabaja con toda la información (como es el caso del régimen medio) sí pueden generar algún sesgo cuando se trabaja solo con algunos eventos seleccionados (como es el caso del régimen extremo); por otro lado, la serie de máximos anuales medidos cubre un período de tiempo mayor que las series horarias medidas y de los *hindcast*, lo que redundará en una reducción en la incertidumbre en la caracterización del régimen de extremos.

Para la caracterización del régimen de extremos de nivel de mar en puerto se ajustan las distribuciones Gumbel y generalizada de extremos (GEV) a la serie de máximos anuales medida en La Paloma por DNH/DINAGUA, utilizando el método de los momentos L para estimar los parámetros de la distribución y la técnica de *bootstrapping* no paramétrica para la estimación de los límites del intervalo de confianza de 90%. La Figura 4-9 presenta el régimen de extremos de nivel de mar obtenido. En lo que sigue se trabajará con el ajuste obtenido con la distribución GEV.

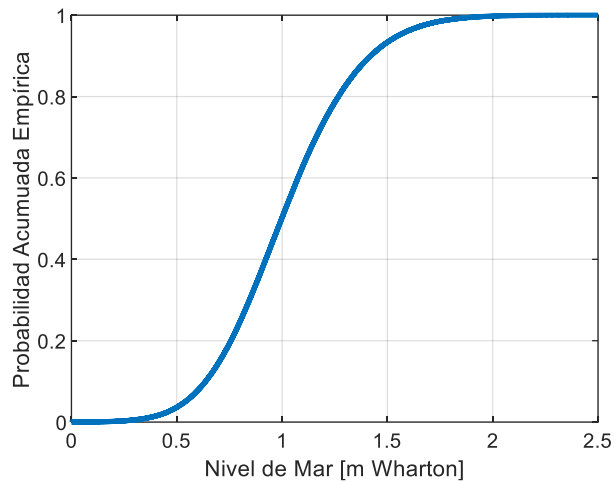


Figura 4-8 – ECDF Nivel combinado

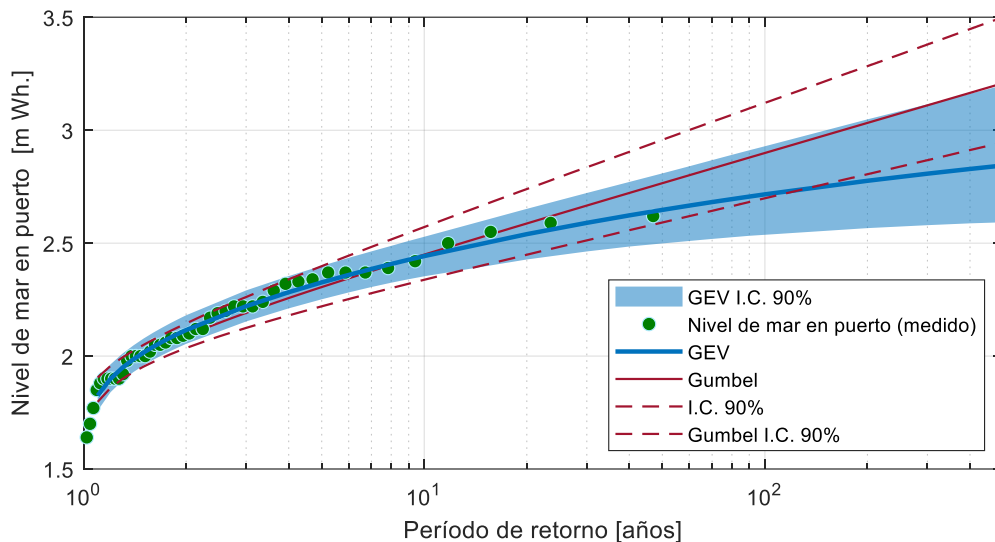


Figura 4-9 – Régimen de extremos del nivel de mar en La Paloma, estimado a partir de la serie de máximos anuales medida por DNH/DINAGUA.

#### 4.3.5.3. Régimen medio y extremo de oleaje

Para la etapa de diagnóstico y diseño de alternativas se utilizará el oleaje propagado hasta distintos puntos ubicados a lo largo del arco de playa de La Aguada (ver Figura 4-10). A efectos de resumir el régimen medio y extremo de oleaje en la zona, en este informe se presentan únicamente los resultados correspondientes al nodo “LA02”.



A continuación, se presentan el régimen medio anual conjunto de ocurrencia de: altura de ola significativa y dirección media (Figura 4-11), altura de ola significativa y período medio (Figura 4-12), y período medio y dirección media (Figura 4-13). Por último, la Figura 4-14 presenta el régimen de extremos de altura de ola significativa, obtenido mediante el método de picos sobre el umbral (POT); en este caso se ha utilizado el método de Solari et al. (2017)<sup>1</sup> para determinar el umbral más adecuado para el ajuste de las distribuciones de extremos; el método de los momentos L para estimar los parámetros de las distribuciones Exponencial y Generalizada de Pareto (GPD), y la técnica de *bootstrapping* no paramétrica para la estimación de los límites del intervalo de confianza de 95%.

---

<sup>1</sup> Solari, S., Egüen, M., Polo, M.J., Losada, M.Á., 2017. Peaks Over Threshold (POT): A methodology for automatic threshold estimation using goodness of fit p-value. *Water Resour. Res.* 53, 1–17. <https://doi.org/10.1002/2016WR019538>. Received

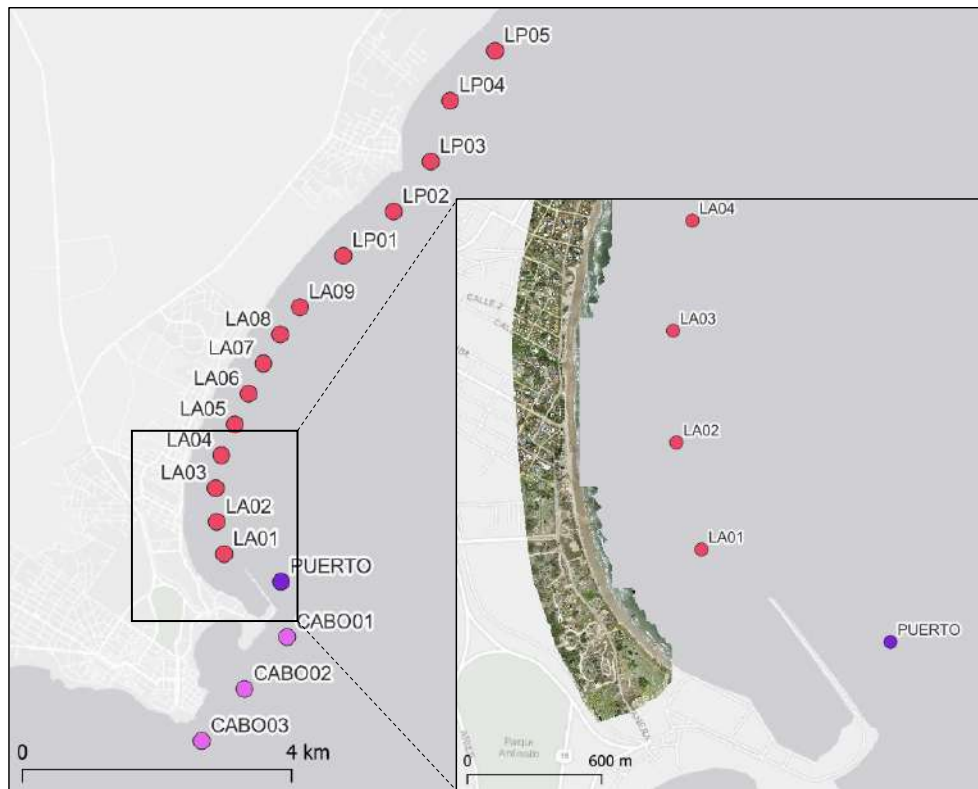


Figura 4-10 – Ubicación de nodos de referencia en los que se saca el oleaje frente al arco de playa de La Aguada.

Hs-Dm	ENE	E	ESE	SE	Total
0-0.4	0,0%	1,4%	0,4%		2%
0.4-0.8	1,6%	28,1%	6,7%	0,0%	36%
0.8-1.2	2,8%	31,6%	11,2%	0,0%	46%
1.2-1.6	1,1%	9,5%	3,2%	0,0%	14%
1.6-2.0	0,1%	1,7%	0,3%		2%
2.0-2.4	0,0%	0,3%	0,0%		0%
2.4-2.8	0,0%	0,0%			0%
Total	6%	73%	22%	0%	100%

Figura 4-11 – Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa y dirección media en el nodo La Aguada LA02.

Hs-Tm	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
0-0.4		0,0%	0,2%	0,5%	0,6%	0,3%	0,2%	0,0%	0,0%	2%
0.4-0.8	0,1%	1,3%	5,3%	11,0%	11,2%	5,4%	1,9%	0,4%	0,0%	36%
0.8-1.2	0,1%	1,8%	6,9%	10,4%	12,2%	9,1%	4,0%	0,8%	0,1%	46%
1.2-1.6	0,0%	0,3%	1,6%	3,1%	3,0%	2,8%	2,0%	0,8%	0,1%	14%
1.6-2.0		0,0%	0,2%	0,4%	0,5%	0,5%	0,3%	0,2%	0,0%	2%
2.0-2.4			0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0%
2.4-2.8				0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		0%
Total	0%	3%	14%	25%	28%	18%	8%	2%	0%	100%

Figura 4-12 – Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa y período medio en el nodo La Aguada LA02.

Tm-Dm	ENE	E	ESE	SE	Total
4	0,1%	0,1%	0,0%		0%
5	1,2%	2,2%	0,1%	0,0%	3%
6	2,4%	11,1%	0,7%	0,0%	14%
7	1,5%	20,6%	3,3%		25%
8	0,3%	21,3%	6,1%	0,0%	28%
9	0,0%	11,8%	6,4%		18%
10	0,0%	4,5%	3,9%		8%
11		1,0%	1,2%		2%
12		0,1%	0,1%		0%
Total	6%	73%	22%	0%	100%

Figura 4-13 – Frecuencia media anual conjunta de período y dirección medias en el nodo La Aguada LA02.

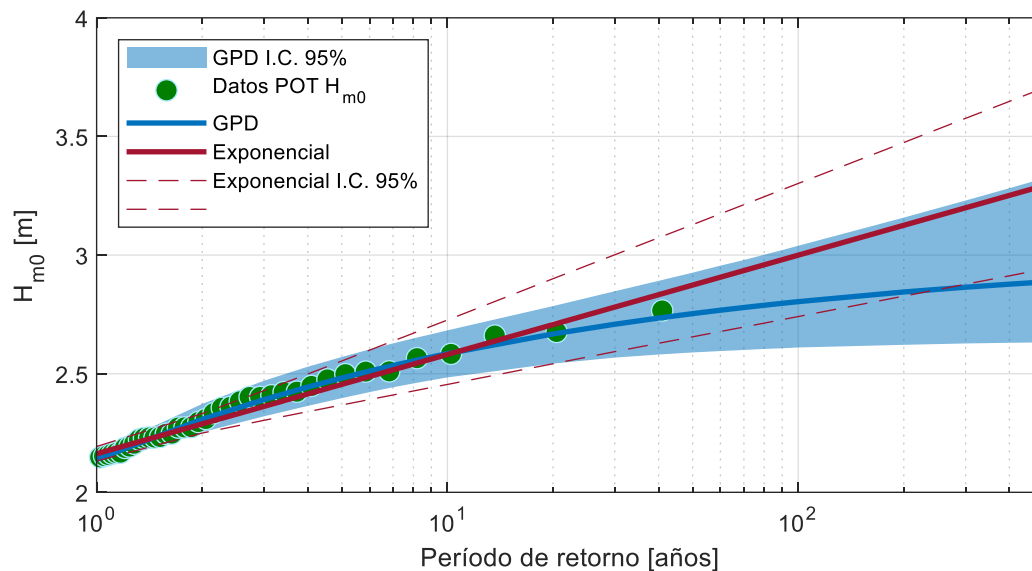


Figura 4-14 – Régimen de extremos de altura de ola significativa en el nodo La Aguada LA02.

#### 4.3.5.4. Régimen conjunto de altura de ola significativa y nivel de mar

La Figura 4-15 presenta el régimen medio anual conjunto de altura de ola significativa en el punto “LA02” y el nivel de mar en puerto (referido al cero Wharton).

Hs-SL	-0.5 a 0	0 a 0.1	0.5 a 1	1 a 1.5	1.5 a 2	2 a 2.5	2.5 a 3	Total
0-0.4		0,0%	0,6%	1,1%	0,1%			2%
0.4-0.8		0,5%	16,5%	17,6%	1,8%	0,0%		36%
0.8-1.2	0,0%	1,9%	21,8%	18,7%	3,1%	0,1%	0,0%	46%
1.2-1.6	0,0%	1,1%	6,6%	4,9%	1,2%	0,1%		14%
1.6-2.0	0,0%	0,2%	0,9%	0,8%	0,2%	0,0%	0,0%	2%
2.0-2.4	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%		0%
2.4-2.8		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			0%
Total	0%	4%	47%	43%	6%	0%	0%	100%

Figura 4-15 – Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa y nivel de mar (referido al 0 Wharton).

#### 4.3.5.5. Régimen extremo de nivel de mar en playa

El nivel de mar total en playa puede diferir del nivel de mar medido en el puerto por el efecto del *set-up* de oleaje. Es previsible que la diferencia entre el nivel de mar en playa y el nivel de mar en puerto sea mayor en los puntos en que se tiene mayor exposición al oleaje.

Se aplica la siguiente metodología para estimar el régimen de extremos del nivel de mar total en playa:

1. Se utiliza la formulación de Stockdon et al. (2006)<sup>2</sup> para estimar la serie temporal de *set-up* en playa a partir de la serie de oleaje:

$$s = \beta_f (H_0 L_0)^{1/2}$$

en donde  $s$  es el *set-up* en playa [m],  $\beta_f$  es la pendiente de playa,  $H_0$  es la altura de ola significativa en aguas profundas y  $L_0$  es la longitud de onda en aguas profundas. El oleaje utilizado para calcular el *set-up* son las series de oleaje en los puntos indicados en la Figura 4-10. La pendiente de playa típica de la zona se obtiene de relevamientos de perfiles de playa realizados por el IMFIA, utilizándose un valor uniforme igual a 7% para todo el arco de playa.

<sup>2</sup> Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., & Sallenger, A. H. (2006). Empirical parameterization of setup, swash, and runup. Coastal Engineering, 53(7), 573–588. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2005.12.005>

2. Se suma la serie horaria de nivel de mar en puerto descrita en la sección 4.3.3 a la serie de *set-up* calculada previamente, obteniéndose una serie horaria de nivel de mar total en playa.
3. Se estima el régimen de extremos de nivel de mar en puerto y nivel de mar total en playa a partir de las series horarias de estas variables, y se calcula la diferencia entre ambos regímenes extremos para distintos períodos de retorno, así como el incremento en la amplitud de los intervalos de confianza.
4. Estos incrementos en el régimen de extremos y en la amplitud de los correspondientes intervalos de confianza se suman al régimen de extremos de nivel de mar en puerto, calculado a partir de la serie de máximos anuales medidos por DNH/DINAGUA (Figura 4-9 en sección 4.3.5.2), obteniéndose una estimación del régimen de extremos del nivel de mar total en playa que combina la información histórica de niveles de mar máximos anuales medidos en puerto con la información de oleaje y *set-up* calculada en este proyecto.

La Figura 4-16, presenta el régimen de nivel de mar total en playa estimados para el punto “LA03”. Se observa que en este tramo de costa el aporte del *set-up* a los niveles de mar extremos en playas es unos 30 cm aproximadamente.

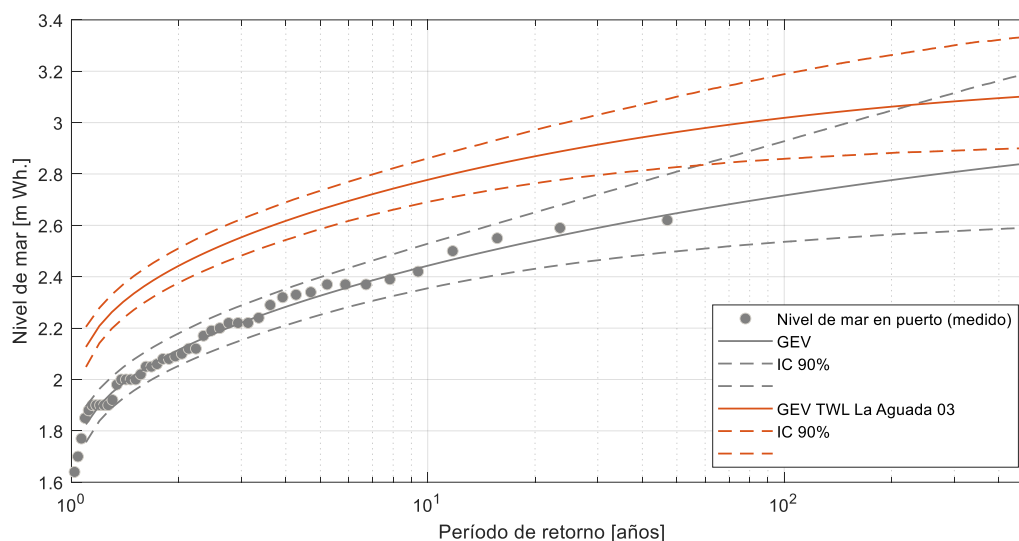


Figura 4-16 – Régimen de extremos del nivel de mar total en playa (TWL) correspondiente al punto “La Aguada 03” (en rojo), junto con el régimen de extremos del nivel de mar en puerto (en gris).

## 4.4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LÍNEA DE COSTA

### 4.4.1. DATOS UTILIZADOS

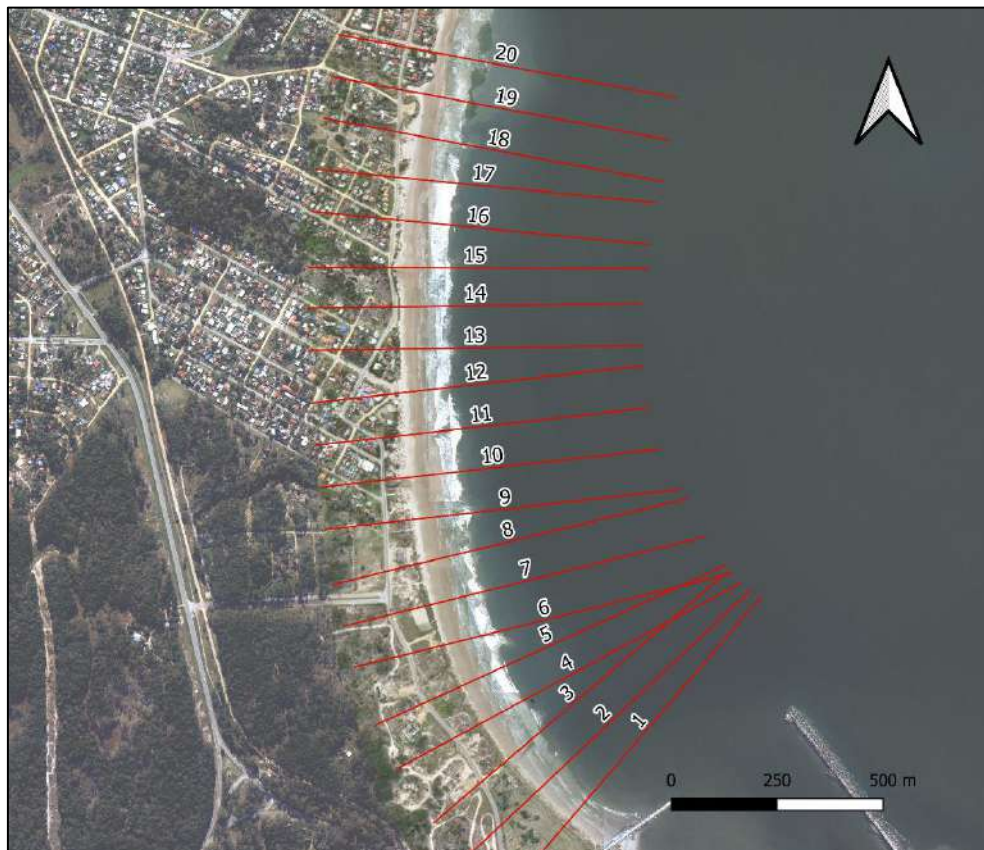
Para el análisis de la evolución histórica de la línea de costa se utiliza información satelital obtenida mediante la herramienta CoastSat<sup>3</sup>. Definida una región de interés, esta herramienta descarga las imágenes satelitales de las colecciones Sentinel 2 y Landsat 5, 7, 8 y 9 desde Google Earth Engine, aumenta su resolución mediante un algoritmo de *pansharpenning*, y finalmente identifica la posición de la línea de costa en cada una de las imágenes. Una vez obtenidas las líneas de costa, se definen perfiles de playa y, para cada perfil, se determina la progresiva a la que se encuentra la línea de costa para cada imagen satelital. En este caso, se definieron perfiles cada 100 m, totalizando 20 perfiles a lo largo de la zona de estudio (ver Figura 4-17).

Dado que tanto la georreferenciación de las imágenes satelitales como el algoritmo de identificación de la línea de costa implementado en CoastSat pueden presentar sesgos hacia

<sup>3</sup> Vos, K., Splinter, K. D., Harley, M. D., Simmons, J. A., & Turner, I. L. (2019). CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environmental Modelling and Software*, 122, 104528. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528>

el mar o hacia tierra para los distintos satélites, se realiza la siguiente corrección de sesgos en los resultados, previo a su análisis:

- Las progresivas de línea de costa provenientes del satélite Landsat 9 se corrigen con las progresivas del satélite Sentinel 2 utilizando la diferencia entre las medianas del año 2022.
- Las progresivas provenientes de los satélites Landsat 7 y Landsat 8 se corrigen con las progresivas del satélite Sentinel 2 utilizando la diferencia entre las medianas del período común 2016-2022.
- Las progresivas provenientes del satélite Landsat 5 se corrigen con las progresivas del satélite Landsat 7 (ya corregidas) utilizando la diferencia entre las medianas del período común 2000-2011.



*Figura 4-17 – Localización de los perfiles utilizados para el análisis de la evolución de la línea de costa a partir de imágenes satelitales.*

#### 4.4.2. TENDENCIAS

Para cuantificar la tendencia a la erosión o acreción de la línea de costa se procedió de la siguiente forma:

1. Se determinó la mediana de la progresiva de la línea de costa en cada uno de los perfiles usando los datos de los períodos 1985-1994 (período inicial) y 2013-2022 (período final). Estas dos posiciones medianas de la línea de costa están separadas entre sí 28 años.
2. Para cada perfil se calculó la tasa de cambio de la posición de la línea de costa en m/año, como la diferencia entre la mediana de 2013-2022 y la mediana de 1985-1994, dividido entre los 28 años de diferencia entre ambas. Las tasas de cambio positivas (negativas) corresponden a acreción (erosión).
3. La tasa de erosión (acreción) también se cuantificó en términos de volumen de material perdido (ganado) por año en cada perfil ( $m^3/año$ ), multiplicando la tasa de cambio de la posición de la línea de costa por 100 m (distancia entre perfiles) y por la altura activa del perfil, calculada como la suma de la diferencia de cota entre la berma de la playa (estimada a partir de los relevamientos de perfil de playa realizados por el IMFIA y del MDT del servicio de Infraestructura de Datos Espaciales) y la profundidad de cierre. Esta última se calcula para cada perfil utilizando la formulación de Nicholls et al. (1996)<sup>4</sup>, la cual establece que la profundidad de cierre es:

$$h_c = 2,28H_e - 68,5 \left[ \frac{H_e^2}{gT_e^2} \right];$$

en donde  $H_e$  es la altura de ola significativa excedida en promedio 12 hrs al año y  $T_e$  es el período asociado; para el cálculo de la profundidad de cierre se utiliza en cada perfil la serie de oleaje del nodo costero más próximo (ver Figura 4-10). Para ubicar en planta la curva correspondiente a la profundidad de cierre se utiliza la batimetría local suministrada por la Intendencia de Rocha.

Este análisis se realiza sin corregir la posición de la línea de costa por efecto del nivel de mar al momento del registro de la imagen satelital. Esto se justifica en que: (a) se trabaja con la mediana de las progresivas y no con las progresivas instantáneas, por lo que el resultado es asimilable a una condición de nivel medio; (b) para hacer la corrección de la progresiva por el nivel de mar es necesario tener el dato medido (no de *hindcast*) en el momento en que se tomó la imagen satelital, lo que implica que se deban descartar todas aquellas imágenes para las que no hay dato medido, con la subsecuente pérdida de información que esto implica.

<sup>4</sup> Nicholls, R.J., W.A. Birkemeier, and R.J. Hallermeier, "Application of the Depth of Closure Concept," Proc. 25th Intl. Conf. Coastal Eng., ASCE, Orlando, 3874–3887, 1996.



La mediana de la posición de la línea de costa se realiza considerando períodos de 10 años para: (a) minimizar la influencia de la variabilidad interanual y los ciclos climáticos de varios años (e.g. períodos de Niño/Niña) en el cálculo de las tendencias; y (b) para tener suficientes datos de posición de línea de costa en el período inicial (1985-1994), en el cual la frecuencia de muestreo satelital era sensiblemente menor a la actual.

En todo el análisis se usa la mediana en lugar de la media para reducir la sensibilidad de los resultados a valores de progresiva de la línea de costa particularmente altos o bajos, ya sea que estos sean reales u originados en errores del algoritmo de identificación de la línea de costa implementado en CoastSat.

La Figura 4-18 presenta el cambio en la mediana de la posición de la línea de costa calculada para los períodos 1985-1994 y 2013-2022 para cada perfil en la playa de La Aguada. En general se observa que se ha registrado un avance de la línea de costa en este período en casi todo el tramo de estudio, con valores que en algunos casos superan los 10 m de avance, excepto en los 400 m de playa ubicado al norte de la zona de estudio, en el límite entre La Aguada y Costa Azul, en donde se tienen retrocesos de hasta 10 m. La Figura 4-19 presenta las tasas de erosión o acreción para cada perfil, tanto en m/año como en m<sup>3</sup>/años; considerando la zona de estudio en su conjunto; se observa que el tramo sur tiene un superávit de sedimentos, mientras que el tramo norte presenta un déficit de sedimentos. Tomando el tramo de estudio en su conjunto, el balance de sedimentos es positivo, con un superávit de aproximadamente 1.000 m<sup>3</sup>/año en el período analizado. En la Figura 4-20 se presenta la mediana de la línea de costa para ambos períodos y se señalan en rojo (verde) las áreas erosionadas (de acumulación); en el período analizado se han ganado en la zona de estudio aproximadamente 0,4 ha de playa.

La Figura 4-21 presenta el cambio en la mediana de la posición de la línea de costa calculada para los períodos 1985-1994 y 2013-2022 para tres perfiles a lo largo de todo el arco de playa La Paloma – La Pedrera: un perfil en La Aguada, uno en Arachania y uno llegando a La Pedrera. Se observa que si bien en la zona de La Aguada ha habido avance de la línea de costa, en el resto del arco se tiene que ha existido un retroceso de la línea de costa del orden de los 5 m (en los 28 años comprendidos entre 1985-1994 y 2013-2022).



Figura 4-18 – Cambio en la posición de la línea de costa entre mediana 1985-1994 y mediana 2013-2022.

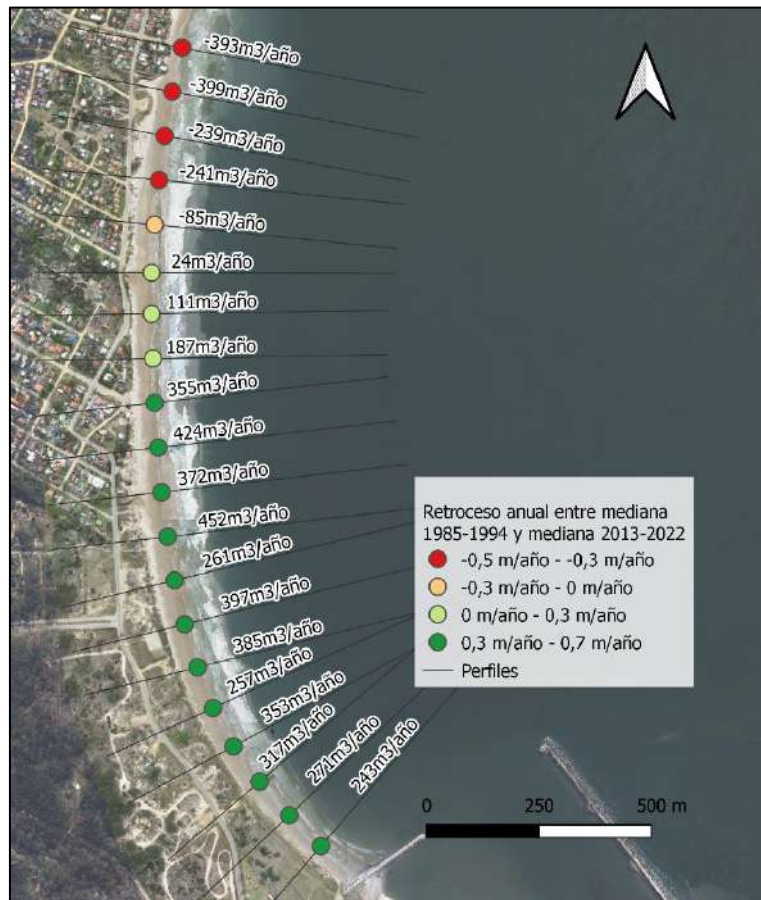


Figura 4-19 – Tasas anuales de erosión/acreción en cada perfil, expresadas en términos de cambio en la posición de la línea de costa (m/año) y cambio de volumen (m³/año). Valores negativos (positivos) corresponden a erosión (acreción).

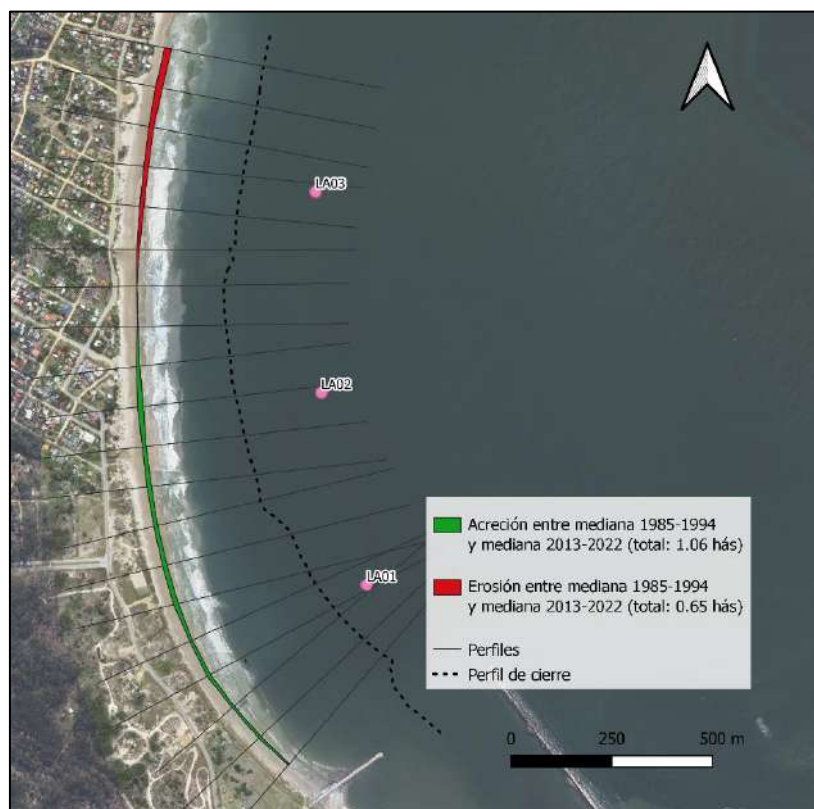


Figura 4-20 – Zonas de erosión (rojo) y acreción (verde) entre mediana 1985-1994 y mediana 2013-2022.

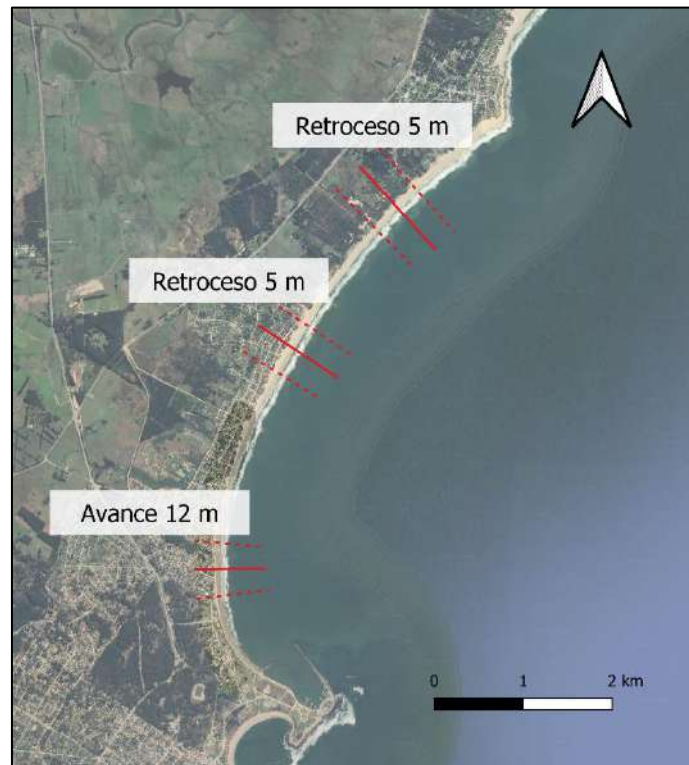


Figura 4-21 – Cambio en la posición de la línea de costa entre mediana 1985-1994 y mediana 2013-2022, calculada para tres perfiles a lo largo del arco de playa La Paloma – La Pedrera. Cada perfil es representativo de 600 m de costa.

#### 4.4.3. VARIABILIDAD A CORTO PLAZO

La variabilidad a corto plazo del perfil de playa incluye el avances y retrocesos del perfil por efecto de tormentas y períodos de calma, el ciclo anual de erosión y acreción de playa y la variabilidad interanual producto de la existencia de años más severos y menos severos, entre otros, pero deja por fuera la tendencia a largo plazo de erosión o acreción caracterizada en el apartado anterior.

Esta variabilidad se caracteriza calculando la desviación estándar de la posición de una curva de nivel fija (en este caso la curva correspondiente al nivel medio del mar), por lo tanto, resulta necesario tener en cuenta el nivel de mar al instante de la toma de las imágenes satelitales.

Para el cálculo de la desviación estándar se procede de la siguiente forma:

1. Se utiliza únicamente la información satelital obtenida desde 2013 en adelante, dado que en este período se dispone de un volumen de información significativamente

- mayor al disponible en el período previo a 2013, producto de la incorporación de las imágenes de los satélites Landsat 8, Sentinel 2 y, más recientemente, Landsat 9.
2. Para el análisis se seleccionan únicamente algunos perfiles en los que se ha observado que no existe una tendencia de cambio en la posición de la línea de costa en el período 2013 – actualidad.
  3. Se determina el nivel de mar medido en puerto al momento de la toma de las imágenes satelitales. Se descartan todas las imágenes para las que no se dispone de medición de nivel de mar.
  4. Utilizando una ventana móvil de 60 cm, se determina la mediana de la progresiva de la línea de costa para cada valor del nivel de mar, tomando el nivel de mar cada 10 cm (esto resulta en una estimación del perfil de playa a partir de las imágenes satelitales, al menos en el rango de cotas para las cuales se tienen imágenes satelitales; ver Figura 4-22).
  5. A cada dato de progresiva de la línea de costa se le resta el valor de la mediana correspondiente al nivel de mar registrado al momento de la captura de la imagen, obteniéndose así una serie de datos de progresiva con media cero, asimilables a la posición del perfil de playa respecto a su posición media (este proceso es equivalente a trasladar la línea de costa instantánea hasta la curva de corte del perfil con el nivel medio de mar, usando siempre la misma forma del perfil de playa). Los datos resultantes de esta transformación se muestran en la Figura 4-23.
  6. Por último, asumiendo una distribución normal para la posición del perfil de playa, la desviación estándar de dicha posición se calcula como el rango inter-cuartiles dividido entre 1,349, lo que reduce la sensibilidad de la estimación a la presencia de valores atípicamente altos o bajos.
  7. Asumiendo independencia entre los datos obtenidos, se estima el retroceso esperable para períodos de retorno de 10 años y 100 años.

Este procedimiento de análisis se aplicó a todos los perfiles (las figuras Figura 4-22 y Figura 4-23 presentan un ejemplo de aplicación al perfil 10; la Figura 4-24 presenta la evolución de la progresiva de la línea de costa para este mismo perfil de playa); los resultados obtenidos en todos los casos fueron similares, por lo que se toman los siguientes resultados como representativos de toda la playa:

- Retroceso del perfil para 10 años de período de retorno: 25 m con una desviación estándar de 2 m.
- Retroceso del perfil para 100 años de período de retorno: 31 m con una desviación estándar de 2.4 m.

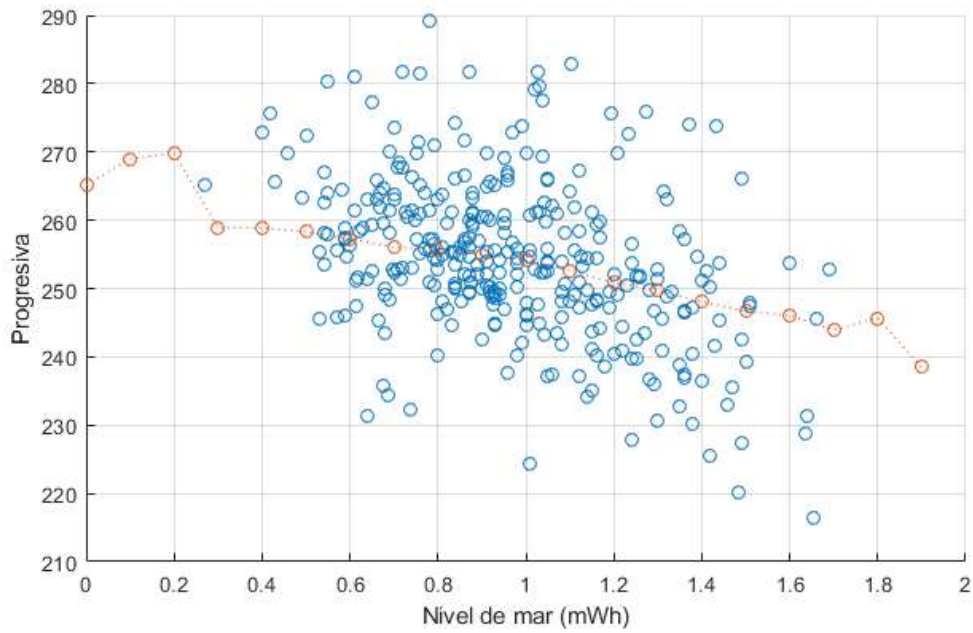


Figura 4-22 – Progresiva de la línea de costa y nivel de mar concomitante (puntos azules). Mediana de la progresiva para cada nivel de mar (puntos naranja). Datos correspondientes al Perfil 10 (428) en la Figura 4-17.

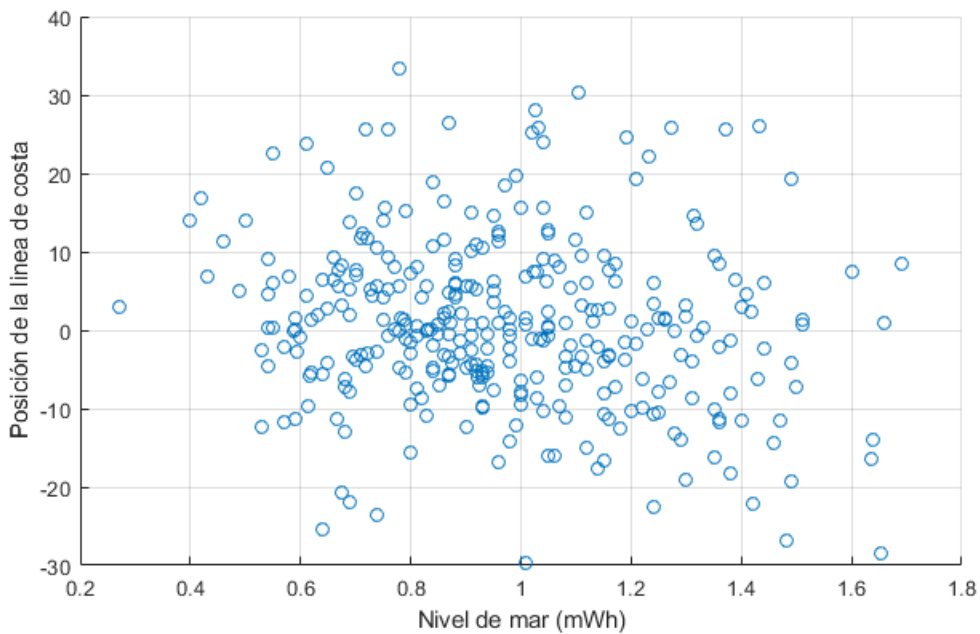


Figura 4-23 – Avance/retroceso del perfil de playa y nivel de mar concomitante.

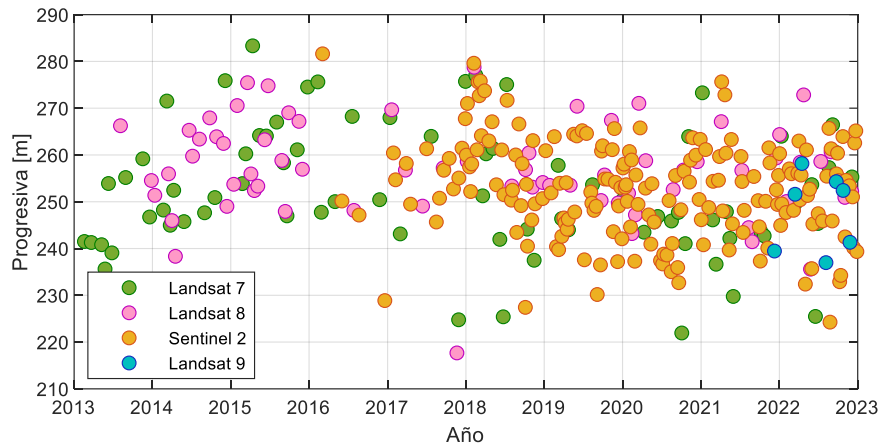


Figura 4-24 – Evolución de la progresiva de la línea de costa en el perfil 10 para el período 2013-2022.

#### 4.4.4. ANÁLISIS DE EQUILIBRO EN PLANTA A LARGO PLAZO

Se utiliza la parábola de equilibrio en planta para analizar la estabilidad a largo plazo del arco de playa La Paloma – La Pedrera, mediante el uso de la herramienta MepBay (Klein et al. 2003<sup>5</sup>). Para la aplicación de la parábola de equilibrio se deben definir tanto el punto de difracción del oleaje (punto duro aguas arriba, en términos de corriente litoral) y la orientación de la costa en el límite aguas abajo corriente litoral de la playa. Para este último parámetro se considera la orientación de la playa en el extremo norte del arco de playa (playa del barco en La Pedrera). La definición del punto de difracción del oleaje en cambio no resulta evidente, por lo que se prueba con tres puntos posibles: arranque del dique de abrigo del puerto, morro del dique de abrigo del puerto y zona de bajos ubicada inmediatamente al Este del dique de abrigo del puerto.

La Figura 4-25 presenta el resultado obtenido de aplicar la parábola de equilibrio considerando distintos puntos de difracción del oleaje. Se observa que en todos los casos la posición de equilibrio estático a largo plazo está notoriamente por detrás de la línea de costa actual, aunque en el caso de considerar que el punto de difracción se encuentra en la zona de bajos la distancia entre la línea de costa actual y la de equilibrio estático se reduce de

<sup>5</sup> Klein, A. H. da F., Vargas, A., Raabe, A. L. A., & Hsu, J. R. C. (2003). Visual assessment of bayed beach stability with computer software. *Computers & Geosciences*, 29(10), 1249–1257. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2003.08.002>



forma significativa. De acuerdo con lo discutido en Hsu et al. (2021)<sup>6</sup>, esta situación se asocia a condiciones de equilibrio dinámico o retroceso de la línea de costa, según exista o no aporte de sedimento al sistema (la dinámica de transporte de sedimentos en el sistema se analiza en el apartado siguiente).

De forma complementaria, y a modo de contar con una aplicación local de la parábola de equilibrio que, de mayor tranquilidad en cuanto a su uso en la zona de estudio, se utilizó MepBay para construir las formas de equilibrio en planta a largo plazo correspondientes a la zona de la Bahía de La Paloma. La Figura 4-26 presenta los resultados obtenidos. Se observa que la línea de costa actual se ajusta razonablemente bien a la forma en planta de equilibrio estático a largo plazo, lo cual es coherente con la inexistencia de tendencias de erosión o acreción en esta playa.



*Figura 4-25 – Formas de equilibrio estático en planta a largo plazo para el arco de playa La Paloma – La Pedrera, considerando como punto de difracción del oleaje, el arranque del dique de abrigo del puerto (panel a), el morro del dique de abrigo (panel b) y la zona de bajo ubicada al Este del dique (panel c).*

<sup>6</sup> Hsu, J.R.C., Lee, J.L., Klein, A.H.F., González, M., Medina, R. 2021. Headland-Bay Beaches. Static Equilibrium Concept for Shoreline Management. Advances Series on Ocean Engineering. Volume 53. World Scientific Publishing.



Figura 4-26 – Formas de equilibrio estático en planta a largo plazo para la zona de la bahía de La Paloma.

## 4.5. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

En este tramo de costa el transporte potencial de arena en playa producto del transporte litoral es varios órdenes de magnitud mayor al transporte potencial eólico (ver Solari et al. 2018<sup>7</sup>), por lo que se procede a estimar únicamente el transporte potencial litoral de arena generado por el oleaje.

Se calcula el transporte litoral potencial en los perfiles de playa de los extremos sur y norte de la zona de estudio (ver Figura 4-17), utilizando para ello la fórmula del CERC:

$$Q_{cerc} = k_{cerc} c_g H_b^2 \sin 2\alpha_{bs}$$

<sup>7</sup> Solari, S., Alonso, R., Teixeira, L., 2018. Analysis of Coastal Vulnerability along the Uruguayan coasts. J. Coast. Res. 85, 1536–1540. <https://doi.org/10.2112/SI85-308.1>

Usando el coeficiente de calibración  $k_{cerc}$  propuesto por Mil-Homens et al. (2013)<sup>8</sup>:

$$k_{cerc} = \left[ \left( 2232.7 \left( \frac{H_b}{L_o} \right)^{1.45} + 4.505 \right) \left( 16 \left( \frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right) (1 - p) \right) \right]^{-1}$$

En donde  $\alpha_{bs}$  es el ángulo en la rompiente relativo a la costa (ver Figura 4-27),  $H_b$  es la altura de ola en la rompiente,  $c_g$  es la celeridad de grupo en la rompiente,  $L_o$  es la longitud de onda en aguas profundas,  $\rho_s$  y  $\rho_w$  son la densidad de la arena y del agua, respectivamente, y  $p$  es la porosidad de la arena. Para el cálculo de las características del oleaje en la rompiente en cada perfil se propaga el oleaje desde el nodo costero más próximo (ver Figura 4-10) hasta la rompiente mediante ley de Snell, considerando como criterio de rotura la relación  $H_b/h = 0,6$ .

Según la convención de ángulos utilizada, el sentido del transporte litoral positivo (negativo) corresponde a transporte hacia la derecha (izquierda) para un observador que esté parado en la playa mirando hacia el mar; en este caso esto se traduce en transporte hacia el sur (norte) cuando el valor es positivo (negativo). Un esquema de esta convención se presenta en la Figura 4-27.

La Figura 4-28 muestra el transporte litoral potencial neto anual en los perfiles extremos Norte y Sur de la playa de La Aguada. Se observa que el transporte neto es similar en ambos perfiles (360.000 m<sup>3</sup>/años), lo cual es coherente con la situación de línea de costa relativamente estable determinada previamente. A su vez, se tiene que el transporte bruto en la zona es del mismo orden de magnitud que el transporte neto (540.000 m<sup>3</sup>/año en el tramo Norte de la zona de estudio).

---

<sup>8</sup> Mil-Homens, J., Ranasinghe, R., van Thiel de Vries, J.S.M., Stive, M.J.F., 2013. Re-evaluation and improvement of three commonly used bulk longshore sediment transport formulas. *Coast. Eng.* 75, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.01.004>

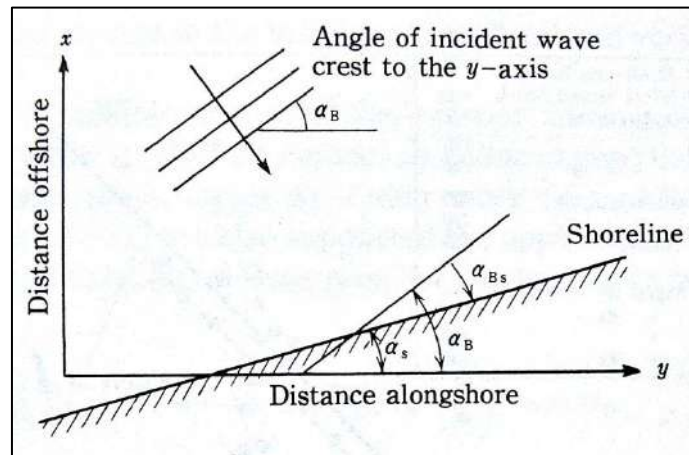


Figura 4-27 – Convención de ángulos (tomado de figura 3.2 de Horikawa 1988 Part IV).

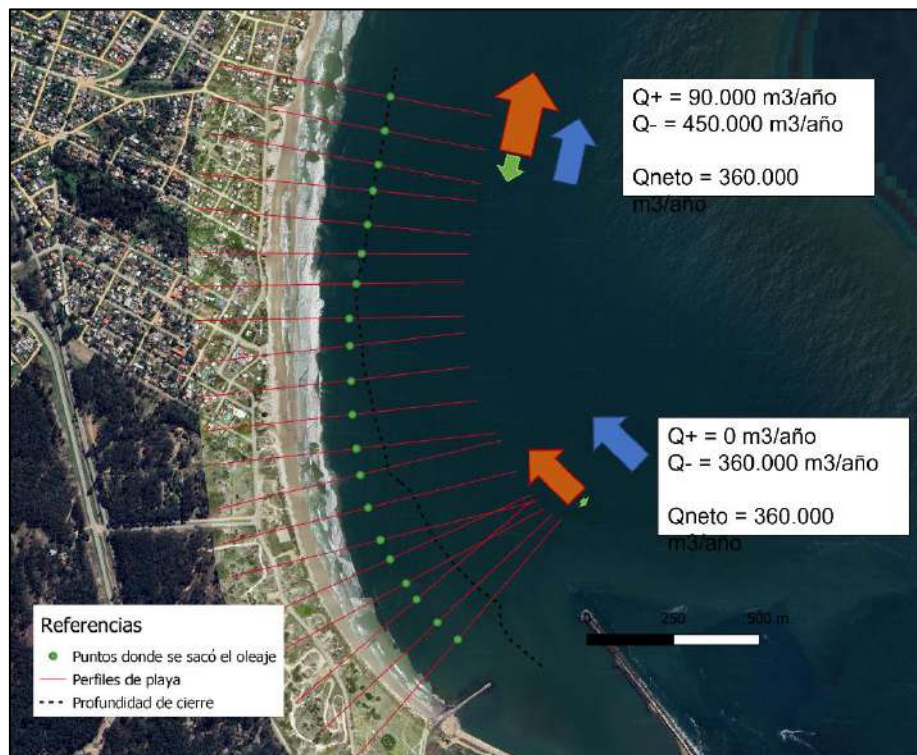


Figura 4-28 – Transporte litoral medio anual positivo (flechas verdes), negativo (flechas naranjas) y neto (flechas azules), para los perfiles inicial (sur) y final (norte) de la zona de estudio.

#### 4.5.1. POTENCIAL *BYPASS* DE ARENA A TRAVÉS DEL CABO SANTA MARÍA Y EL PUERTO DE LA PALOMA

Que la línea de costa en La Aguada sea estable o, inclusive, que esté experimentando acreción (ver sección 4.4.2), y que esté por delante de la que sería la posición de equilibrio estático a largo plazo (ver sección 4.4.4), es indicativo de que existe un aporte de sedimento al sistema que permite mantener esta situación. Esto a su vez es coherente con el transporte litoral potencial neto negativo aproximadamente constante identificado arriba. Sin embargo, para que en la zona de estudio entre por el sur aproximadamente el mismo volumen de arena que sale por el norte (aprox. 360.000 m<sup>3</sup>/año), es necesario que exista un aporte de sedimentos al sistema que estaría entrando mayoritariamente por el tramo sur de la zona de estudio o, en su caso, por la frontera marítima (i.e. transporte transversal a la playa).

Visto estos resultados, se tomará como hipótesis de trabajo que existe un aporte de sedimentos al sistema y que dicho aporte proviene del *bypass* de sedimentos por fuera de la punta rocosa Cabo Santa María – Puerto de La Paloma. La Figura 4-29 presenta esta hipótesis de forma gráfica, junto con un detalle de la batimetría de la zona en la que estaría ocurriendo el *bypass*. Más allá de los mecanismos y los tiempos involucrados en este *bypass* en particular, cabe señalar que la ocurrencia de este tipo de procesos es reconocida en la bibliografía especializada, sin desmedro de que su estudio detallado es relativamente reciente (ver Klein et al. 2020<sup>9</sup>). La Figura 4-31 presenta dos ejemplos (extraídos de Klein et al. 2020) de procesos involucrados en el *bypass* de sedimentos; uno de ellos hace hincapié en el transporte eólico mientras que otro se enfoca en el transporte generado por el oleaje. Para el caso de La Paloma, si bien es posible que haya existido *bypass* por transporte eólico previo a la urbanización y forestación de la zona de La Paloma (ver Figura 4-31), este *bypass* fue interrumpido hace ya más de 50 años (ver Figura 4-32). Visto el nivel de forestación y urbanización de la zona, es razonable suponer que el *bypass* eólico al día de hoy es a efectos prácticos nulo, por lo que se considerará en adelante que el *bypass* de arena ocurre únicamente por fuera de la punta rocosa.

Cabe señalar que esta es una hipótesis de trabajo que no es posible verificar en el marco de este proyecto, tanto por las limitaciones existentes en cuanto a recursos materiales y tiempos,

---

<sup>9</sup> Klein, A.H.F., Vieira da Silva, G., Tabora, R., da Silva, A.P., Short, A.D. 2020. Headland bypassing and overpassing: Form, processes and applications. Chap. 23 in D.W.T. Jackson & A.D. Short (Eds.) Sandy Beach Morphodynamics, Elsevier.

como por las limitaciones existentes en cuanto a información de campo. En este sentido, se recomienda realizar los estudios necesarios para verificar o refutar esta hipótesis de trabajo previo a proceder con la ejecución de las medidas de adaptación que surjan de este proyecto. Para ello, se recomienda estudiar el balance sedimentario de la unidad fisiográfica en su conjunto (incluyendo al menos todo el arco de playa La Paloma – La Pedrera) y acometer los siguientes estudios, sin desmedro de otros que pueden considerarse necesarios o complementarios:

- Medir oleaje en sitio, frente a las playas de La Aguada y frente a otras playas ubicadas más al norte, a fin de verificar que el oleaje modelado es correcto y, de esta forma, ganar confianza en las estimaciones del transporte litoral potencial.
- Medir corriente litoral en distintos puntos del arco de playa.
- Implementar un modelo bidimensional hidro-morfodinámico de la zona (incluyendo la punta rocosa Cabo Santa María – Puerto La Paloma), para analizar cualitativa y cuantitativamente los procesos de *bypass* a corto plazo (tormentas) y mediano plazo (años).
- Explorar la posibilidad de realizar campañas de campo para medir en sitio la potencial ruta y mecanismos de transporte de arena por fuera de la punta rocosa.



Figura 4-29 – Esquema de *bypass* de arena (izquierda) y detalle de la carta náutica ROU 19 (derecha).

Box 23.2 Headland bypassing and overpassing classification: main driver process and conceptual models			
Classification	Main driver process	Conceptual model	Examples
Headland overpassing (HO)	Wind-induced subaerial cross-headland sediment transport	<p>Adapted from McLachlan et al. (1994) and Pinto (2015).</p>	<p>Adapted from Vieira da Silva et al., (2016a) and Pinto (2015).</p>
Headland cross-embayment bypassing (HBE)	Wave shoaling-induced cross-embayment sand bypassing	<p>Adapted from Smith (2001).</p>	<p>Adapted from Goodwin et al. (2013).</p>
Headland bypassing: Waves + tides/wind HBSt/w/s HBNT/w/s HBEt/w/s	HBS HBN HBE assisted by tidal (t), wind (w) driven and/or shelf (s) currents	Examples: Vieira da Silva (2016b, 2018) 't' and 's' (Vieira da Silva, 2016a) 's' Byron Bay (Goodwin et al., 2016; see HBE 'offshore loss')	See Fig. 23.7 in Box 23.3.

Figura 4-30 – Ejemplos de mecanismos de bypass de salientes rocosas (tomado de Klein et al. 2020).

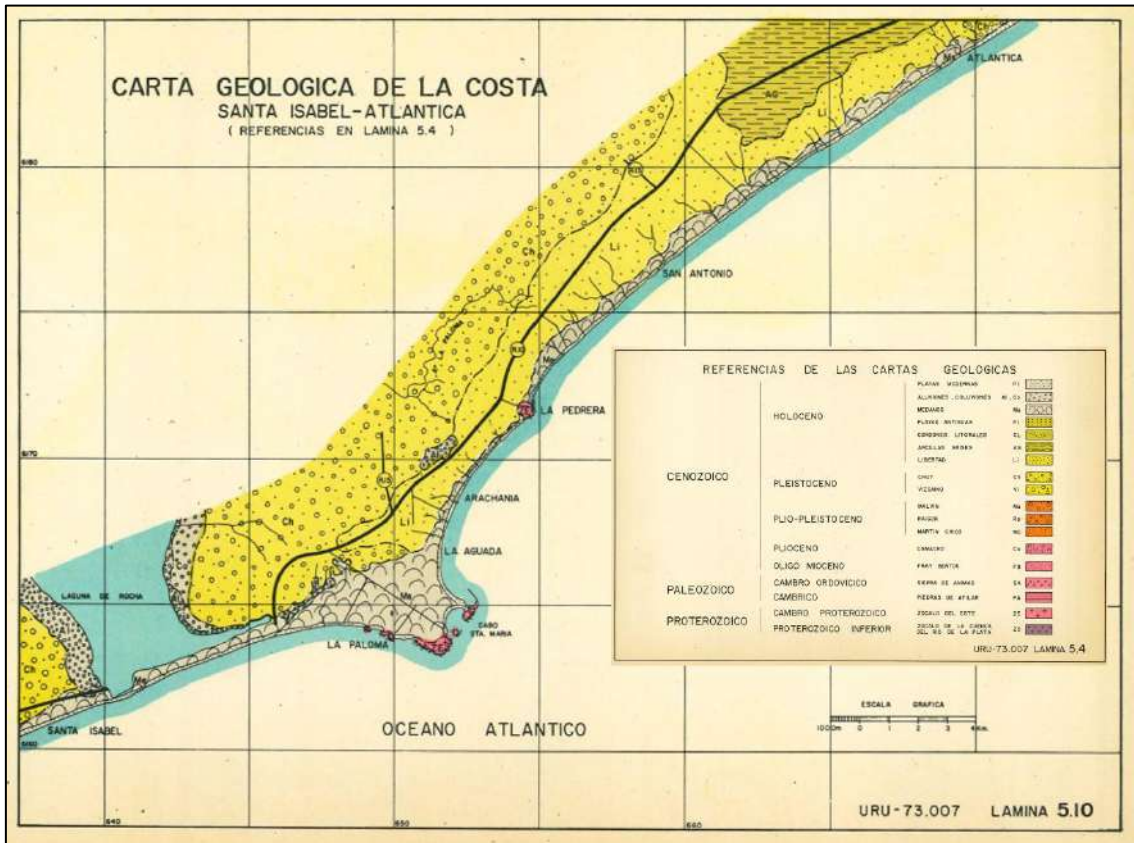


Figura 4-31 – Información geológica de la zona de La Paloma (extraído de MTOP (1979) Conservación y mejora de playas – URU.73.007).





*Figura 4-32 – Mosaico de las fotos aéreas de 1966, extraído del visualizador de la Infraestructura de Datos Espaciales.*

#### 4.6. RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL (LÍNEA BASE)

La playa de La Aguada presenta un transporte litoral potencial neto hacia el norte (ver sección 4.5) de aprox. 360.000 m<sup>3</sup>/año. Los resultados obtenidos indican que este transporte es uniforme en el tramo de costa estudiado, lo cual es coherente con lo observado en cuanto a la estabilidad/avance de la línea de costa en la zona (ver sección 4.4.2): del análisis de las imágenes satelitales se desprende que en la zona sur se ha ganado aproximadamente una hectárea de playa, mientras que en el norte ha perdido aproximadamente 0,6 has de playa en 28 años, lo que teniendo en cuenta la altura de playa activa, implica una ganancia de aproximadamente 1.000 m<sup>3</sup> de arena por año (ver sección 4.4.2). Por otro lado, el transporte litoral potencial bruto es aprox. 540.000 m<sup>3</sup>/año, lo que evidencia una importante dinámica de arena en la zona.

El análisis de equilibrio estático a largo plazo de la línea de costa (sección 4.4.4) indica que la playa se encuentra por delante de su posición de equilibrio estática, lo que implicaría una playa en fuerte retroceso (lo que se verificó no ocurre) o un aporte de sedimentos al sistema que posibilite mantener la línea de costa en esta posición. Se toma como hipótesis de trabajo que este aporte de sedimentos ocurre por *bypass* de arena por fuera de la punta rocosa Cabo Sta. María – Puerto La Paloma (ver sección 4.5.1), dejando constancia de que no es posible verificar o refutar esta hipótesis en el marco de este proyecto y **se recomienda fuertemente que se acometan los estudios necesarios para su verificación antes de proceder al diseño ejecutivo e implementación de las medidas de adaptación propuestas en el marco de este proyecto.**

El análisis de la variabilidad de la posición del perfil de playa (sección 4.4.3) muestra que se necesitan en promedio 25 m (31 m) de playa para atender los eventos de erosión de período de retorno 10 años (100 años). Para el cálculo de las zonas amenazadas por esta variabilidad natural del perfil de playa se considera, de forma preliminar, un resguardo de unos 40 m que contemple la zona tendida del perfil en la que es esperable tener condiciones de ascenso y descenso del oleaje (ver Figura 4-33 y Figura 4-34); este resguardo será revisado en etapas posteriores del proyecto. Al analizar la disponibilidad de espacio actual para atender la variabilidad del perfil de playa se ve que en el tramo sur de la zona de estudio hay espacio suficiente para soportar estos eventos sin que se vean amenazados bienes o infraestructura (perfiles 1 a 9 aprox.; ver Figura 4-35 y Figura 4-36), mientras que en el tramo norte no hay

espacio suficiente y durante la ocurrencia de eventos extremos podría verse amenazada la infraestructura vial y las propiedades (perfil 10 en adelante; ver Figura 4-36 y Figura 4-37).

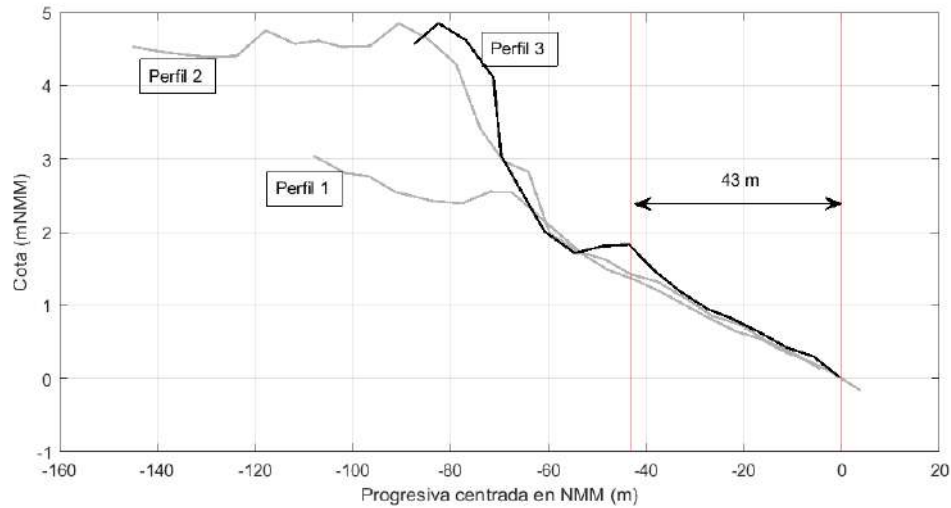


Figura 4-33 – Perfiles de playa medidos por el IMFIA (cota en m respecto al nivel medio del mar). Se señala el resguardo adicional a considerar en la identificación de las zonas amenazadas por la variabilidad del perfil de playa. La numeración de los perfiles corresponde a las ubicaciones indicadas en la Figura 4-34.



*Figura 4-34 – Localización de los perfiles medidos por el IMFIA en el marco de este proyecto. Los perfiles medidos se muestran en la Figura 4-33.*

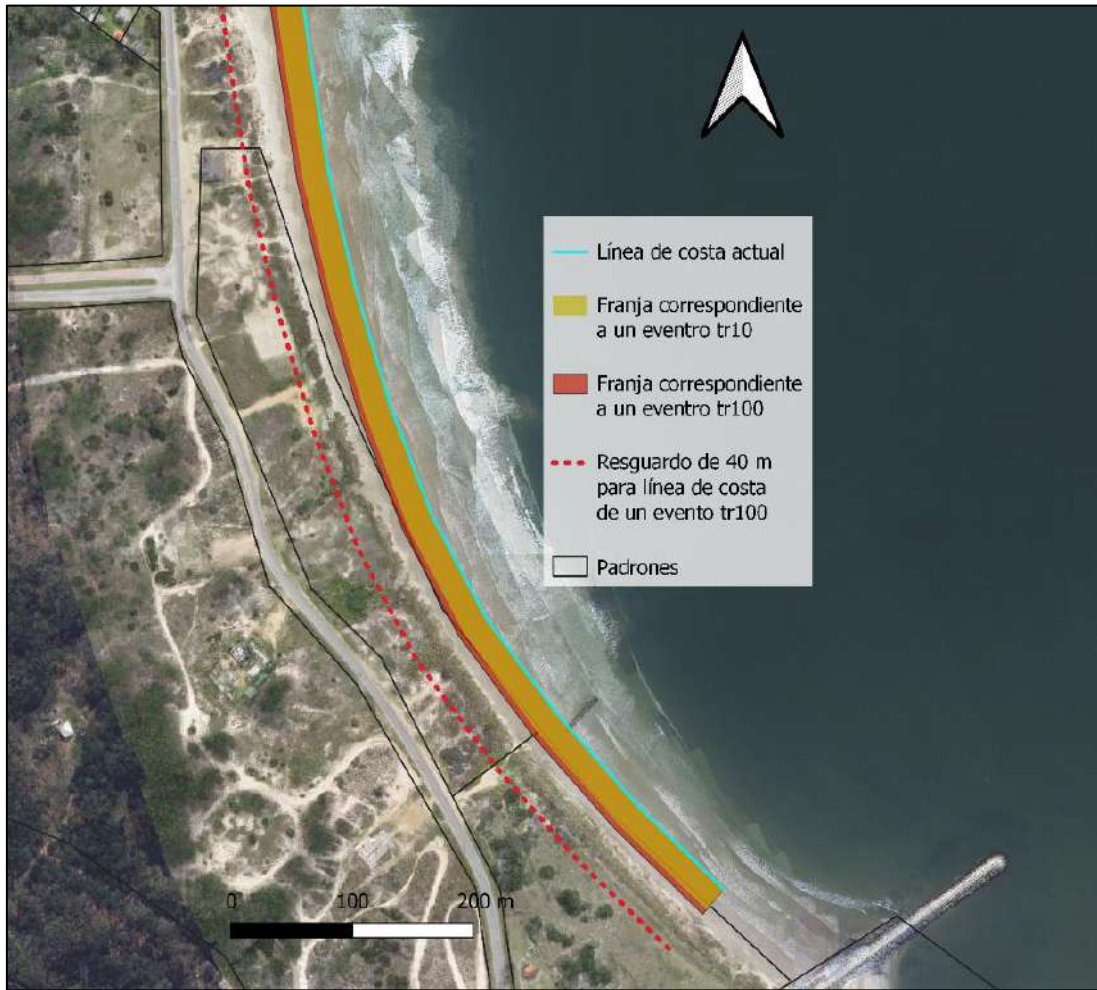


Figura 4-35 – Tramo de costa correspondiente a perfiles 1 a 8. Línea de costa actual correspondiente a la mediana 2013-2022; franja de correspondiente a evento de erosión de 10 años de período de retorno (naranja); franja correspondiente a evento de erosión de 100 años de período de retorno (amarillo); curva de margen de seguridad para ascenso y descenso del agua durante eventos de retroceso del perfil de playa (línea roja punteada).



*Figura 4-36 – Tramo de costa correspondiente a perfiles 7 a 14. Línea de costa actual correspondiente a la mediana 2013-2022; franja de correspondiente a evento de erosión de 10 años de período de retorno (naranja); franja correspondiente a evento de erosión de 100 años de período de retorno (amarillo); curva de margen de seguridad para ascenso y descenso del agua durante eventos de retroceso del perfil de playa (línea roja punteada).*



*Figura 4-37 – Tramo de costa correspondiente a perfiles 14 a 20. Línea de costa actual correspondiente a la mediana 2013-2022; franja de correspondiente a evento de erosión de 10 años de período de retorno (naranja); franja correspondiente a evento de erosión de 100 años de período de retorno (amarillo); curva de margen de seguridad para ascenso y descenso del agua durante eventos de retroceso del perfil de playa (línea roja punteada).*

## 4.7. PROYECCIÓN DE EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

De los estudios realizados por IH-Cantabria para la costa de Uruguay<sup>10</sup>, así como de Jackson et al. (2022)<sup>11</sup> se desprende que el principal cambio en los agentes marítimos asociados al cambio climático es el aumento del nivel medio del mar, siendo los cambios en las mareas (meteorológica y astronómica) y en el oleaje de segundo orden respecto a aquel. A su vez, de los estudios presentados en las secciones anteriores surge que el tramo de costa analizado no tiene déficit de sedimentos. Por lo tanto, para la proyección de la evolución de la línea de costa a mediano y largo plazo se considerará únicamente el retroceso de la línea de costa por redistribución de los sedimentos en el perfil de playa, producto del aumento del nivel medio del mar.

Siguiendo lo establecido en los términos de referencia del proyecto, se trabaja con las proyecciones de aumento del nivel medio del mar correspondientes al escenario RCP 8.5. La Figura 4-38 superpone la evolución reciente del nivel medio del mar medido en el puerto de La Paloma (datos de DNH/DINAGUA) con la proyección de aumento del nivel medio del mar incluida en el informe de IH-Cantabria.

Para las proyecciones de la evolución de la línea de costa a futuro se consideran dos horizontes temporales: 2050 y 2075. A su vez, a efecto de estas proyecciones al horizonte 2050 se le asocia un aumento de nivel medio del mar de 20 cm respecto al nivel medio actual, mientras que al horizonte 2075 se le asocia un aumento de 40 cm. Cabe señalar que estas proyecciones son coherentes con las últimas proyecciones regionales incluidas en el IPCC AR6<sup>12</sup>.

---

<sup>10</sup> IH-Cantabria. Desarrollo de herramientas tecnológicas para evaluar los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en la zona costera de Uruguay. D3.2: proyecciones de cambio climático del oleaje y residuo del nivel del mar en Uruguay. Proyecciones regionales del nivel medio del mar en Uruguay. [https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2020-08/Proyecciones%20de%20cambio%20clim%C3%A1tico%20del%20oleaje%20y%20residuo%20del%20nivel%20del%20mar%20en%20Uruguay\\_0.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2020-08/Proyecciones%20de%20cambio%20clim%C3%A1tico%20del%20oleaje%20y%20residuo%20del%20nivel%20del%20mar%20en%20Uruguay_0.pdf)

<sup>11</sup> Jackson, M., Fossati, M., & Solari, S. (2022). Sea Levels Dynamical Downscaling and Climate Change Projections at the Uruguayan Coast. *Frontiers in Marine Science*, 9(March), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.846396>

<sup>12</sup> Ver herramienta en línea: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>



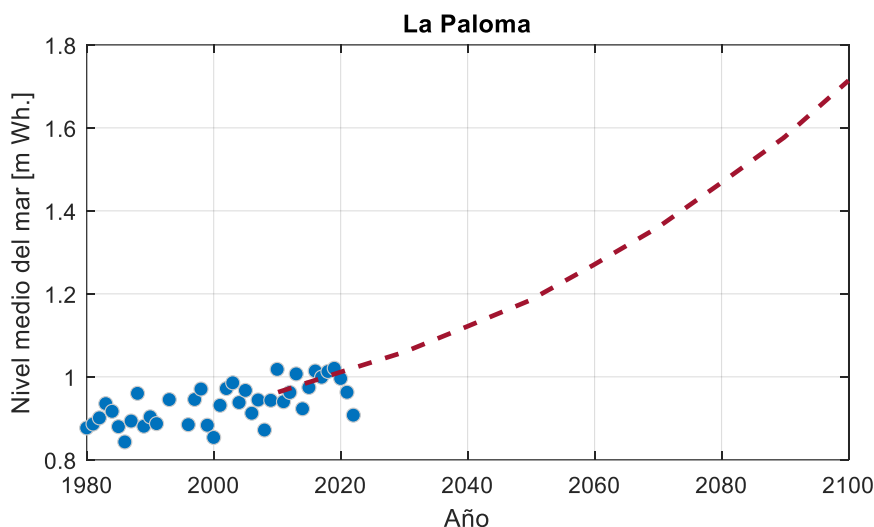


Figura 4-38 – Superposición de los datos de nivel medio anual medido en La Paloma por DNH/DINAGUA y proyección del aumento del nivel medio del mar para el escenario RCP8.5 informada por IH-Cantabria para la costa de Uruguay.

#### 4.7.1. PROYECCIÓN DEL RETROCESO POR AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

El aumento del nivel medio del mar produce una redistribución de los sedimentos en el perfil de playa, el cual típicamente resulta en un retroceso del perfil, sin afectar la forma del mismo, si existe suficiente disponibilidad de sedimentos (por ejemplo, en el caso de un perfil con duna que sirva de fuente de sedimentos), o en el descenso del perfil cuando se tiene un revestimiento o muro costero que limite el suministro de sedimentos desde tierra.

Para calcular el retroceso del perfil se utiliza el modelo ShoreTrans<sup>13</sup>. Éste es un modelo sencillo de traslación del perfil de playa basado en reglas, que utiliza el perfil de playa medido (no una parametrización o un perfil simplificado) para estimar el cambio en la línea de costa resultante del aumento del nivel medio del mar de forma realista. Los perfiles de playa se construyeron combinando la información batimétrica proporcionada por la Intendencia de Rocha con la información del modelo digital del terreno disponible en la Infraestructura de Datos Espaciales (ide.uy). La Figura 4-39 presenta un ejemplo de aplicación del modelo ShoreTrans al perfil 18.

<sup>13</sup> McCarroll, R. J., Masselink, G., Valiente, N. G., Scott, T., Wiggins, M., Kirby, J. A., & Davidson, M. (2021). A rules-based shoreface translation and sediment budgeting tool for estimating coastal change: ShoreTrans. *Marine Geology*, 435, 106466. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106466>

Las figuras siguientes muestran los resultados de retroceso de línea de costa en La Aguada por efecto del aumento del nivel medio de mar para escenarios de aumento de 20 cm (Figura 4-40) y 40 cm (Figura 4-41) respecto al nivel medio actual. Se observa que los perfiles de la mitad sur de la zona de estudio presentan un retroceso mayor, con un máximo en el perfil 10 de 15 m para 2050 y en el perfil 5 de 28 m para 2075.

Por último, se calculó el retroceso de los distintos perfiles par aumentos del nivel medio del mar de hasta 1 m. Con esto se estimó el retroceso medio de la línea de costa para toda la zona de estudio (Figura 4-42) y, a partir de este último, la consecuente reducción en el área de playa (Figura 4-43; la Figura 4-44 presenta el área de playa actual).

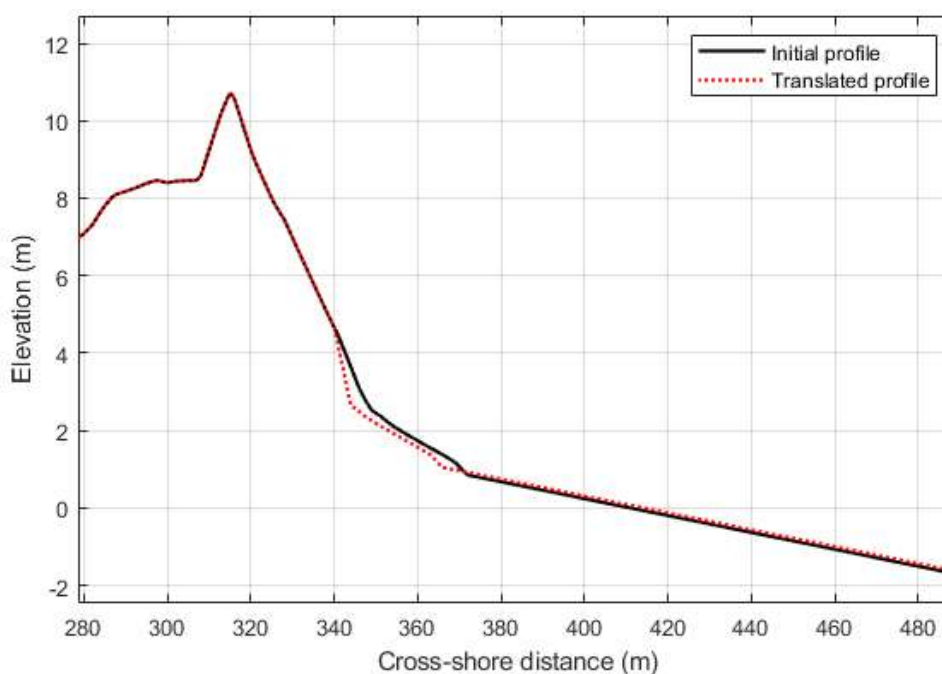


Figura 4-39 – Ejemplo de la aplicación del modelo ShoreTrans al perfil 18, considerando un aumento del nivel medio del mar de 20 cm.



Figura 4-40 – Retroceso esperable de la línea de costa por efecto de un aumento de 20 cm del nivel medio del mar, calculado con el modelo ShoreTrans.



Figura 4-41 – Retroceso esperable de la línea de costa por efecto de un aumento de 40 cm del nivel medio del mar, calculado con el modelo ShoreTrans.

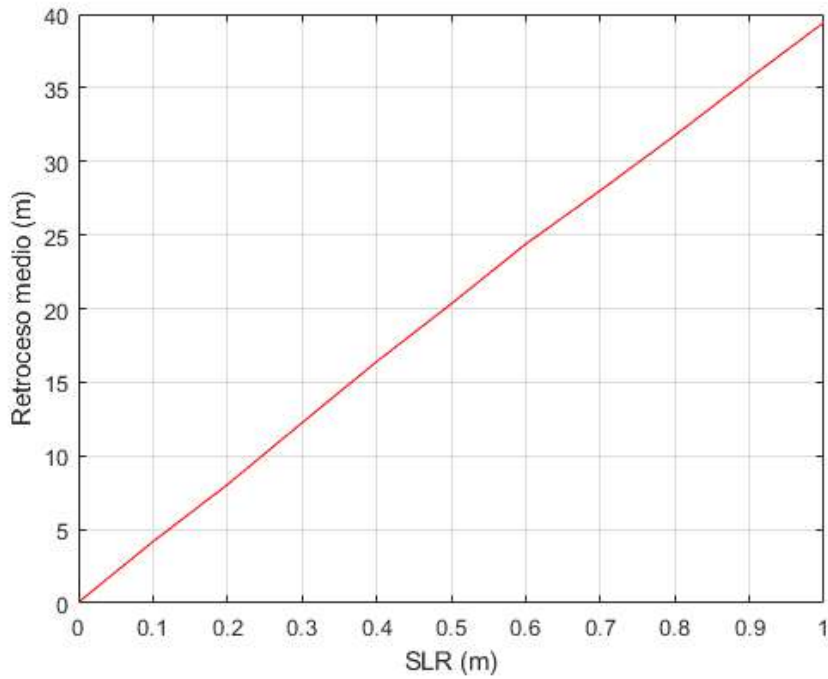


Figura 4-42. Evolución del retroceso medio de la línea de costa en función del aumento del Nivel Medio del Mar (m).

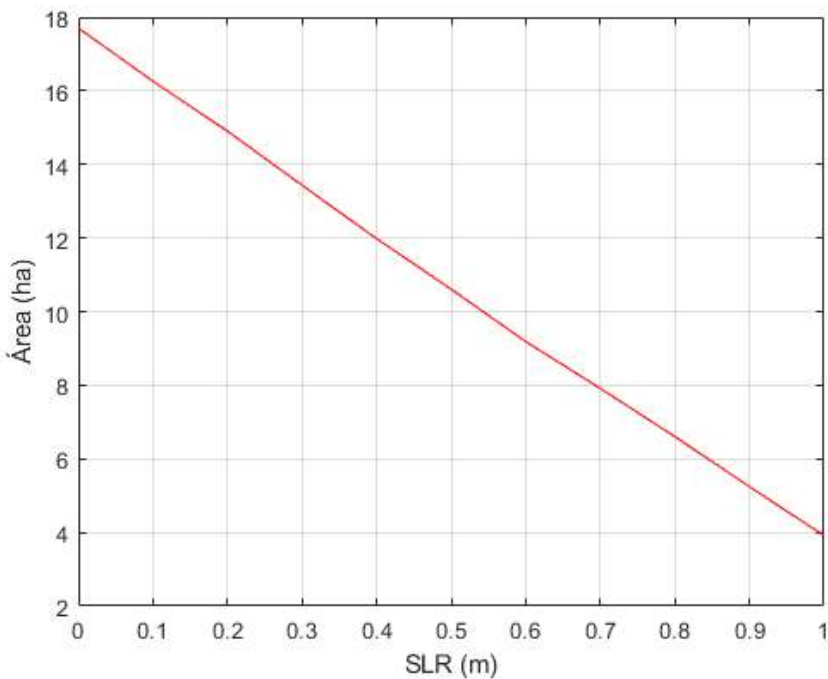


Figura 4-43. Evolución del área total de playa en función del aumento del Nivel Medio del Mar (NMM).



Figura 4-44. Área de playa actual, considerando las zonas de parques y dunas.

## 4.8. ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL

### 4.8.1. IDENTIFICACIÓN INFRAESTRUCTURA DE DESCARGA A LA COSTA

Tanto en la instancia de visita al sitio como de la información proporcionada y la observación de la zona de estudio mediante imágenes satelitales, se constata la presencia de 5 descargas de escurrimientos pluviales/fluviales hacia la zona de playa. En la figura siguiente se presenta la ubicación de las descargas identificadas, junto con los cursos de agua e infraestructura de drenaje asociada a las mismas.



*Figura 4-45. Descargas pluviales a la costa – La Aguada.*

#### **4.8.1. CARACTERIZACIÓN Y TRAZADO DE CUENCAS**

Las cuencas pluviales asociadas a cada una de las descargas identificadas se trazaron en base al modelo digital del terreno del IDE, se presentan en la Figura 4-46, mientras que las áreas de cada cuenca se presentan en la Tabla 4-2.

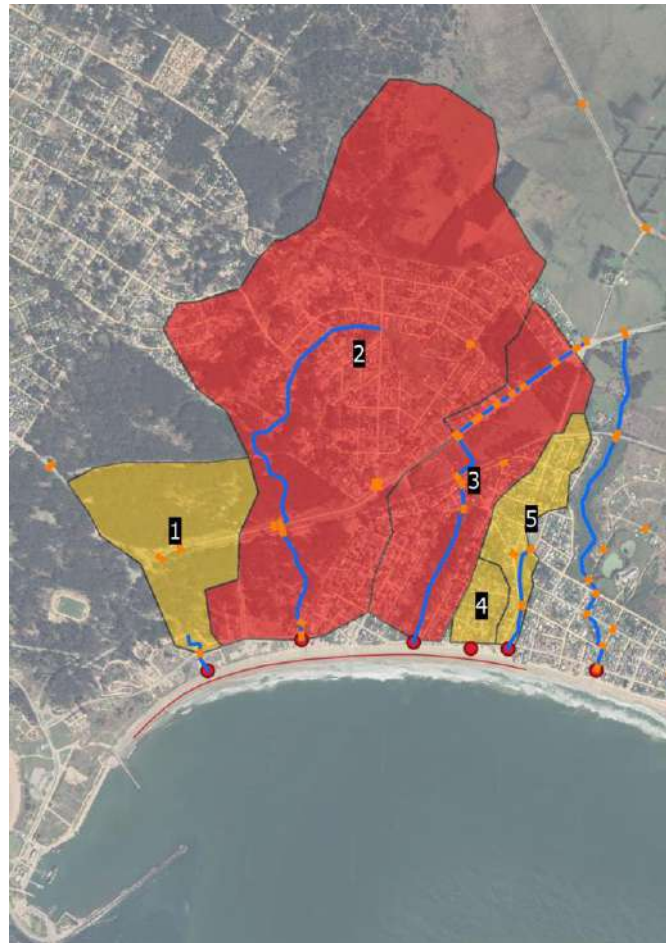


Figura 4-46. Cuencas de aporte a las descargas identificadas – La Aguada

Tabla 4-2. Área (hectáreas) de las cuencas de aporte a cada descarga – La Aguada.

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )
1	0,43
2	2,53
3	0,61
4	0,07
5	0,17

#### 4.8.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE CUENCAS

Los tiempos de concentración de las cuencas se determinan en todos los casos con el método SCS. A partir del resultado de tiempo de concentración para cada cuenca, se determina el caudal por el método del NRCS. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consortio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023



Tabla 4-3. Resultados de tiempo de concentración para cada cuenca – La Aguada.

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Pendiente (%)	Tiempo de concentración (min)
1	0,43	1,15	90
2	2,53	1,34	272
3	0,61	1,37	95
4	0,07	3,00	21
5	0,17	1,82	59

En base a esos resultados se calculan los caudales pico para cada cuenca y cada período de retorno estudiado. La precipitación de referencia P(3,10), para 3 horas de duración y 10 años de período de retorno es de 74 milímetros para La Aguada, según las curvas IDF de todo el Uruguay.

A continuación, se presentan los caudales obtenidos en cada cuenca para los diferentes periodos de retorno en estudio.

Tabla 4-4. Caudales pico de cada cuenca - La Aguada.

Cuenca	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s) según TR (años)			
	2	10	20	100
1	0,27	0,95	1,29	2,14
2	1,01	3,25	4,34	7,10
3	1,16	2,71	3,37	4,94
4	0,26	0,88	1,18	1,94
5	0,37	0,90	1,14	1,71

## 4.9. DIAGNÓSTICO DE AMENAZAS DE INUNDACIÓN COSTERA Y EROSIÓN DE PLAYAS

### 4.9.1. AMENAZA POR INUNDACIÓN COSTERA

Para el cálculo de las áreas inundadas por agentes marítimos se utilizan los resultados de nivel de mar total en playa obtenidos en la sección 4.3.5.5, y se determinan las áreas inundadas bajo las siguientes hipótesis:

- No se consideran efectos dinámicos en la propagación de la onda tierra dentro. Dado un nivel de mar total en playa, todas las áreas cuyo nivel del terreno sea menor a este

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

nivel de mar y tengan conectividad directa o mediante macro-drenaje de pluviales con la playa se considerarán inundadas. Este es un método conservador, comúnmente denominado como BTM (*BathTub Method*)<sup>14</sup>.

- No se considera la ocurrencia conjunta de precipitación y nivel de mar en playa. Esto implica que la zona que se identifique como inundable es solo aquella que se inunda por efecto directo de los agentes marítimos, quedando sin mapear las zonas inundables por efecto de agentes continentales (precipitación) o por eventos compuestos (precipitación y nivel de mar severos o extremos actuando en simultáneo).
- No se considera el efecto del run-up. El nivel de mar total en playa sí incluye el efecto del set-up, pero el caudal de rebase que se pueda producir en dunas, revestimientos u otros elementos no es tenido en cuenta para el cálculo de la inundación.

Para el cálculo de las zonas inundadas se considera el escenario actual y dos escenarios futuros, con aumento del nivel medio del mar +20 cm y +40 cm (representativos de los horizontes temporales 2050 y 2075 en el escenario RCP8.5).

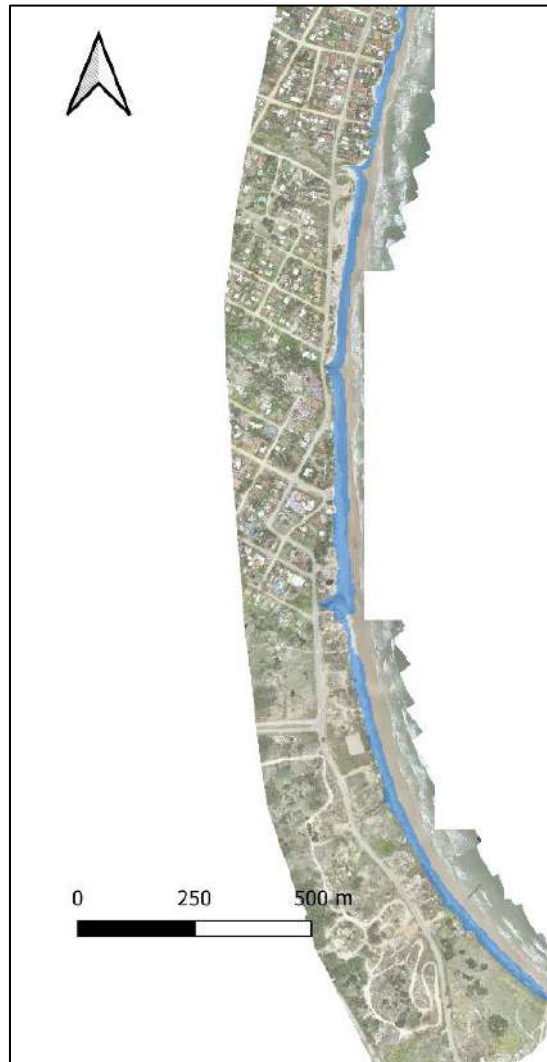
Como ya se comentó en la sección 4.7, el principal cambio en los agentes marítimos asociados al cambio climático es el aumento del nivel medio del mar, siendo los cambios en las mareas (meteorológica y astronómica) y en el oleaje de segundo orden. Por lo tanto, el nivel de mar total en playa para los escenarios futuros se determina sumando el nivel de mar total correspondiente al clima actual (ver Tabla 4-5) a los aumentos de nivel medio de mar considerados.

La Figura 4-47 presenta un ejemplo de las manchas de amenaza de inundación costera obtenidas con la metodología propuesta.

Tabla 4-5 – Nivel de mar total en playa para distintos períodos de retorno (*Tr*, en años) y para puntos LA01, LA02 y LA03 en que se tienen datos de oleaje (ver Figura 4-10), considerando el clima actual.

Punto	Nivel de mar total en playa [m Wh.] clima actual					
	Tr 10	Tr 20	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
LA01	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1
LA02	2.8	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1
LA03	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1

<sup>14</sup> Ver, por ejemplo: Williams, L. L., & Lück-Vogel, M. (2020). Comparative assessment of the GIS based bathtub model and an enhanced bathtub model for coastal inundation. *Journal of Coastal Conservation*, 24(2), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00735-x>



*Figura 4-47 – Ejemplo de las manchas de amenaza de inundación costera obtenidas con la metodología propuesta.*

#### **4.9.2. AMENAZA POR EROSIÓN DE PLAYAS**

La amenaza por erosión de playas se cuantifica de dos maneras:

1. Determinando el área de playa y volumen de arena perdido frente en distintos escenarios y horizontes temporales, teniendo en cuenta el retroceso de la línea de costa por aumento del nivel medio del mar (sección 4.7.1).
2. Determinando los tramos de costa en los que no hay espacio suficiente para atender el retroceso de la línea de costa más la variabilidad del perfil de playa sin alcanzar infraestructuras existentes. En este caso se utilizan las proyecciones calculadas en la sección 4.7.1 más la variabilidad del perfil de playa estimado en la sección 4.4.3.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Se definen cuatro escenarios para calcular las proyecciones de línea de costa y las correspondientes pérdidas de área de playa y volumen de arena:

- Línea de costa a actual.
- Línea de costa a 2050 considerando aumento del nivel medio del mar de 20 cm.
- Línea de costa a 2075 considerando aumento del nivel medio del mar de 40 cm.

Para cada una de estas líneas de costa se calcula la franja de variabilidad del perfil de playa con los valores correspondientes a retrocesos estimados de período de retorno 10 años y 100 años, junto con una distancia de resguardo adicional de 40 m (ver sección 4.4.3). Esto permite identificar los tramos de costa en los que se prevé existirán amenazas a las infraestructuras y bienes costeros. Las figuras siguientes muestran ejemplos de los resultados obtenidos para horizonte temporal 2050 con cambio climático (Figura 4-48) y horizonte temporal 2075 con cambio climático (Figura 4-49).



Figura 4-48 – Línea de costa proyectada para 2050, considerando aumento del nivel medio del mar de 20 cm, y franja de variabilidad del perfil de playa considerando retroceso del perfil de 100 años de período de retorno. No se incluye en esta figura el resguardo adicional de 40m.

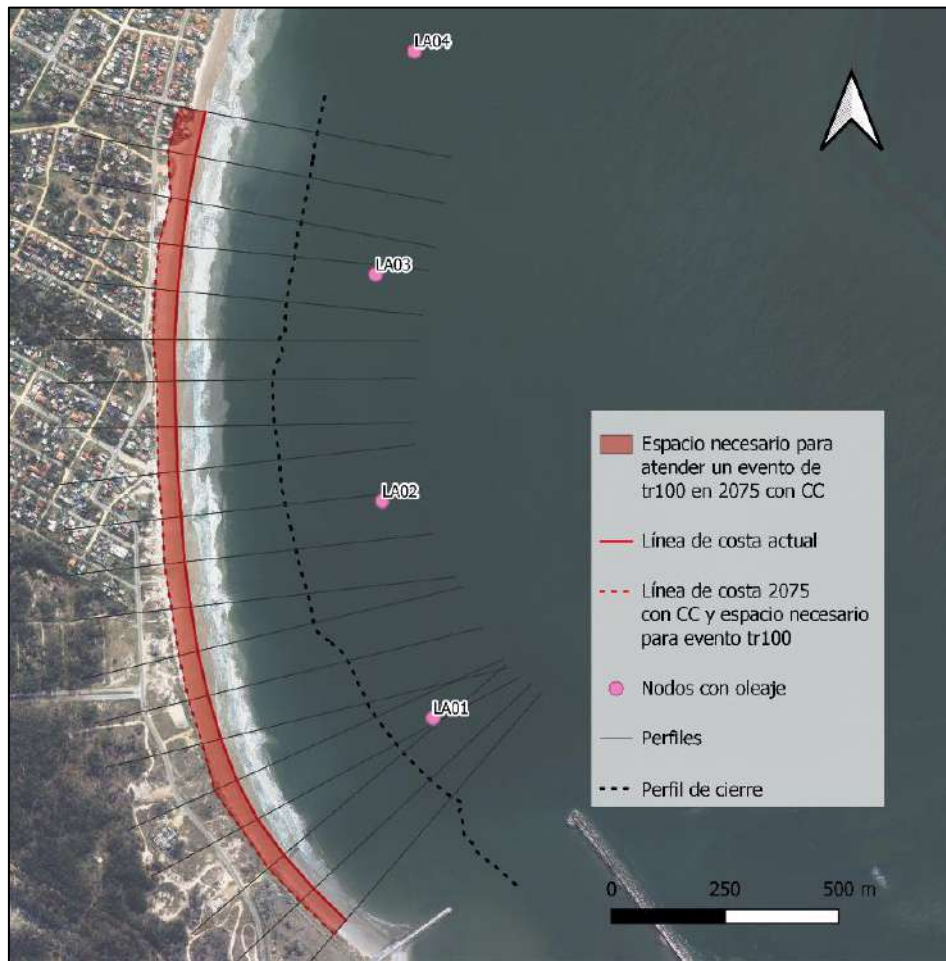


Figura 4-49 – Línea de costa proyectada para 2075, considerando aumento del nivel medio del mar de 40 cm, y franja de variabilidad del perfil de playa considerando retroceso del perfil de 100 años de período de retorno. No se incluye en esta figura el resguardo adicional de 40m.

## 4.10. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

Siguiendo la lógica propuesta en las “Estrategias para la protección de la costa” del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España<sup>15</sup>, las medidas de gestión orientadas a la protección y adaptación de la costa frente a los efectos del cambio climático pueden clasificarse en:

<sup>15</sup> Ver: <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategias-proteccion-costa/>

- Medidas orientadas a **entender** mejor el sistema (e.g. estudios de disponibilidad de sedimentos, estudios de riesgo, actividades de formación y capacitación, monitorización de la costa, etc.).
- Medidas orientadas a **planificar** (e.g. revisión de procedimientos administrativos, coordinación entre administraciones, etc.).
- Medidas de **actuación** en el medio físico.

Dentro de las medidas de actuación en el medio físico se distinguen:

- Medidas basadas en la naturaleza, como ser la gestión del sedimento costero, la regeneración de playas y mantenimiento de playa seca, el mantenimiento y rehabilitación de ecosistemas costeros (sistemas dunares, marismas, humedales).
- Medidas de estabilización de la costa, consistente en la construcción de infraestructura orientada a limitar el movimiento de los sedimentos (e.g. espigones, diques exentos).
- Medidas de defensa de la costa, consistente en la construcción de infraestructura que fija la posición de la línea de costa impidiendo el retroceso de la misma y proporcionando protección a la infraestructura localizada en su trasdós (e.g. revestimientos, muros costeros).
- Medidas de retroceso controlado.

En esta misma línea, varios manuales y publicaciones relativas a la adaptación de la costa al cambio climático diferencian entre cinco posibles estrategias de actuación:

- **Inacción /omisión del problema (no hacer nada),**
- **retiro,**
- **mantener la línea de costa,**
- **avanzar la línea de costa,**
- **intervenciones limitadas en el horizonte de tiempo de estudio,**

las cuales se presentan en forma esquemática en la Figura 4-50. Claramente esta última clasificación se enmarca dentro de lo que serían actuaciones en el medio físico, y tiene varias concordancias con la clasificación propuesta en las “Estrategias para la protección de la costa”. Por ejemplo, varias de las soluciones basadas en la naturaleza podrían encuadrarse en lo que se denomina intervenciones mínimas, mientras que las medidas de defensa de la costa corresponderían a la estrategia de mantener la línea de costa.

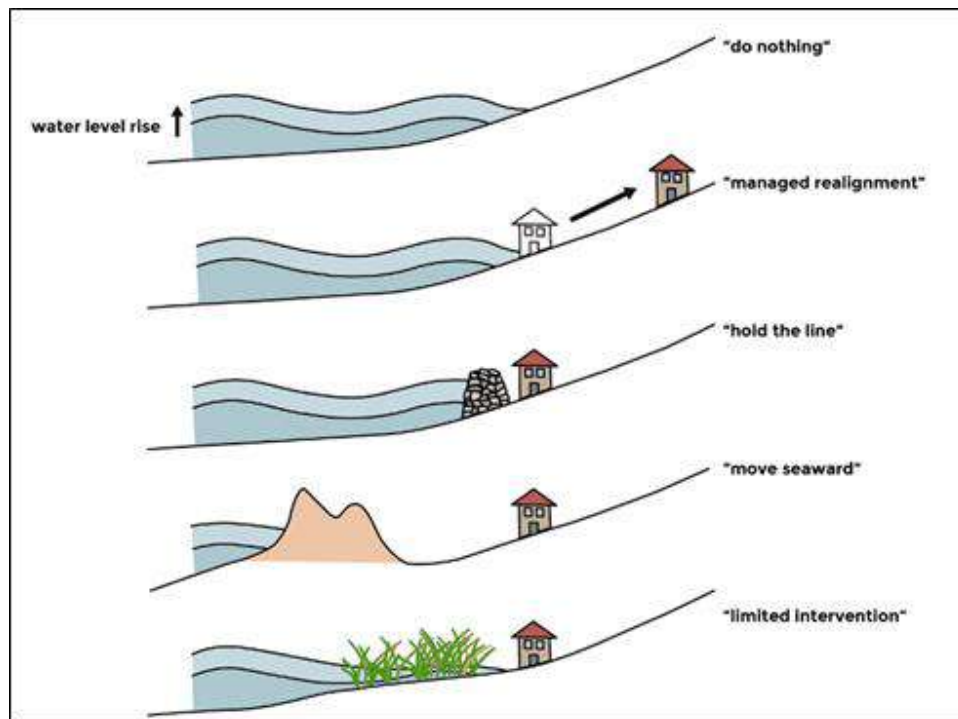


Figura 4-50. Esquema de estrategias de defensa de la costa, tomado de Stelljes et al. (2018)<sup>16</sup>.

En este proyecto el foco está en la propuesta de medidas de actuación en el medio físico, dando prioridad a las medidas basadas en la naturaleza, pero teniendo en cuenta que: (1) en ocasiones puede ser necesario o conveniente plantear soluciones híbridas, que combinen elementos “verdes”, o ecosistemas, con elementos “grises” u obras de infraestructura litoral tradicionales<sup>17</sup>, y (2) que las medidas de actuación que se propongan podrán requerir de medidas complementarias orientadas a entender y planificar para asegurar el buen funcionamiento y adaptación de las primeras.

La denominación de soluciones basadas en la naturaleza en este contexto se refiere a la creación o restauración de hábitats para proveer servicios de protección contra erosión e inundación costera, junto con otros beneficios. En este sentido, resulta relevante lo

<sup>16</sup> Telljes, N., Martínez, G., & McGlade, K. (2018). Introduction to the RISC-KIT web based management guide for DRR in European coastal zones. *Coastal Engineering*, 134, 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.09.012>

<sup>17</sup> Morris, R. L., Boxshall, A., & Swearer, S. E. (2020). Climate-resilient coasts require diverse defence solutions. *Nature Climate Change*, 10(6), 485–487. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0798-9>



establecido en la reciente publicación “International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management” (Bridges et al. 2021)<sup>18</sup>:

*“El término características naturales y basadas en la naturaleza (NNBF, por sus siglas en inglés) se refiere al uso de las características del paisaje para producir beneficios FRM<sup>19</sup>. Los proyectos NNBF también pueden producir otros beneficios económicos, medioambientales y sociales conocidos como beneficios colaterales (co-beneficios) de los NNBF. Estos elementos del paisaje pueden ser naturales (producidos exclusivamente por procesos naturales) o basados en la naturaleza (producidos por una combinación de procesos naturales e ingeniería humana) e incluyen elementos como playas, dunas, humedales, arrecifes e islas. Los elementos paisajísticos pueden utilizarse solos, combinados entre sí o en combinación con medidas convencionales de ingeniería como diques, muros de contención y otras estructuras.”*

En este mismo manual se señala que, sin ser estrictamente sinónimos, existe una diversidad de términos en la bibliografía que hacen referencia a este mismo concepto (ver Figura 4-51).

---

<sup>18</sup> Bridges, T. S., J. K. King, J. D. Simm, M. W. Beck, G. Collins, Q. Lodder, and R. K. Mohan, eds. 2021. International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center. <https://erdc-library.erdcdren.mil/jspui/handle/11681/41946>

<sup>19</sup> FRM se refiere a las medidas adoptadas para reducir los daños futuros causados a las personas y los bienes por las inundaciones y la erosión en los sistemas costeros y fluviales.

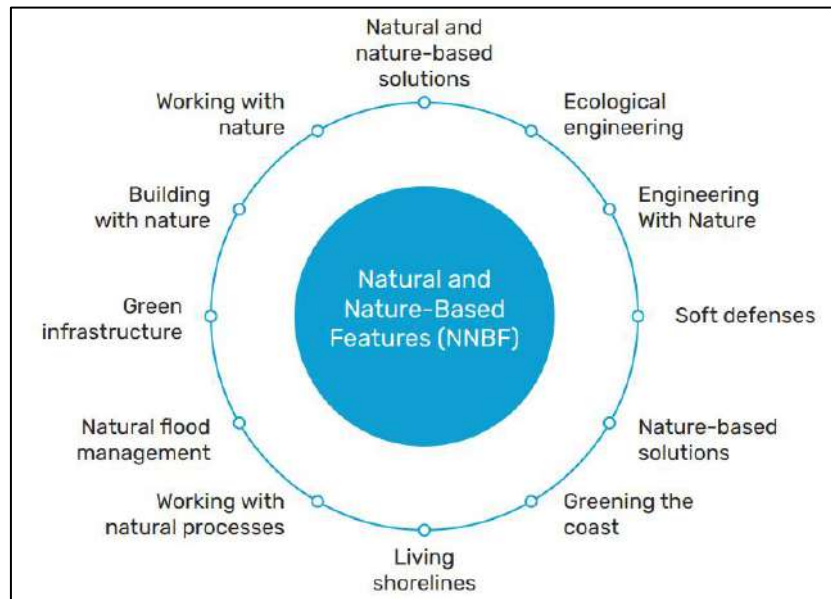


Figura 4-51 – Términos usados en la bibliografía en la que se abordan las soluciones basadas en la naturaleza (Figure 1.1 de Bridges et al. 2021).

#### 4.10.1. CRITERIOS DE DISEÑO CONSIDERADOS PARA EL DISEÑO CONCEPTUAL DE ALTERNATIVAS

Se toman los siguientes criterios para la propuesta de alternativas:

- Para la propuesta de alternativas se considerará una vida útil de la intervención de 25 años (i.e. el diseño de alternativas se hace considerando el horizonte temporal 2050).
- El objetivo de la intervención será reducir el nivel de amenaza de inundación y erosión costera, manteniendo un ancho de playa tal que permita atender la variabilidad del perfil de playa para 100 años de período de retorno, más el resguardo de 40 m, y mantener durante la vida útil de la intervención un espacio de playas igual o mayor al actual.

La definición de las etapas de ejecución de las alternativas y los correspondientes caminos de adaptación posibles se acomete en etapas posteriores del proyecto, una vez identificadas las alternativas más convenientes en diálogo con la contraparte.

## 4.10.2. CONSIDERACIONES PRELIMINARES PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

### 4.10.2.1. Respecto a las posibles NbS a ser implementadas en la zona

Se identifica como único ecosistema que puede ser utilizado como NbS al sistema de playa-duna. Este sistema es el predominante en todo este tramo de costa, a la vez que es la NbS más habitual en costas dominadas por oleaje<sup>20</sup>.

A su vez, dentro de lo que podría catalogarse como soluciones híbridas aplicables en la zona, se identifica el arrecife artificial. Los arrecifes artificiales son estructuras sumergidas, construidas con diversidad de diseños y materiales, que difieren de los rompeolas sumergidos (o diques exentos) en cuanto a que se diseñan para cumplir funciones adicionales, entre las que se incluye principalmente la de proporcionar hábitat para el desarrollo de especies marinas y, en algunos casos, para propiciar la generación de zonas de rompiente adecuadas para la práctica del surf<sup>21</sup>; a estas estructuras se las denomina también *living breakwaters*<sup>22</sup>. La Figura 4-52 presenta esquemáticamente la diferencia entre un dique exento tradicional y distintas versiones de arrecifes artificiales. Los arrecifes artificiales pueden construirse ya sea mediante el uso de material natural (rocas), con o sin agregado de piezas especiales, o mediante el uso de módulos especialmente diseñados (ver Figura 4-53).

---

<sup>20</sup> Lodder, Q., C. Jeuken, R. Reinen-Hamill, O. Burns, R. Ramsdell, III, J. de Vries, B. McFall, S. IJff, C. Maglio, and R. Wilmink. 2021. "Chapter 9: Beaches and Dunes." In *Natural and Nature-Based Features Guidelines*. Edited by T. S. Bridges, J. K. King, J. D. Simm, M. W. Beck, G. Collins, Q. Lodder, and R. K. Mohan. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center.

<sup>21</sup> Lowe, R. J., E. McLeod, B. G. Reguero, S. Altman, J. Harris, B. Hancock, R. ter Hofstede, E. Rendle, E. Shaver, and J. M. Smith. 2021. "Chapter 12: Reefs." In *International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management*. Edited by T. S. Bridges, J. K. King, J. D. Simm, M. W. Beck, G. Collins, Q. Lodder, and R. K. Mohan. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center.

<sup>22</sup> Ver e.g.: <https://stormrecovery.ny.gov/living-breakwaters-project-background-and-design>

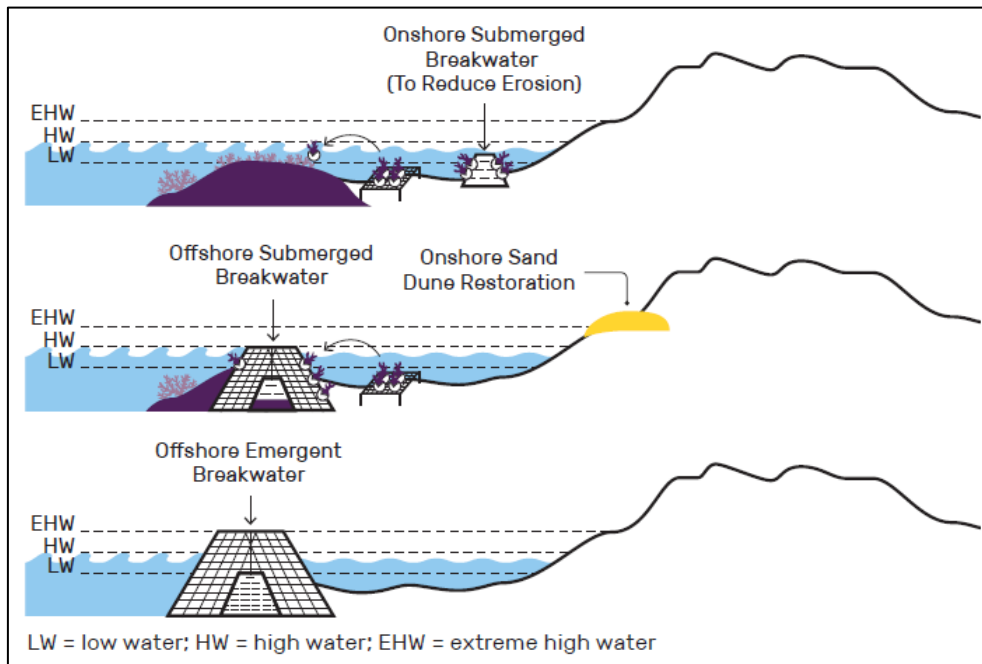


Figura 4-52 – Esquema que ejemplifica la diferencia entre un dique rompeolas exento (sumergido o de cresta baja) y distintas versiones de arrecifes artificiales (tomado de Figure 12.1 de Bridges et al. 2021).

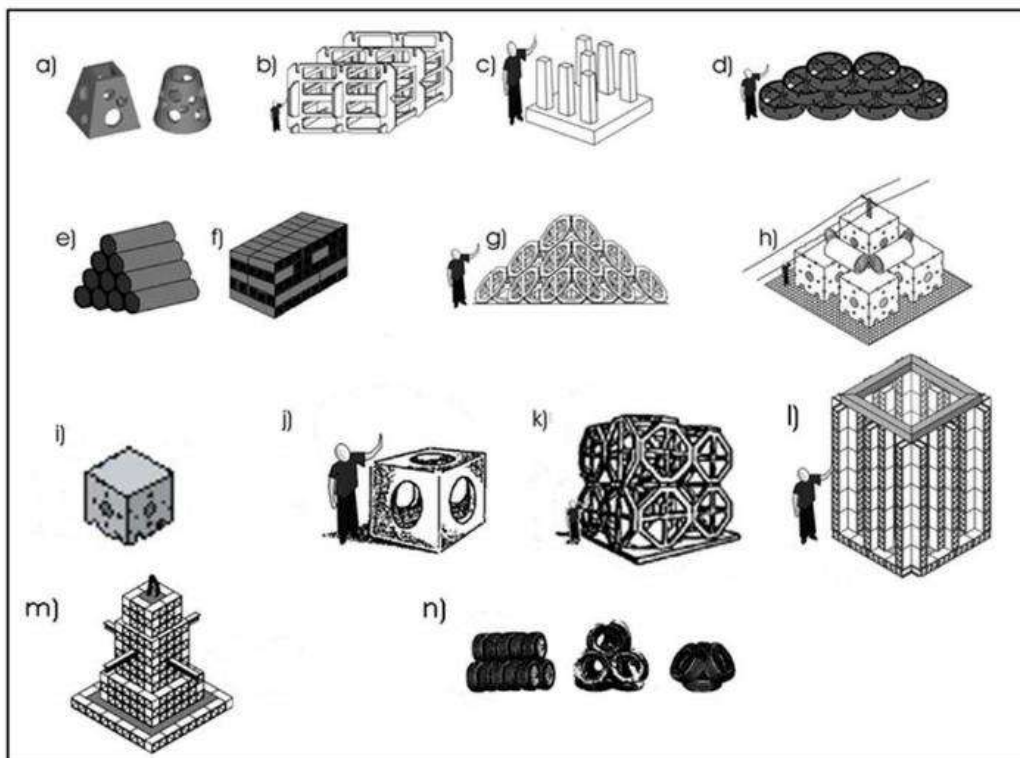


Figura 4-53 – Ejemplo de módulos estructurales utilizados para la construcción de arrecifes artificiales (tomado de Fabi et al. 2011<sup>23</sup>).

#### 4.10.2.2. Respecto a la estabilización de los sedimentos en la zona

El retroceso de la línea de costa y la reducción del área de playa disponible que se proyecta a futuro se origina fundamentalmente en la redistribución de los sedimentos en el perfil de playa por efecto del aumento del nivel medio del mar, dado que en el tramo de estudio no existe déficit de sedimentos. Sin embargo, la tasa de transporte litoral potencial bruto en la zona de estudio es muy elevada (del orden de 500.000 m<sup>3</sup>/año), lo que implica un gran potencial de redistribuir los sedimentos dentro del arco de playa; por lo tanto, se entiende adecuado evaluar la incorporación en las alternativas medidas de estabilización de la costa que limiten la redistribución de los sedimentos en el arco de playa, permitiendo su aprovechamiento en la zona en que se desea intervenir. Se identifican dos medidas posibles para ello:

- Espigones (normales a la costa). Estas estructuras cortan el transporte litoral de sedimentos de forma total o parcial, dependiendo de la longitud del espigón respecto a la localización de la profundidad de cierre del perfil. Al cortar el transporte litoral logran acumular arena aguas arriba corriente litoral y pueden generar erosión aguas abajo corriente litoral. A priori se descarta el uso de esta tipología de obras por las siguientes razones: (a) aguas abajo corriente litoral de La Aguada se encuentra la playa de Costa Azul, la cual es particularmente sensible a la pérdida de sedimentos dado el avance de las casas sobre la playa, por lo que cualquier desbalance de sedimentos producto de la interrupción del transporte litoral podría resultar en una amenaza para esta playa (en general los espigones están desaconsejados en situaciones en que la playa aguas abajo es de interés y/o particularmente sensible; ver Herbich 2000<sup>24</sup>); (b) un campo de espigones generaría un efecto de compartimentación de la playa que podría afectar de forma significativa el paisaje y el uso actual de la playa.
- Diques exentos (paralelos a la costa). La incorporación de diques exentos, emergidos o sumergidos, facilita la estabilización de la línea de costa, generando salientes o tómbolos relativamente estables. A su vez, en comparación con los espigones, los diques exentos pueden diseñarse para tener un efecto relativamente menor aguas abajo corriente litoral (Herbich 2000). Estas obras funcionan reduciendo la energía del oleaje en el lado de trasdós. A priori se considera que los diques exentos son obras viables para estabilizar la costa en la zona de estudio, a fin de reducir la pérdida o redistribución de la arena que se agregue al sistema mediante rellenos artificiales.

---

<sup>24</sup> Herbich, J.B. 2000 OFFSHORE (DETACHED) BREAKWATERS. Chap. 5 in John B. Herbich (Ed.) Handbook of Coastal Engineering. McGraw-Hill.

#### **4.10.2.3. Respecto a la materialización de los rellenos de playa**

Teniendo en cuenta que el ecosistema playa-duna es el más extendido en la zona de trabajo, así como la abundancia de sedimentos no cohesivo (arena) que existe en la zona, a priori se prevé que el relleno de playas (suministro de sedimentos al sistema) para facilitar la reconstrucción del ecosistema playa-duna será parte fundamental de cualquier alternativa de adaptación.

Sin embargo, cabe señalar que la granulometría de la arena, el método de vertido y el lugar de vertido en el perfil de playa son aspectos que están condicionados por la zona de préstamos a utilizar, así como las posibilidades técnicas de los equipos de traslado y vertido de la arena, por lo que deberán ser analizados en etapas de prediseño y diseño ejecutivo, según corresponda.

#### **4.10.3. ALTERNATIVAS PROPUESTAS**

En la zona de estudio se identifican dos tramos de características claramente diferentes de cara a la propuesta de alternativas (ver Figura 4-17):

- Tramo sur: perfiles 1 a 10.
- Tramo norte: perfiles 11 a 20.

Las alternativas de intervención propuestas para cada una de estas zonas se discuten a continuación en secciones separadas.

##### **4.10.3.1. Alternativas para el tramo sur**

En el tramo sur se observa que ni en la actualidad ni en los escenarios futuros se verían amenazadas infraestructura o bienes. A su vez, en esta zona hay espacio suficiente, en terrenos de propiedad pública, para permitir la adaptación natural de la playa al aumento del nivel medio del mar. Por lo tanto, se propone que las intervenciones en esta zona se limiten a propiciar la regeneración y fortalecimiento del ecosistema duna-playa, para que este pueda adaptarse de forma natural al cambio climático. A este fin, se propone implementar medidas para la captura y fijación de los sedimentos movilizados por transporte eólico (cercas

captoras, revegetación dunar), junto con el aporte de sedimentos locales mediante la aplicación de la técnica conocida como *beach scraping*<sup>25</sup>.

El *beach scraping* consiste en usar equipamiento mecánico para trasladar arena del frente de playa hacia la duna primaria, formando una nueva duna o reforzando la existente.

Cabe señalar que: (1) no existen recomendaciones detalladas para la implementación de esta medida, ni recomendaciones de cómo incorporar esta medida en las estimaciones de la respuesta del perfil de playa a mediano y largo plazo, y (2) que los efectos positivos de esta medida se han asociado a la incorporación de medidas de fijación de los sedimentos (cercas captoras y revegetación dunar) que eviten la pérdida de los sedimentos recién movilizados<sup>26</sup>. En este sentido, esta medida debe ser implementada en el marco de estrictas campañas de seguimiento (cualitativo y cuantitativo) y en el marco de un proceso de seguimiento y revisión continua.

Se propone por tanto aplicar esta técnica siguiendo los siguientes lineamientos generales:

- Realizar *beach sraping* **una vez al año**, una vez finalizada la temporada de invierno y previo a la temporada de verano (e.g. Noviembre).
- Realizar *beach scraping* únicamente en los perfiles 1 a 10 (ver Figura 4-17).
- Cada campaña de *beach scraping* implicará remover del frente de playa una capa de aprox. 30 cm en un ancho de playa de 30 m, entre las cotas +2 m Wh. y 0.5 m Wh., aprovechando días de bajante para la ejecución de los trabajos. Esto implica la movilización de aproximadamente 9 m<sup>3</sup> de arena por metro lineal de playa (**un total de 9.000 m3 de arena cada vez que se realiza el *beach scraping***). La arena se depositará al pie de la duna existente (ver ejemplo en Figura 4-54).
- Implementar **medidas de fijación de la arena tan pronto se finalice cada movilización**, para evitar pérdida de sedimento del sistema por transporte eólico.
- Realizar un **relevamiento sistemático de perfiles** de playa tanto en la zona intervenida como en alguna zona no intervenida que se defina como referencia para evaluar el efecto de las medidas.
- **Evaluar el efecto de esta medida con periodicidad anual** para definir su ajuste y/o continuidad.

De forma adicional, se propone implementar medidas de ordenamiento territorial para **evitar la construcción de obras de infraestructura en la zona comprendida entre la rambla y**

<sup>25</sup> Nordstrom, K.F., 2022. Developed Coasts, Second Edi. ed, Treatise on Geomorphology. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818234-5.00056-0>

<sup>26</sup> Ellis, J.T., Román-Rivera, M.A., 2019. Assessing natural and mechanical dune performance in a post-hurricane environment. J. Mar. Sci. Eng. 7. <https://doi.org/10.3390/jmse7050126>

**la playa**, a fin de asegurar que esta zona se mantenga disponible para propiciar la adaptación de la playa al cambio climático.

Se recomienda comenzar con el monitoreo de los perfiles de playa al menos dos años antes de comenzar con las intervenciones.

Si bien hay evidencia en cuanto a que el beach scraping no afecta de forma significativa la fauna de la playa<sup>27</sup>, se recomienda incluir campañas de monitoreo también en este sentido.

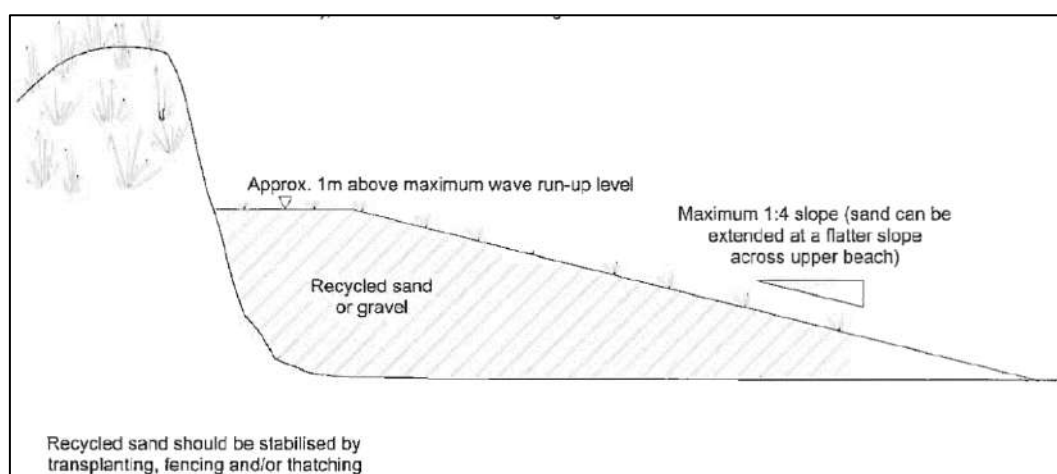


Figura 4-54 – Ejemplo de colocación de arena proveniente del beach scraping (tomado de SNH 2000<sup>28</sup> Appendix1-Summary 5).

#### 4.10.3.2. Alternativas para el tramo norte

En el tramo norte se observa que ya hoy en día no hay margen suficiente para atender el retroceso del perfil de playa en condiciones extremas sin que se vean afectadas la infraestructura y los bienes ubicados en primera línea de costa (ver Figura 4-36 y Figura 4-37), por lo tanto, para esta zona se plantean las siguientes alternativas:

- Norte A.1: relleno de arena, sin obras de estabilización,
- Norte A.2: relleno de arena, con obras de estabilización próximas a la línea de costa que generan tómbolos,

<sup>27</sup> Smith, S.D.A., Harrison, M.A., Rowland, J., Fitzgibbon, B.E., 2011. Assessing the Impacts of Beach Scraping on the Macroinvertebrates of New Brighton Beach, Northern NSW. Aust. Coast. Soc. Ltd.; 20th New South Wales Coast. Conf. (Tweed Heads, NSW) 1–13.

<sup>28</sup> Scottish National Heritage 2000. A guide to managing coastal erosion in beach/dune systems.



- Norte A.3.: relleno de arena, con obras de estabilización en la zona de rompientes que generan salientes,
- Norte A.4.: relleno de arena, con obras de estabilización en el límite exterior de la zona de rompientes (profundidad de cierre) que generan salientes.
- Norte A.5.: retiro controlado de los bienes e infraestructura amenazados por el retroceso de la línea de costa, con la desafectación de la rambla costanera y reconstrucción del ecosistema dunar, incluyendo humedales y bosques costeros en las zonas liberadas.

Para el diseño preliminar de la alternativa Norte A.1. se implementa un modelo de una línea en el dominio que va desde el puerto de La Paloma hasta 6 km al norte, con el objetivo de estimar la tasa de difusión del relleno de arena. Los detalles de implementación de este modelo se incluyen anexos.

Para el diseño preliminar de las obras de estabilización de arena (diques exentos) se utilizan las recomendaciones contenidas en distintos manuales y guías de diseño<sup>29,30,31,32</sup>. La metodología general consiste en estimar la forma en planta de equilibrio que resulta de una determinada configuración de diques, la cual queda definida por las siguientes variables: distancia entre la línea de costa y los diques, longitud de los diques, coeficiente de transmisión de los diques y distancia entre diques. Cambiando los números adimensionales generados por estas variables es posible alcanzar distintas formas en planta de equilibrio. La Figura 4-55 presenta un esquema de cómo la relación entre la longitud del dique y la distancia entre el dique y la línea de costa afecta la configuración de la línea de costa al abrigo del dique. La Figura 4-56 presenta un esquema de cómo el coeficiente de transmisión del dique afecta la forma de la saliente.

El diseño preliminar de las alternativas que se presentan a continuación cumple con los criterios de diseño establecidos en la sección 4.10.1.

---

<sup>29</sup> G.I.O.C.-Universidad de Cantabria. 2000. Documentos de Referencia. Volumen II: Procesos Litorales. Editado por Ministerio de Medio Ambiente, España.

<sup>30</sup> Pilarczyk, K. 2010 Remarks on Coastal Stabilization and Alternative Solutions. Chapter 20 in Young C. Kim (Ed.) Handbook of Coastal and Ocean Engineering. World Scientific.

<sup>31</sup> U.S. Army Corps of Engineers, (2002), Coastal Engineering Manual (CEM), EM-1110-2-1100 Part V Chapter 3. Shore Protection Projects.

<sup>32</sup> Pilarczyk, K.W., 2003. Design of low-crested (submerged) structures – an overview –. 6th Intern. Conf. Coast. Port Eng. Dev. Ctries. 1–19.

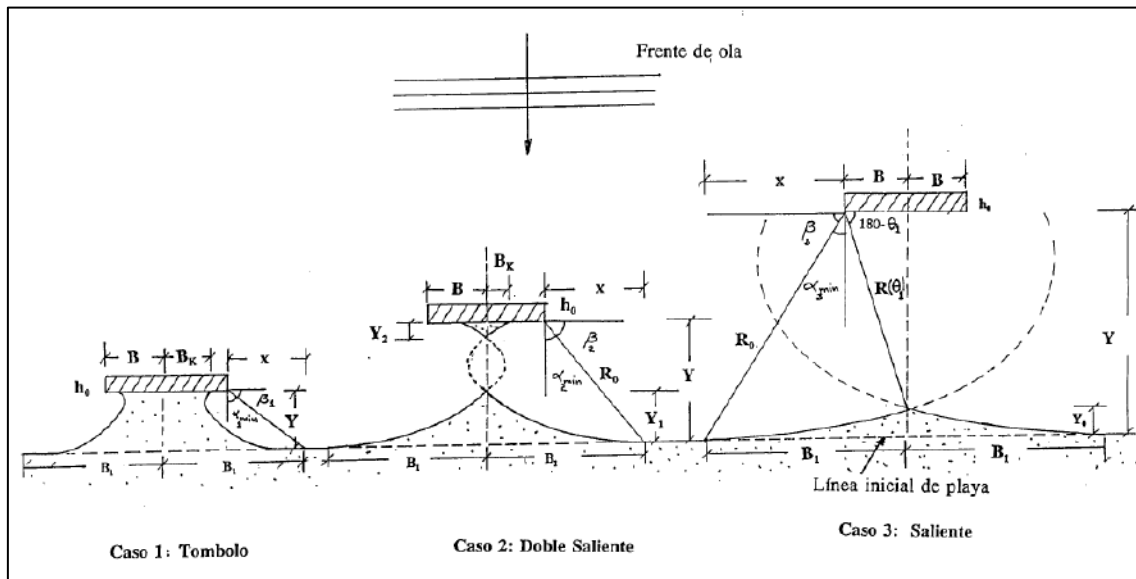


Figura 4-55 – Formas en planta generadas al abrigo de un dique exento para distintas relaciones entre longitud de dique y distancia entre el dique y la costa (tomado de la figura 3.67 de G.I.O.C.-Universidad de Cantabria, 2000).

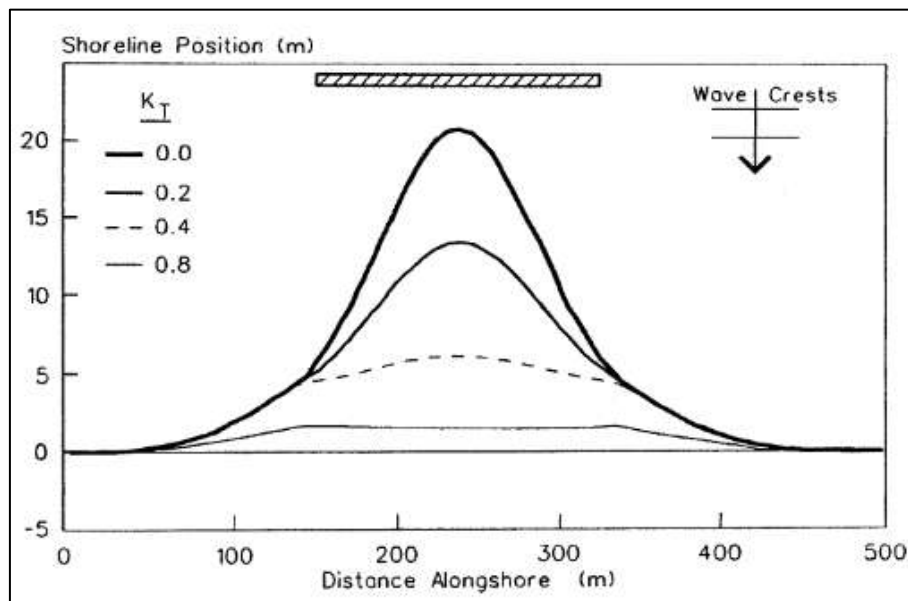


Figura 4-56 – Ejemplo de cómo el coeficiente de transmisión del dique exento afecta la forma de la saliente ubicada al abrigo del mismo (tomado de figura 11 de Pilarczyk 2003).

**Alternativa Norte A.1.**

Esta alternativa se basa en mantener un ancho mínimo de 40 m de playa a lo largo de la vida útil (V.U.) de la obra mediante la aplicación de rellenos de arena sucesivos.

Utilizando el modelo de una línea simplificado descrito en el Anexo I, se obtiene que:

- (a) La dispersión de los rellenos de arena en la zona es muy rápida, con retrocesos de varias decenas de metros en los primeros dos años de existencia del relleno. Esto se asocia a las altas tasas de transporte potencial litoral bruto existentes en la zona.
- (b) Serían necesarios al menos dos rellenos de aprox. 700.000 m<sup>3</sup> de arena para mantener la condición objetivo: uno al inicio del período y otro aproximadamente a los 11 años del primero. Al final de la V.U. la posición de la línea de costa seguiría retrocediendo, aunque a una tasa relativamente baja.
- (c) El volumen de arena necesario para atender el retroceso de la línea de costa por efecto del aumento del nivel medio del mar (aprox. 50.000 m<sup>3</sup>) sería despreciable en comparación a los rellenos requeridos para mantener un ancho de playa mínimo de 40 m.
- (d) Los rellenos tendrían efectos beneficiosos en cuando a un notorio incremento del área de playa no solo en el tramo norte de La Aguada sino también en el tramo sur y en los balnearios ubicados aguas abajo corriente litoral (Costa Azul y Arachania).

La Figura 4-57 presenta el resultado de la evolución de la línea de costa obtenido con el modelo de una línea simplificado, considerando dos rellenos de 700.000 m<sup>3</sup> de arena (volumen colocado en playa) a lo largo de la V.U de la obra.

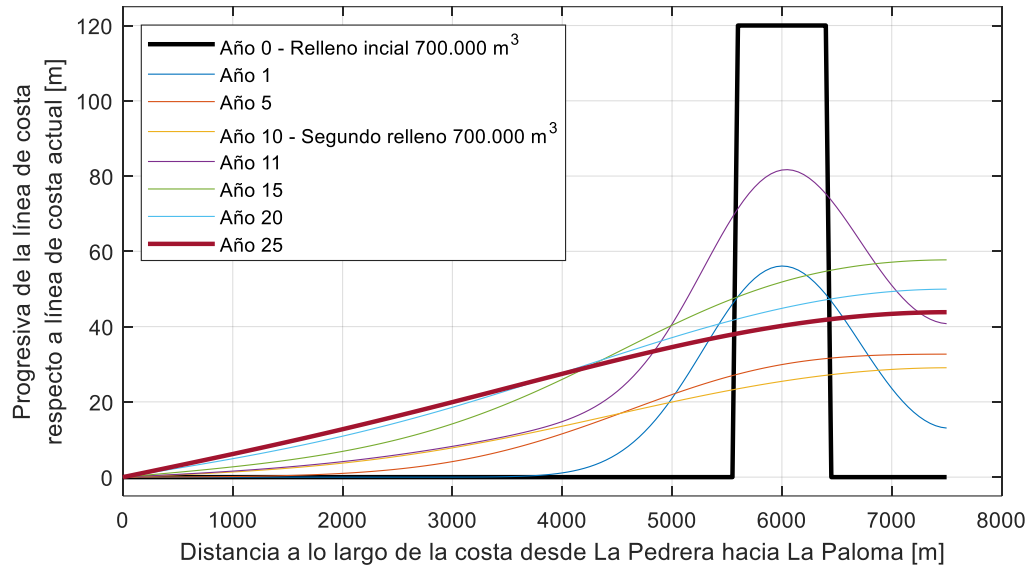


Figura 4-57 – Evolución de la línea de costa en el arco La Pedrera-La Paloma considerando dos rellenos de 700.000 m<sup>3</sup> de arena a lo largo de la V.U. de la obra.

**Alternativa Norte A.2.**

Esta alternativa consiste en seis diques exentos de 80 m de longitud cada uno, construidos en material suelto, fundados a una profundidad de 2,3 m respecto al nivel medio del mar actual y coronados apenas por encima del nivel medio del mar. La Figura 4-58 presenta la configuración en planta de esta alternativa, incluyendo la localización de los diques exentos y la forma en planta de la línea de costa. Se hace notar que esta configuración propicia el desarrollo de tómbolos. La Figura 4-59 presenta la geometría de la sección tipo de los diques exentos propuestos.

Esta alternativa requiere para su implementación de:

- Relleno de arena de 175.000 m<sup>3</sup> para alcanzar la posición de equilibrio de la línea de costa.
- Relleno de arena adicional de 230.000 m<sup>3</sup> para tener 40 m de resguardo de playa.
- 11.000 m<sup>3</sup> de enrocado para la construcción de los diques exentos.



Figura 4-58 – Configuración en planta de la alternativa Norte A.2.

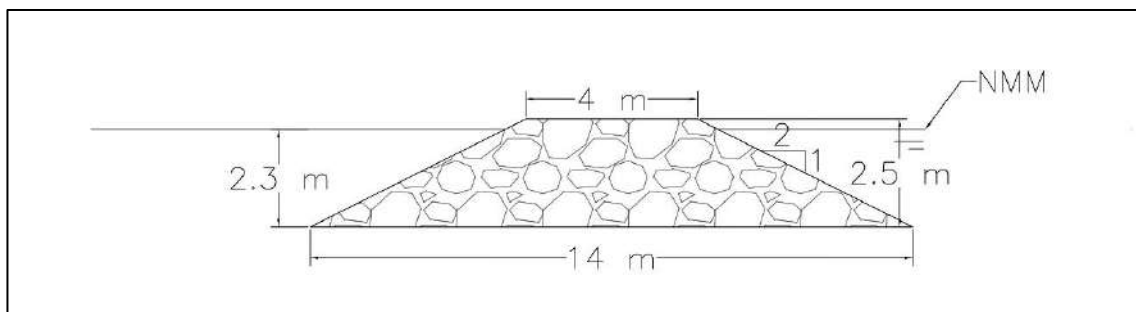


Figura 4-59 – Esquema de la geometría de la sección tipo de los diques exentos de la alternativa Norte A.2. Se toma de referencia el nivel medio del mar actual.

**Alternativa Norte A.3.**

Esta alternativa consiste en cinco diques exentos de 40 m de longitud cada uno, construidos en material suelto, fundados a una profundidad de 3 m respecto al nivel medio del mar actual. La Figura 4-60 presenta la configuración en planta de esta alternativa, incluyendo la localización de los diques exentos y la forma en planta de la línea de costa. En esta configuración no se generan tómbolos.

En esta alternativa los diques tienen un coeficiente de transmisión del oleaje  $K_T=0,5$ . Esta transmisión se puede lograr mediante distintas combinaciones de ancho y nivel de coronación de la estructura. La Figura 4-61 presenta dos geometrías de sección tipo de los diques que tienen este coeficiente de transmisión: una coronada 25 cm por debajo del nivel medio del mar (alternativa A.3.a), la otra coronada 1.4 m por debajo del nivel medio del mar (alternativa A.3.b).

Esta alternativa requiere para su implementación de:

- Relleno de arena de 240.000 m<sup>3</sup> para alcanzar la posición de equilibrio de la línea de costa.
- Relleno de arena adicional de 230.000 m<sup>3</sup> para tener 40 m de resguardo de playa.
- 4.700 m<sup>3</sup> de enrocado para la construcción de los diques exentos de la alternativa A.3.a o 7.800 m<sup>3</sup> de enrocado para la construcción de los diques exentos de la alternativa A.3.b



Figura 4-60 – Configuración en planta de la Alternativa Norte A.3.



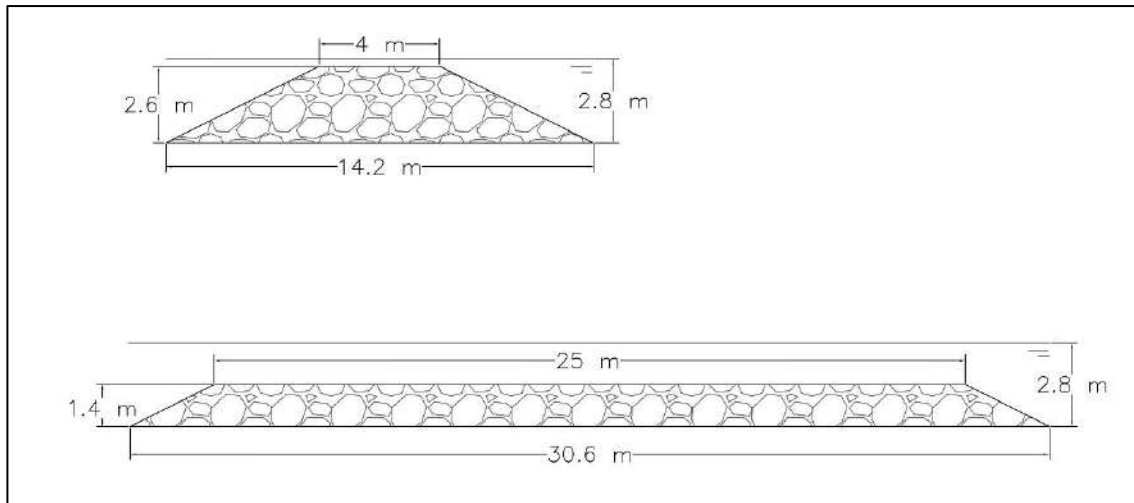


Figura 4-61 - Esquema de la geometría de la sección tipo de los diques exentos de la alternativa Norte A. 3. Se toma de referencia el nivel medio del mar actual.

#### **Alternativa Norte A.4.**

Esta alternativa consiste en tres diques exentos de 120 m de longitud cada uno, construidos en material suelto, fundados a una profundidad de 5,3 m respecto al nivel medio del mar actual. La Figura 4-62 presenta la configuración en planta de esta alternativa, incluyendo la localización de los diques exentos y la forma en planta de la línea de costa. En esta configuración no se generan tómbolos.

En esta alternativa los diques tienen un coeficiente de transmisión del oleaje  $K_T=0,5$ . Esta transmisión se puede lograr mediante distintas combinaciones de ancho y nivel de coronación de la estructura. La Figura 4-63 presenta dos geometrías de sección tipo de los diques que tienen este coeficiente de transmisión: una coronada 30 cm por debajo del nivel medio del mar (alternativa A.4.a), la otra coronada 2 m por debajo del nivel medio del mar (alternativa A.4.b).

Esta alternativa requiere para su implementación de:

- Relleno de arena de 290.000 m<sup>3</sup> para alcanzar la posición de equilibrio de la línea de costa.
- Relleno de arena adicional de 230.000 m<sup>3</sup> para tener 40 m de resguardo de playa.
- 26.000 m<sup>3</sup> de enrocado para la construcción de los diques exentos de la alternativa A.4.a o 47.000 m<sup>3</sup> de enrocado para la construcción de los diques exentos de la alternativa A.4.b



Figura 4-62 – Configuración en planta de la alternativa Norte A.4.

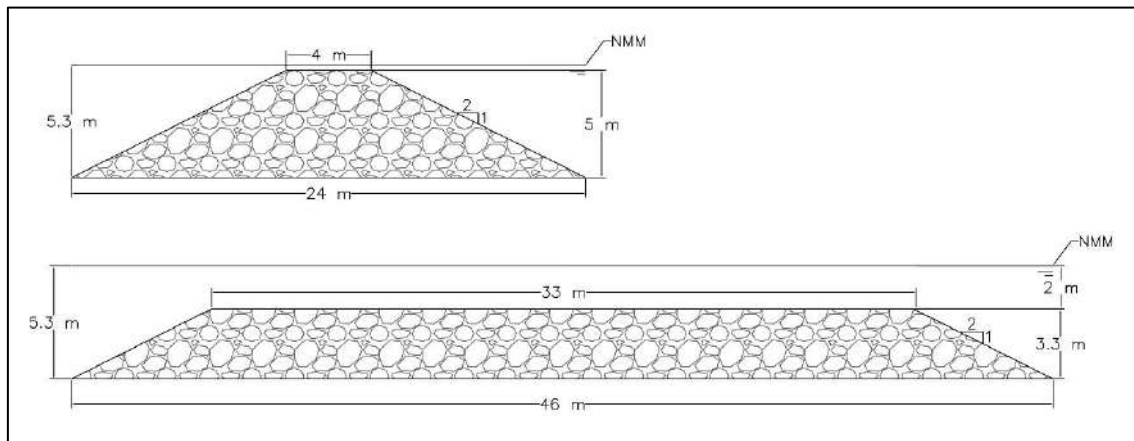


Figura 4-63 – Esquema de la geometría de la sección tipo de los diques exentos de la alternativa Norte A.4. Se toma de referencia el nivel medio del mar actual.

### **Alternativa Norte A.5.**

Esta alternativa consiste en demoler los bienes e infraestructura que se encuentran en riesgo por efecto de eventos extremos de erosión en el horizonte temporal 2050, utilizando el espacio generado para la regeneración de los ecosistemas costeros en dicho tramo de playa.

Los padrones y tramos de costanera afectados son los identificados en la etapa de diagnóstico. Las medidas de reconstrucción ecosistémica, una vez retiradas las infraestructuras, son equivalentes a las propuestas para el tramo Sur.

La aplicación de esta medida no requiere de ningún tipo de obra litoral (ni rellenos de playa ni obras de estabilización de los sedimentos), pero sí requiere la expropiación de padrones y la redirección del tránsito en la zona. Estos aspectos se analizan más abajo en este documento.

### **Consideraciones respecto a los efectos sobre el paisaje de las alternativas del tramo norte**

La Alternativa Norte A.1. no implicaría la construcción de obras y, en este sentido, no habría alteraciones del paisaje. Sin embargo, los rellenos de playa implementados al inicio y a mediados de la V.U. de la obra implicarían un incremento muy significativo del ancho de playa durante un corto período (120 m al fin del relleno), lo que sí podría tener un impacto importante sobre el paisaje.

La Alternativa Norte A.2. tendría un impacto en las zonas de playa seca y zona de baño muy importante. A modo de ejemplo, la Figura 4-64 presenta un ejemplo de cómo resulta la playa tras la implementación de una alternativa de este tipo.

Las alternativas Norte A.3 y Norte A.4. en cambio, tendrían un impacto menor en las zonas de playa seca y de baño. La costa rectilínea actual pasaría a tener oscilaciones, pero no se vería interrumpida, mientras que la zona de baño tendría menor nivel de oleaje, pero continuaría siendo un continuo ininterrumpido. En lo que respecta a los diques exentos, en ambas alternativas el diseño final podría contemplar que éstos queden sumergidos, cuestión de no ser vistos desde la playa la mayor parte del tiempo. A su vez, su diseño podría contemplar tanto la posibilidad de potenciar hábitats marinos (concepto de arrecifes artificiales) como la generación de rompientes adecuadas para la práctica de surf.

La Alternativa Norte A.5. no implicaría la construcción de obras, aunque debería incluir la demolición de las infraestructuras existentes, con la consecuente alteración del paisaje (renaturalización), que en principio en el escenario de esta alternativa dotaría de la capacidad de amortiguación de eventos extremos conferida por el ecosistema costero rehabilitado.



Figura 4-64 – Ejemplo de paisaje de playa generado tras la construcción de diques exentos similares a los propuestos en la Alternativa Norte A.2 (tomado de figura 17.28 de DHI 2017<sup>33</sup>).

### **Resumen de metrajes de las alternativas del tramo norte**

La Tabla 4-6 resume los metrajes de relleno de arena y volumen total de enrocado necesario para cada una de las alternativas consideradas.

Tabla 4-6 – Resumen de metrajes de arena y roca para las alternativas del tramo norte

Alternativa	Volumen de relleno de arena en playa [m <sup>3</sup> ]	Volumen estimado a colocar considerando 40% de pérdidas [m <sup>3</sup> ]	Volumen de enrocado [m <sup>3</sup> ]
A.1	1.400.000	1.960.000	---
A.2	405.000	570.000	11.000
A.3.a	470.000	660.000	4.700

<sup>33</sup> DHI 2017. Shoreline Management Guidelines.

Alternativa	Volumen de relleno de arena en playa [m <sup>3</sup> ]	Volumen estimado a colocar considerando 40% de pérdidas [m <sup>3</sup> ]	Volumen de enrocado [m <sup>3</sup> ]
A.3.b	470.000	660.000	7.800
A.4.a	520.000	730.000	26.000
A.4.b	520.000	730.000	47.000

#### 4.10.3.3. Consideraciones y recomendaciones sobre las alternativas planteadas

Se resumen a continuación algunas consideraciones y recomendaciones que surgen de este trabajo, algunas de las cuales ya fueron discutidas en secciones previas del informe:

- Los TDR en los que se basa este trabajo y por tanto el alcance espacial del mismo es únicamente la playa de La Aguada, la cual es solo una parte de una unidad fisiográfica mayor que comprende, al menos, todo el arco de playa entre La Paloma y La Pedrera. La dinámica sedimentaria de esta unidad no ha sido estudiada en detalle previamente y el alcance de este proyecto no permite hacerlo en el marco del mismo. Tanto el diseño final de las medidas de adaptación de La Aguada, como la estimación de cómo estas medidas afectarán a las playas adyacente, requiere entender el sistema en su conjunto. **Se recomienda por tanto realizar un estudio orientado a comprender la dinámica sedimentaria de la unidad fisiográfica en la que está ubicada la playa de La Aguada (al menos el arco de playa La Paloma-La Pedrera).**
- Relacionado con lo anterior, **es necesario confirmar o refutar la hipótesis de que existe bypass de arena a través de la punta rocosa Cabo Sta. María – Puerto La Paloma** (ver sección 4.5.1). Esto es necesario tanto para confirmar el diagnóstico de la situación actual como para evaluar el desempeño de las medidas de adaptación al cambio climático.
- Las medidas de adaptación que se tomen para la playa de La Aguada necesariamente afectarán al resto de la unidad fisiográfica y condicionarán las alternativas que se puedan implementar en el resto de las playas. Tomando este trabajo como insumo, y **una vez cerrado el estudio de la dinámica del sistema mencionado arriba, se recomienda abordar el diseño de medidas de adaptación de la unidad fisiográfica en su conjunto, involucrando en este estudio a la autoridad portuaria** a fin de incluir la gestión de sedimentos del puerto en el análisis.
- No hay experiencia local en la implementación de las medidas propuestas en cuanto a **beach scraping**, y la experiencia internacional no es contundente en cuanto a la respuesta positiva del sistema ante medidas de este estilo, por lo que **el seguimiento riguroso y la consecuente evaluación y ajuste de la medida es parte integral de**

**esta alternativa. Si este seguimiento y evaluación periódica no es posible, se recomienda no implementar el *beach scraping*.**

#### **4.10.4. ASPECTOS URBANOS Y SOCIALES**

El ámbito costero, objeto de la presente consultoría, registra dos tramos claramente diferenciados (tramo sur “Parque Andresito” y tramo norte balneario La Aguada) y que son objeto de propuestas de actuación distintas. En ambos tramos, para la instrumentación de los lineamientos generales y las propuestas particulares de proyecto y gestión, se deben tener en cuenta algunos hitos y puntos clave a que deben sujetarse aspectos del diseño concreto.

Hitos o puntos clave:

- localización de casetas de guardavidas en la playa, que generan polos de atracción con mayor afluencia de público en la playa;
- cruces peatonales (cebras), si bien registran una baja tasa de respeto, permiten reconocer puntos de concentración de concurrencia de gente;
- paradas de ómnibus, de la línea de transporte público en los meses de temporada veraniega, aunque sin equipamiento ni buena señalización, también constituyen un claro punto de concentración de personas y de acceso al espacio costero;
- estacionamientos informales, con acceso previsto desde la calzada de la rambla; se plantea la necesidad de proceder a su formalización y clara delimitación, en función de la conservación ecosistémica del área costera (lo que puede llevar a proponer la eliminación de alguno de ellos y, especialmente, a acercarlos a la calzada vehicular de la rambla y alejarlos de la costa);
- paradores (“Casa del Mar”, “chiringuitos”, emprendimientos de deportes acuáticos y otros servicios similares), que son atractores de público, deben contar con facilidades próximas de estacionamiento vehicular;
- miradores existentes en proximidades de empalme de la avenida De los Argentinos con la rambla costanera Tabaré, en la intersección de la calle 7 con la calle Terú, y en el “Cerro de la Virgen”, los que constituyen hitos de interés en la faja costera;

- equipamientos y mobiliario urbano, atractivos para la concurrencia de personas y puntos de concentración de asistencia en playas, suelen asociarse a necesidades de estacionamiento vehicular (bicicletas, automóviles).

Debe tenerse en cuenta que la mayoría de estos hitos no están fijos y si bien su localización actual tiene ataduras en la memoria urbana del colectivo, podrían relocalizarse y así se habrá de encarar en las etapas de proyecto.

#### **4.10.4.1. Tramo Parque Andresito (sur)**

Se desarrolla entre el espigón norte del Puerto y la calle Yamandú (límite sur de la urbanización del Balneario La Aguada), en que se localizan dos grandes padrones de suelo categorizado como rural.

En todo este tramo el objeto central será la regeneración y mantenimiento del sistema dunar para el sostenimiento de la playa seca, junto con la rehabilitación y mantenimiento de los ecosistemas costeros.

Para el cumplimiento de este objetivo principal se requiere la eliminación de los accesos informales, tanto peatonales como vehiculares, la consolidación de accesos peatonales de menor afectación al sistema dunar, mediante pasarelas de madera, junto con la formalización de estacionamientos vehiculares mínimos, adyacentes a la calzada de la rambla. En el mismo sentido, la protección para impedir el acceso de vehículos a la franja costera debe ser eficiente y localizarse próxima a la calzada de la rambla.

El primer subtramo, entre el recinto portuario y los restos de un antiguo espigón (el llamado “muelle chico”), tiene acceso casi exclusivamente por sus extremos, dada la presencia, sobre la rambla, de las cabañas y camping del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Esta condición debiera aprovecharse para eliminar los accesos informales y formalizarlos, por sendos estacionamientos vehiculares en ambos extremos, sobre la rambla y pasarelas peatonales hasta la costa.

En el siguiente subtramo, entre el “muelle chico” y la calle Yamandú, deberán desarrollarse con mayor alcance las acciones para la recuperación ambiental, dada la actual afectación por circulaciones informales y otros usos no adecuados, como grandes extensiones para el estacionamiento de vehículos próximas la costa. Se deberán formalizar áreas de



estacionamiento, adyacentes a la calzada de la rambla, localizadas de forma de facilitar el acceso a puntos singulares, tales como: el mirador algo al sur de la avenida De los Argentinos y la Farola, la misma Farola, la zona de playa en el entorno a la caseta de guardavidas entre ambas, la “Casa del Mar” y el cruce peatonal próximo a la calle Yamandú. Entre estos cinco posibles estacionamientos y los mencionados hitos de interés costero, se deberán implantar pasarelas de madera.

Se propone, como parte de las acciones de restauración y mantenimiento del área dunar, la creación de un sendero interpretativo, mediante pasarela de madera, entre los dos puntos extremos mencionados: el mirador al sur de la avenida De los Argentinos y la “Casa del Mar”. También se entiende que, en la fase de diseño, debiera considerarse la posible eliminación de la explanada producida para uso deportivo y devolver esa área a los trabajos de restitución del sistema.

Si bien es la zona en que la banda costera registra mayor ancho y puede resultar atractivo localizar allí equipamientos para actividades lúdicas y deportivas, su eventual incorporación debe ser cuidadosamente analizada y limitada, dando prioridad a su ubicación al otro lado de la calzada de la rambla, en el suelo disponible del parque, potenciando su apropiación y disfrute.

#### **4.10.4.2. Tramo balneario La Aguada (norte)**

Corresponde a sector costero del fraccionamiento del balneario, entre la calle Yamandú y la calle Costa Azul. En éste se reconocen tres subtramos caracterizados por la localización de la rambla costanera Tabaré respecto a la costa, con dos subtramos en que corre como límite de la urbanización y la playa, separados por un subtramo intermedio de unos dos kilómetros y medio en que se desarrolla algo alejada, dejando un amanzanado entre ella y la playa.

Se trata de un tramo ya sumamente afectado por las diferentes formas de erosión costera y deterioro del sistema dunar, en particular por las actividades humanas, con circulación y estacionamiento vehicular, accesos peatonales indiscriminados, juegos y otras actividades perjudiciales para el ecosistema.

En el primer subtramo se localiza uno de los puntos de gran conflictividad del ámbito, que el proyecto deberá considerar. Casi en la prolongación de la calle Arazatí, próximo a la curva de la rambla, donde hay un cruce peatonal (cebra), una muy reducida playa de estacionamiento vehicular (que resulta imposible ampliar allí) y una pasarela peatonal de

madera. Se accede por ella a un área de playa con gran concurrencia, dotada de servicios y con una caseta de guardavidas algo más al norte.

El subtramo intermedio, de tres manzanas entre la rambla costanera Tabaré y la playa, registra otro punto notorio: una amplia explanada mirador con una pequeña área pergolada y accesos formalizados a la playa, junto con una reducida playa de estacionamiento, en el eje de la calle 7 en la confluencia con la calle Terú.

Se entiende oportuno que, en la etapa de diseño, se considere la incorporación de una pasarela, a modo de rambla peatonal, en el borde de la propiedad privada de los padrones costeros de estas tres manzanas, dando continuidad a la circulación pública, colaborando con la sustentabilidad del sistema dunar.

El tercer subtramo se inicia cuando la avenida costanera Tabaré vuelve al borde urbano sobre la playa, a la altura del gran padrón oblongo en el eje del fraccionamiento La Aguada y que interrumpe su trama urbana. En el corto trecho frente al padrón mencionado se localiza una caseta de guardavidas y un estacionamiento angosto sobre la calzada, para vehículos “de punta”.

Hacia el norte, la faja de duna fósil es de muy reducido ancho y no ha permitido el establecimiento de grandes áreas de estacionamiento vehicular, que se reducen a apenas una banquina ensanchada en algunos puntos de la rambla, en que se estacionan unos pocos vehículos. Aun cuando los accesos peatonales informales han permanecido en múltiples puntos, el subtramo cuenta con algunas pasarelas establecidas para el acceso a la playa.

El subtramo culmina, en el norte, en el “Cerro de la Virgen”, pequeño punto muy poco más alto que su entorno. Allí se localiza un estacionamiento vehicular y una explanada peatonal apenas separada de éste, desde la cual se accede a un mirador “observatorio de ballenas”.

Todo este tercer subtramo requiere actuaciones para la regeneración y fijación de dunas, con reconstrucción de flora correspondiente, eliminación de circulaciones informales y su sustitución por pasarelas de madera, eliminación de estacionamiento vehicular informal y generación de áreas adecuadas para estacionamiento. Particularmente, en el último subtramo, podría encararse el diseño de estacionamientos al oeste de la rambla, dado el ensanche de la faja y el alejamiento de los padrones, que allí se produce.

En el borde norte del “Cerro de la Virgen” corre una de las descargas de pluviales urbanas, cuyo rediseño, al igual que en los demás casos similares, debe constituirse en una

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

oportunidad de enriquecimiento paisajístico, al conformar una pieza de vegetación diferenciada propia de áreas costeras húmedas.

#### **4.10.5. ASPECTOS URBANOS Y SOCIALES ESPECÍFICOS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS**

##### **4.10.5.1. Gestión de los sedimentos**

Se proponen alternativas que implican manejo de sedimentos de manera frecuente, lo que implica la realización de obras permanentes para el acceso a los lugares de volcado periódico o extracción de arena de relleno, desde tierra y/o desde el océano, junto con las consecuencias de diversas afectaciones al uso de la playa por esta operativa frecuente.

Las consideraciones respecto a las consecuencias se verifican en cualquiera de las dos posibles alternativas: tanto con la realización de un gran aporte inicial de sedimento como la variante con aportes sistemáticos de sedimento.

Respecto al paisaje y en las condiciones para el uso de la playa no resultan de significación, ya que simplemente generan un mayor ancho provisorio en el sector de vertido que con el tiempo se traduce en un ligero ensanchamiento en el total del arco.

En estos casos, dependiendo del diseño concreto, se requieren, además de la asignación de una dependencia para atender el mantenimiento en la gestión de sedimentos, el establecimiento de una dotación presupuestal permanente para sostenerlo.

##### **4.10.5.2. Dique exento**

Se proponen una serie de alternativas que implican la construcción de diversas variantes de diques aproximadamente paralelos a la costa, acompañados de rellenos.

Se consideran 3 alternativas de diques exentos:

- diques siempre emergidos próximos a la costa, con interrupción de línea de costa entre diques y formación de tómbolos;
- diques numerosos próximos a la costa, con baja cota de coronamiento;
- diques en menor número y más lejanos a la costa, con baja cota de coronamiento e invisibles desde la costa una parte significativa del tiempo.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Los diques exentos, paralelos y relativamente próximos a la costa, registran los efectos que han sido reseñados sobre las dinámicas costeras y la estabilización de las condiciones de la playa en el escenario de cambio climático. Simultáneamente podrían generar impactos significativos en la percepción del paisaje y en los usos costeros.

La primera de las alternativas es la que produce un cambio más radical en las condiciones del arco costero, ya que modificaría sustancialmente la conformación del arco de playa, que resultaría convertido en una sucesión de pequeñas playas, de menos de 200 metros cada una de ellas, entre los tómbolos, en un kilómetro de playa continua, frente al balneario La Aguada. Los usos de la playa se verían escasamente afectados, aunque sí, la alternativa resulta en un cambio de paisaje muy radical, con las dificultades de evolución para la percepción social y la, eventual, afectación en la valorización de los predios frentistas.

Las otras dos alternativas constituyen variantes que, a los efectos de su incidencia en el paisaje y en las condiciones de uso de la playa, resultan similares y escasas. El borde costero de playa, muy rectilíneo, sin perder su continuidad, se convierte en una sucesión de ondas, de distinta extensión según la alternativa de diseño de los diques, sus dimensiones y su localización. El paisaje se vería escasamente alterado, ya que se podrían proyectar sumergidos y los usos de playa tampoco registrarían grandes variantes, excepto en su nivel de oleaje.

#### **4.10.5.3. Retiro controlado de bienes e infraestructura amenazados**

Se plantea la alternativa de ampliación del ancho de la faja de playa disponible para el manejo de las dinámicas costeras en el sistema dunar, considerando la pérdida de sedimento, en el escenario de cambio climático y aumento del nivel del mar.

Para ello resulta necesario modificar la condición actual de la primera línea de la urbanización sobre la playa. En una primera aproximación, estas alteraciones podrían encararse en fases a lo largo del tiempo, en función de la evolución constatada y la efectividad de las acciones.

Resulta notoria y evidente la potencia y valor que representaría esta alternativa para la conformación y restauración natural del paisaje costero.

La primera actuación consistiría en la eliminación de la calzada de tránsito vehicular existente, dejando para una instancia posterior, a evaluar oportunamente, la posible intervención sobre los padrones privados de la primera línea del amanzanado sobre la costa.

Las principales consecuencias de una actuación de este tipo serían sobre la movilidad, las condiciones de accesibilidad a la playa, los padrones frentistas a la costa y las infraestructuras y servicios urbano. Se analizan someramente a continuación.

- Sobre la movilidad.

En ausencia de la rambla Avenida Costanera Tabaré, deberá ser sustituida por alternativas para la circulación, dando ingreso a la costa “en peine” y resolviendo, en el caso de los vehículos, su retorno y las facilidades para el estacionamiento fuera de la faja costera.

Como se ha constatado y descrito, la actual “rambla” (Avenida Costanera Tabaré) es la casi exclusiva vía de conectividad transversal entre La Paloma y los balnearios La Aguada, Costa Azul, Antoniópolis y Arachania. Las alternativas existentes son escasas, complejas e implican tiempos de desplazamiento exageradamente mayores. Además, es por la mencionada avenida que transcurre el único transporte público.

En caso de desafectación de la avenida y levantamiento de la infraestructura vial existente, resulta imprescindible encarar su sustitución previa por alguna alternativa viable para la conectividad transversal del sector.

En una primera aproximación se vislumbran dos alternativas: una lejana a la costa u otra intermedia.

a) Por viario existente

La única alternativa clara, aunque lejana a la costa, podría transcurrir, en sentido sur-norte, por la Avenida Dr. Javier Barrios Amorín (Ruta 15), calles De la Vía y Zapicán (en La Aguada), calle Coronillas (en Costa Azul), calle Del Barranco (en Antoniópolis) y Calle 7 (para llegar a Arachania). La distancia a la costa iría entre 700 metros en el caso de La Aguada a 500 en Costa Azul y algo menos en Antoniópolis y Arachania.

La distancia a la costa en los casos de La Aguada y Costa Azul, resulta muy extensa, sobre todo para movilidad en transporte público, por el trayecto que exigiría para el

desplazamiento peatonal, absolutamente inviable por consideraciones de género, generaciones y capacidades diferentes.

Por ello, en esta alternativa habría que disponer la entrada de los ómnibus por el “peine” hasta la primera paralela a la costa (Abarore o Terú y De Mary en La Aguada, al sur y al norte del padrón N° 563, respectivamente, y Del Club en Costa Azul). Esta opción inevitablemente aumentaría sensiblemente los tiempos y los kilómetros de recorrido en transporte público.

Los anchos de faja disponible, en esta primera opción, son escasos aunque muy probablemente viables para la pavimentación que habría que encarar, ya que será necesario sustituir el actual pavimento granular angosto por carpeta asfáltica o similar, de mayor ancho que el actual (la faja pública registra unos 15 metros en los tramos más angostos, en Zapicán y Calle 7).

También, en esta primera opción, será necesario considerar el recargo de tránsito que resultará en la Av. Barrios Amorín (Ruta 15) en el tramo entre La Paloma y la rotonda de empalme con la calle De la Vía.

#### b) Habilitación de nuevo viario

Una segunda alternativa consistiría en articular una vía vehicular principal próxima a la costa, sustitutiva de la Avenida Costanera Tabaré, reduciendo la profundidad de los accesos “en peine” a la playa y facilitando los trayectos de los peatones desde el transporte público, para atender la perspectiva de género, generaciones y capacidad de movilidad de las personas.

La vía alternativa a la Avenida Costanera Tabaré podría lograrse por la continuidad de calles existentes, próximas a la costa. En el sector sur del balneario La Aguada, estas calles podrían ser Terú y un pequeño tramo de la Avenida Costanera Tabaré (en que ésta se aparta de la costa), Calle 7 y Abarore. En el sector norte de La Aguada, las calles podrían ser De Mary y Calle 15, para seguir luego por Tabobá/Costa Azul, Del Club, Las Casillas y así siguiendo hacia el norte.

La principal dificultad lo constituye la discontinuidad que habría que salvar por la interrupción que representa el padrón 563, debido a lo cual resultará imprescindible la expropiación de una faja de éste a efectos de conectar las calles Abarore y De Mary

entre las calles Abayubá, en el lado sur del padrón 563 y De Loma de Andrés al norte del dicho padrón.

Además de lo intrincado que resultará el trazado, cabe señalar que, en varias situaciones, los anchos de faja pública disponibles no son generosos, ya que hay calles cuyo ancho total ronda apenas los 14 metros.

La otra gran dificultad es la conectividad de este sistema vial esbozado, paralelo a la costa, es su conexión, en el sur, con La Paloma a través del Parque Andresito, en el caso de optarse por el levantamiento de la Avenida Costanera Tabaré también en este tramo. En este caso, podría optarse por utilizar alguna vialidad interna del Parque, particularmente la actual senda vehicular interna a la altura de la calle Abarore.

La otra temática asociada a lo descrito la constituye el manejo de los estacionamientos vehiculares al servicio de la playa, que, nunca, podrán resolverse en la costa. No resulta admisible que se estacionen saliendo de los “cul de sac” del “peine” vehicular hacia el borde costero e invadiendo las dunas que se van a reconstruir y para las cuales debe asegurarse su no invasión por vehículos.

Una alternativa podría estar constituida por formalizar estacionamientos vehiculares “de punta” o “en espina”, en los tramos del “peine” cuyo ancho lo permita.

- Sobre las condiciones de accesibilidad a la playa.

La actual accesibilidad universal, en condiciones de confort y seguridad para todas las personas, atendiendo a sus diferentes capacidades (motrices, visuales, etc.) como desde la perspectiva de género y consideración de generaciones, se ve seriamente comprometida por la ausencia de aceras. En el caso de que el transporte público se aleje de la playa, estas apreciaciones llevan a la exigencia de construir aceras o sendas peatonales seguras por lo menos entre las paradas de ómnibus y la playa.

Esta necesidad debe sumarse a la de construir pasarelas peatonales de acceso a la playa a través del sistema dunar a efectos de minimizar la afectación de sus dinámicas, evitando la circulación directa sobre la arena (y facilitando, simultáneamente, el acceso de personas con dificultades motrices y de rodados infantiles). Estas pasarelas debieran dar continuidad de circulación, con accesibilidad universal, desde las paradas de ómnibus hasta la playa. Y también desde las áreas de concentración de estacionamiento vehicular.

- Sobre los padrones frentistas a la costa.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Una consecuencia, no deseada, de la eliminación, o no existencia, de vialidad en una rambla costanera, es la apropiación, con diferentes alcances, de espacio público costero por parte de los padrones frentistas. A lo que se suele sumar a la circulación informal, vehicular y peatonal, paralela a la costa en dichos frentes, con la afectación y el deterioro del ecosistema.

Es por eso que, resulta recomendable, adoptar medias físicas para el cierre efectivo de la eventual circulación vehicular, al tiempo de incorporar pasarelas, como senderos de reconocimiento, a lo largo y lo más próximos posible, a los límites frontales de los padrones.

Además, como se describió en el capítulo correspondiente, la urbanización costera de La Aguada está constituida por manzanas rectangulares con el lado corto sobre la costa. Como consecuencia, suelen haber únicamente uno o dos padrones en cada manzana con frente sobre la costa. Por ello, la eliminación de la Avenida Costanera Tabaré no impide que los padrones tengan acceso desde una vía pública, ya que lo seguirán teniendo sobre la transversal.

En La Aguada se observan únicamente dos situaciones, la de los padrones N° 254 y N° 575, que deberán considerarse a nivel de diseño, por tener un único frente a la Avenida Costanera Tabaré y que habrá que atender singularmente, sin que por eso se habilite el acceso vehicular fuera de control.

- Sobre las infraestructuras y servicios públicos.

La desafectación de la actual rambla Avenida Costanera Tabaré, requiere un importante trabajo de demolición, remoción y, sobre todo, retiro de la totalidad de los componentes materiales de la actual calzada vehicular (pavimentos y subbase), atendiendo la localización y las condiciones de su disposición final.

Pero, a lo largo de la Avenida Costanera se localizan todas las infraestructuras urbanas, las que, seguramente, deberán permanecer. El tendido de red eléctrica de UTE es aérea y la postación se encuentra sobre la línea de límite frontal de propiedad. En ese alineamiento existe una doble postación, una de UTE y la otra de telefonía fija de ANTEL. Con la eliminación de la calzada vehicular de la Costanera resulta recomendable revisar el diseño de las mencionadas infraestructuras, ya que, como se verificó, prácticamente



todos los padrones tienen acceso desde las calles transversales, por lo cual no resultaría necesario un tendido en el frente costero.

Fuera de la línea de propiedad y próxima a la actual calzada, se encuentran las columnas de iluminación pública, con su propia línea aérea entre ellas. La eliminación de la calzada vehicular y la eventual incorporación de un sendero de interpretación sobre el límite de propiedad, aconsejan retirar la iluminación vial pública hoy existente y su eventual sustitución por una iluminación diferente, que atienda a las condiciones necesarias para el fomento de la biodiversidad y la máxima limitación de la contaminación lumínica del cielo nocturno.

#### **4.10.6. ASPECTOS ECOSISTÉMICOS**

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) han adquirido una importancia cada vez mayor para abordar los desafíos de la fragmentación de ambientes, la consecuente pérdida de servicios ecosistémicos y la variabilidad y el cambio climático<sup>34</sup>.

Según la definición de PNUMA (2022)<sup>35</sup>, las SbN son acciones proteger, conservar, restaurar, utilizar y gestionar de forma sostenible los ecosistemas terrestres naturales o modificados.

Esto significa una herramienta para abordar de manera efectiva y adaptativa los desafíos sociales relacionados con el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, urbanización, seguridad del agua, entre otros.

A nivel costero el abordaje SbN en Uruguay ha tenido varios ejemplos exitosos de intervención enmarcadas en proyectos de adaptación basada en ecosistemas (AbE). Gran parte de ellos liderados por el actual Ministerio de Ambiente (ex MVOTMA)<sup>36</sup> y la Oficina de

---

<sup>34</sup> Meyer, K., and Hessenberger, D. (2022). *Prototype database of international Nature-based Solutions case studies: supplementary report to the CCICED special policy study on value assessment of Nature-based Solutions*. Gland, Switzerland: IUCN.

<sup>35</sup> United Nations Environment Programme/UNEP (2022a). Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022.5/5. Nature-based solutions for supporting sustainable development.

<sup>36</sup> Proyecto: Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay (PNUD-GEF URU/07/2013).

Planeamiento y Presupuesto<sup>37</sup> a partir de varios proyectos de desarrollo local, adaptación al cambio climático y restauración costera. Todas estas iniciativas fueron realizadas en coordinación con gobiernos subnacionales (municipales y departamentales) y en varias de estas oportunidades involucrando a la sociedad civil a nivel local, desarrollando a su vez el enfoque de adaptación basada en comunidades (AbC).

Básicamente las medidas SbN identificadas en el marco de la consultoría involucran a los ecosistemas costeros presentes en el área: cordones dunares (tapizados predominantemente por panicum sp), matorral costero (ensamble de especies nativas y exóticas arbustivas y arborescentes).

Las acciones de enverdecimiento propuestas son orientadas a la mejora del ambiente costero. Se propone la implementación de acciones como cercas captoras, plantación de herbáceas dunares, manejo de especies exóticas pre-existentes, la revegetación con especies de bosque y matorral psamófilo. En las descargas pluviales se considera la posibilidad de generar espacios de amortiguación donde podrá utilizarse vegetación hidrófila propia de la zona como parte del diseño de los elementos de laminación. Inclusive se pueden utilizar relictos de pequeños bañados existentes entre la rambla y playa. Todo esto se sugiere como parte de una propuesta que integra medidas grises y verdes en el marco de un proceso de manejo adaptativo orientado a la mejora de la capacidad de resiliencia del ambiente costero de La Aguada.

<b>MEDIDA SbN</b>	<b>SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE REGULACIÓN</b>
<b>REGENERACIÓN DUNAR</b>	<b>Amortiguación del oleaje / Control de erosión</b>
<b>ACONDICIONAMIENTO DESCARGAS PLUVIALES</b>	<b>Laminación y depuración de pluviales / Control de erosión</b>

<sup>37</sup> Programa de Desarrollo y Gestión Subnacional de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto Área de Políticas Territoriales, Préstamo No. 2668/OC-UR CP N° 002/2014 – Piloto de Gestión de Riesgos en el Departamento de Canelones- Zona Costera.

MEDIDA SbN	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE REGULACIÓN
<p><b>ACCESIBILIDAD Y ESPACIOS INTERPRETATIVOS</b></p> <p><b>MANTENIMIENTO Y JERARQUIZACIÓN BOSQUE Y PRADERA COSTERA</b></p>	<p><b>Gestión Riesgo / Mitigar impacto sobre ecosistema dunar/ Evitar fuga de arena hacia la zona urbana</b></p> <p><b>Control de erosión, evitar fuga de arena, patrimonio</b></p>

Las acciones sobre los ecosistemas descritos, en todo momento, persiguen la sustitución de especies exóticas por especies nativas. En el caso de la adecuación del bosque costero especialmente, se busca evitar los impactos negativos sobre el ecosistema dunar y mejorar la resiliencia del parque del borde costero ante eventos de fuertes vientos.

#### 4.10.6.1. Tipos de medidas de sur a norte

##### **Regeneración dunar:**

Esta acción incluye recarga de arena y la construcción de cercas captoras. Ambas acciones se realizarán en forma periódica de forma de fortalecer y conservar zonas con dunas preexistentes; restaurar el sistema de dunas en base a parches dunares relictuales presente en el tramo de playa; y regenerar dunas en las zonas donde es totalmente inexistente y que representan las zonas más comprometidas de La Aguada donde múltiples causas como la urbanización e impermeabilización paulatina, el aumento de las descargas pluviales hacia la zona costera y el anegamiento por aguas subsuperficiales, entre otras, dan como resultado un tipo de playa de gran vulnerabilidad ante eventos extremos y además la pérdida de calidad de una de las playas más importantes del Municipio de La Paloma y del departamento de Rocha.

##### **Conservación dunar:**

*Límite del recinto portuario - Primer estacionamiento:* Este tramo, representa el extremo sur del arco de playa y presenta un buen desarrollo dunar. Su extensión ronda los 300 m lineales y se plantea la realización de cercas captoras que revistan en borde inferior de la duna y desarrollen extensiones “en peine” orientadas hacia el norte de forma de captar el transporte

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

eólico perpendicular a la dirección de la línea de costa. Esta zona se revegetará de especies nativas dunares para ampliar su capacidad de retención.

Calle del Mar – Calle Rocha: Este tramo presenta una extensión de 380 m lineales en el extremo norte de la propuesta. Muestra una zona dunar de alta calidad ecosistémica. Se plantea la realización de cercas captoras que revistan en borde inferior de la duna y desarrollen extensiones “en peine” orientadas hacia el norte de forma de captar el transporte eólico perpendicular a la dirección de la línea de costa. Esta zona se revegetará de especies nativas dunares para ampliar su capacidad de retención. Debido a que el caudal eólico de N a S que experimenta este tramo de costa en los meses estivales se espera, poder hacer ingresar por este medio arena al sistema a la zona norte, la más vulnerable debido a los procesos de erosión y pérdida de costa frente a eventos extremos. Se propone especialmente el trabajo de mantenimiento de este campo dunar, realizando actividades a nivel local con “carreros” y comunidad local para asegurar la conservación de este recurso ecosistémico clave para el arco de playa.

#### **Restauración de parches dunares:**

Esta medida se circunscribe a los aproximadamente 900 m lineales de costa entre el límite norte del Camping de la Aguada y el Cerro de la Virgen. En esta zona se encuentran restos intermitentes de dunas, muchas veces invadidas por especies exóticas, pero con presencia de superficies de herbáceas dunares y parches con considerables volúmenes de arena.

Para dicho tramos, se plantea la realización de cercas captoras que revistan en borde inferior de los parches dunares existentes sumando extensiones en peine orientadas hacia el norte de forma de captar el transporte eólico perpendicular a la dirección de la línea de costa. A esta zona se le deberá realizar un manejo de remoción de especies exóticas y su paulatina sustitución con especies nativas dunares para ampliar su capacidad de recarga mediante transporte eólico.

Puntualmente se deberá acompañar la tarea con la implantación de especies de bosque costero sobre el borde de la rambla.

#### **Regeneración dunar:**

Hay un espacio de aproximadamente 2.000 metros lineales de costa, que presentan la ausencia total de duna o la presencia de parches relictuales (incluida en la medida anterior). En esta zona se requiere la recarga de arena, acción que debería ser realizada en forma

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

periódica especialmente en los márgenes sur y norte de este tipo de intervención, que representan los 2 tramos más comprometidos. Se estima del orden de 20.000 metros cúbicos el volumen de arena necesarios.

El tramo medio corresponde la zona de parches dunares relictuales donde también se considera oportuno la realización de recarga de arena pero que seguramente pueda no ser necesario realizarlo en varias oportunidades.

Todo este tramo deberá ser acompañado de la realización de cercas captoras y la revegetación con herbáceas dunares.

#### **4.10.6.2. Acondicionamiento de descargas pluviales**

En todos los puntos de descarga pluvial se deberá definir la posibilidad de realizar acciones de laminación aguas arriba de la rambla y dispositivos de laminación en la faja de costa.

Para el caso de la primera descarga de la zona sur del tramo de costa, se considera de gran utilidad revitalizar un bañado costero presente en las cercanías de dicho punto para realizar una laguna de laminación a partir de dicho bañado costero preexistente.

En los demás casos, en el espacio entre la rambla y playa se deberá ver la posibilidad de realizar un dispositivo de laminación que pueda tener un borde delimitado por especies vegetales propia de los bordes de las cañadas presentes en este tramo costero. Y limitando con las dunas preexistentes o desarrolladas a partir de las medidas propuestas en ese sentido.

#### **4.10.6.3. Bosque y pradera costera**

En dos tramos especialmente se plantea la posibilidad de realizar acciones de manejo del bosque costero, reemplazando especies exóticas, reforestando con especies nativas y jerarquizando los espacios de pradera arenosa presentes sobre todo en el tramo sur del arco de playa. Desde el límite del recinto portuario y hasta el Club del Mar.

Luego en la zona dunar al sur del Cerro de la Virgen, se plantea la forestación con especies arbustivas nativas para evitar el escape de arena desde la zona dunar hacia la playa.

Estas acciones además de ser una ventaja para minimizar efectos de la erosión frente a eventos extremos, representa la jerarquización del matorral psamófilo, un ecosistema de alta fragilidad y cada vez más fragmentado en la faja costera del Municipio de La Paloma, así como a escala nacional. Es por eso que también en materia de equipamiento se plantea la

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

posibilidad de realizar senderos peatonales interpretativos de bajo impacto paralelo a la línea de costa que atraviesen la zona donde se realizarán este tipo de intervenciones de manejo, enriquecimiento y jerarquización del bosque psamófilo y pradera costera.

Bosque psamófilo y pradera costera	1.5 hectáreas
Árboles y arbustos necesarios	4.000 ejemplares

#### 4.10.6.4. Equipamiento costero

Se plantea la realización de vallados para el ordenamiento vehicular y la protección de la zona de pradera costera y bosque psamófilo.

También la realización de un sendero interpretativo, así como miradores asociados a zonas de estacionamiento.

También se propone incorporar rampas de acceso universal en varios puntos de la costa para facilitar el ingreso de visitantes y turistas, minimizando la presión de uso sobre el ecosistema dunar bajo actividades de conservación y restauración.

Vallado vehicular	1.200 m
Estacionamientos/miradores	5
Accesos a la costa y sendero	6

#### 4.10.7. CONSIDERACIONES GENERALES A NIVEL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Por la presente sección se plantean caracteres del ordenamiento territorial actual de la zona costera del balneario La Aguada -en La Paloma- objeto del análisis de la consultoría, para exponer algunas disposiciones, desde este punto de vista, que aportarían al encare integrado de los problemas actuales y previsibles de drenaje pluvial, inundación y erosión costera.

##### 4.10.7.1. Modelo territorial

El modelo territorial planteado por las Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de 2014, resulta adecuado a efectos de la problemática

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consortio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

analizada, constituyéndose en el marco normativo, vigente y aplicable, para el ámbito considerado. Corresponde destacar las disposiciones del mencionado Decreto Departamental de Directrices, ya que aquí se realizan las propuestas normativas en aplicación de sus disposiciones. Sus principales definiciones al respecto se transcriben seguidamente.

- Uso sustentable de los ecosistemas presentes en el departamento y sus unidades ambientales (artículo 8º.1)
  - d. Usos productivos y turísticos sustentables desarrollados en las diferentes unidades ambientales del Departamento.
  - f. Territorio boscoso costero (asociaciones vegetales del matorral y bosque psamófilo) protegido.
  - g. Sistema dunar y de playas conservado.
- Gestión integrada y sustentable de la zona costera (artículo 8º.7)
  - a. Territorio costero ordenado de acuerdo a la visión y orientaciones definidas, recuperando la calidad ambiental donde ésta fue afectada por modalidades de gestión y usos del suelo no sustentables y garantizando el acceso y uso democrático de la costa para las presentes y futuras generaciones.
  - b. Territorio costero y del interior del departamento integrados y complementándose mediante una adecuada red vial.
  - c. Áreas urbanas y suburbanas costeras, de uso predominantemente estacional, con alta calidad ambiental, poniendo en valor y complementando las cualidades hoy reconocibles, realizando proyectos y promoviendo actuaciones que mejoren las condiciones ambientales y paisajísticas y promuevan el uso público sustentable de los diferentes sectores de la costa.
  - d. Vínculos entre las áreas locales costeras y las centralidades urbanas del Departamento desarrollados.
  - e. Convivencia armónica entre diferentes usos del territorio costero.
- Suelo subcategoría Urbano consolidado de uso residencial estacional (artículo 9º.2)

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Se consideran comprendidos dentro de la misma los centros poblados consolidados de uso predominantemente estacional. Se consideran tales aquellos que cuentan con los servicios básicos de infraestructura (calles, alumbrado público, agua, telefonía, recolección de residuos, transporte, etc.), servicios de utilidad pública para la población permanente (entre otros policlínica, farmacia, escuela y liceo) y para la población estacional (supermercados, estaciones de servicio, etc.).

Se incluye el territorio de las localidades de: La Paloma, (abarcando a estos efectos su delimitación desde la ribera de la Laguna de Rocha hasta Santa Isabel de la Pedrera).

- Área Costera (artículo 9º.5)

Para el área costera rige lo dispuesto por el Decreto Departamental N° 4/2009 y el Decreto Departamental N° 1/2011, hasta la categorización detallada que surja de los Planes Locales correspondientes.

El Decreto N° 4/2009 es de implementación de la Ley N° 18.308 de 2008 para la jurisdicción del departamento de Rocha, por la cual se reglamentan los instrumentos de planificación territorial previstos en la mencionada ley.

El Decreto N° 1/2011 es el del Plan Local de Ordenamiento Territorial de Lagunas Costeras que regula el territorio comprendido entre las lagunas de Rocha y Garzón, y en ese sentido incumbe a la zona oeste de La Paloma, fuera del ámbito costero objeto del presente análisis.

Los contenidos de estas Directrices Departamentales se inscriben y profundizan en las determinaciones del Plan de Ordenamiento y Desarrollo Sustentable de la Costa Atlántica (Decreto N° 12/2003 modificado por Decreto de 2005), usualmente denominado Ordenanza Costera.

Estas determinaciones vinieron a confirmar los contenidos de la Ordenanza Territorial del Departamento (Decreto de 1997 y modificativos en 2001 y 2004).

- Principios (artículo 2)

La gestión integrada de la zona costera y marina, utilizando dichos espacios de forma sustentable y garantizando su carácter público. Las estrategias de manejo están basadas en una perspectiva sistémica la cual reconoce la interconexión entre los sistemas costeros y requiere una aproximación multisectorial.



El derecho de construcción y de alteración de las características y condiciones naturales del suelo, en suelo de dominio privado, es regulado por el Gobierno Departamental, lo que implica necesariamente atender al interés general.

Es criterio prioritario, prevenir; adoptar medidas precautorias frente a eventuales o futuros daños ambientales que puedan afectar la faja costera del departamento. La falta de certeza técnica o científica absoluta nunca será causa para no adoptar medidas de naturaleza preventiva.

A partir de lo transcrito es posible concluir en que los principios, objetivos y lineamientos generales de la legislación departamental rochense actual no requieren modificación y/o ampliación a efectos de contemplar las necesidades de atención para la implementación de las medidas de adaptación que se analizan. Estas apreciaciones son absolutamente válidas, también, respecto a la adopción de la alternativa de ampliación del ancho de la faja disponible para el manejo de las dinámicas costeras.

#### **4.10.7.2. Zonificación**

La Ordenanza Territorial del Departamento (Decreto de 1997 y modificativos en 2001 y 2004) establece una zonificación primaria por sus artículos 8 y siguientes:

- **Ámbito territorial de aplicación (artículo 8)**

Define la Zona de Protección Costera y dispone que dentro de dicha Zona quedan incluidas: la zona de dominio y uso público (en adelante, la Ribera Marítima), la Faja Costanera (en adelante, Faja de Exclusión), de 150 metros y la Faja de Defensa de Costas, de 250 metros y agrega una Zona de Interfase que comienza a partir de los 250 metros hasta el límite en el medio terrestre definido para cada sector en que se divide la costa.

- **Ribera Marítima (artículo 9)**

Esta zona es de dominio público; es un bien del Estado inalienable, imprescriptible e inembargable. En su ámbito no se admitirá ningún uso y aprovechamiento de carácter privado. Su utilización y del Océano adyacente, será libre, pública y gratuita para los usos comunes y acordes con su naturaleza, que se realicen de acuerdo a las limitaciones que las leyes, reglamentos y ordenanzas municipales impongan.

- **Faja de Exclusión (artículo 10)**

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

En dicha zona, no se admitirá en el futuro: la construcción de ninguna vía pública paralela a la Ribera Marítima; el fraccionamiento del suelo con fines urbanos, ni la realización de construcciones de cualquier naturaleza.

- Faja de Defensa de Costas (artículo 11)

Determina la remisión a la Ley N° 16466/1994 (del Interés General de Protección del Medio Ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación) y sus decretos reglamentarios.

- Áreas de desarrollo urbano - turístico (artículo 17)

Son aquellos balnearios o conjuntos de balnearios que presentan cierto grado de consolidación y que en la actualidad cuentan con adecuada accesibilidad vial, población, calles definidas, edificaciones, servicios y equipamientos básicos; históricamente han demostrado tener vocación para el desarrollo urbano y el turismo tradicional de verano, y en general se localizan sobre playas aptas para baños.

- Planes parciales de ordenamiento y demás instrumentos de la planificación derivada (artículo 24)

Deberán estar en concordancia con los principios generales de este plan en cuanto a la utilización de los recursos costeros en forma sustentable, garantizando su carácter público. La planificación costera, en todas sus escalas, deberá considerar de manera especial: evitar que la cuenca sea degradada o alterada por acciones o elementos que tengan la capacidad de contaminarla; prevenir la erosión y controlar y disminuir los daños causados por ella; proteger los cauces naturales de ríos, arroyos, y desagües de lagunas, estableciendo zonas de protección; no afectar el escurrimiento natural de las aguas pluviales.

Por su parte, el ámbito de análisis de la presente consultoría queda comprendido entre los núcleos urbanos consolidados según el Plan Local de Ordenamiento Territorial “Los Cabos” (Decreto N° 9/2014).

- Suelo Urbano (artículo 11º)

La categoría de suelo es “Suelo Urbano Consolidado de Uso Residencial Estacional”.

A su vez, la Ordenanza General para la Edificación (Decreto de 15 de junio de 1998 y modificativos de 2006 y 2017), por el apartado Normas Especiales (artículo 40º y siguientes) zonifica el territorio a través del Plano N° 1. Para el área de la playa de La Paloma, establece

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

los sectores A3 y A4. El Sector A3 incluye las zonas: A3-1 (zona Industrial del Puerto) y A3-2 (zona comprendida entre el Puerto y La Aguada). El Sector A4 abarca las zonas: A4-1 (La Aguada y Barrio Parque), A4-2 (Costa Azul), A4-3 (Antoniópolis, Arachania, Diamante de la Pedrera, San Sebastián de la Pedrera y Barrancas de la Pedrera) y A4-4 (La Pedrera, Punta Rubia y Santa Isabel de la Pedrera).

Cabe recomendar se lleve a cabo un estudio específico de detalle sobre la Zona A4-1 a efectos de analizar la viabilidad de distinguir como zonas independientes La Aguada y Barrio Parque de la Paloma. Ambos fraccionamientos tienen algunos matices morfológicos de base, junto con localización diferenciada en el tejido urbano y respecto a la costa y el Parque Andresito. Además, a la fecha, registran diferentes niveles de ocupación y consolidación, lo que brinda oportunidades de manejo urbanístico diferenciado.

En caso de optarse por la alternativa de ampliación del ancho de la faja disponible para el manejo de las dinámicas costeras, deberá encararse la elaboración de un Plan Parcial de Ordenamiento Territorial para el ordenamiento pormenorizado del suelo urbano consolidado del sector (infraestructuras y sistemas territoriales en el marco del modelo vigente) y ordenamiento detallado de las condiciones naturales del componente ecosistémico. Con la realización del Plan Parcial se podrán encarar tanto la adopción de la nueva jerarquización vial, como las afectaciones a los padrones y las previsiones de expropiación requeridas.

También resultará oportuno en el artículo 10 (Faja de Exclusión) de la Ordenanza Territorial del Departamento, ampliar sus definiciones e indicar que, los instrumentos de ordenamiento territorial podrán disponer la desafectación de vías públicas de tránsito y estacionamientos vehiculares, en dicha faja, siempre que garanticen la circulación peatonal y el acceso a la ribera. Todo ello sin comprometer la responsabilidad del Gobierno Departamental por la imposibilidad de acceso vehicular.

#### **4.10.7.3. Parámetros de ocupación de suelo**

La ya mencionada Ordenanza Territorial del Departamento (Decreto de 1997 y modificativos en 2001 y 2004), dispone además criterios para el uso y ocupación de suelo.

- Modalidades de uso y ocupación (artículo 12)

Siendo una finalidad expresa evitar la formación de pantallas arquitectónicas o acumulación de volúmenes, procurando una baja densidad de ocupación del suelo y asegurar la accesibilidad de la Ribera Marítima.

- Áreas con alto grado de consolidación en su calidad de suelo urbano identificadas como de desarrollo urbano-turísticas (artículo 34)

Conforme a las limitaciones impuestas por las leyes que regulan la defensa de la faja costera, los planes determinarán las medidas que se deben adoptar de acuerdo a las características geomorfológicas de la costa y las condicionantes socioeconómicas y ambientales que imperen en cada área. En dichas zonas, se tendrá en cuenta la existencia de derechos legítimos adquiridos.

Los planes deberán tener presente, además de las directivas generales dispuestas por la presente normativa, con las salvedades referidas a los derechos adquiridos, los criterios de protección mínima de la zona costera. Cuando una construcción emplazada en la faja de defensa de costas sea destruida por efecto del avance del océano, la misma no podrá ser reconstruida por su propietario.

Asegurar la accesibilidad a la ribera marítima imponiendo servidumbres administrativas de paso sobre los predios particulares frentistas a la misma, como condición para otorgar permisos de reformas de construcciones existentes o nuevas construcciones. Establecer todas las servidumbres que se entiendan necesarias sobre los predios frentistas a la ribera marítima, tales como servidumbres de desagüe, de tipo ambiental u otras. Limitar el factor de ocupación de los predios frentistas a la ribera marítima.

Por su parte, el ya glosado Plan Local de Ordenamiento Territorial “Los Cabos” (Decreto N° 9/2014), simplemente reafirma lo establecido en la Ordenanza:

- Balnearios costeros consolidados (artículo 16°)

El uso y ocupación del suelo es el establecido en la normativa vigente: Ordenanza General de Edificación y decretos concordantes (Decreto de 15 de junio de 1998 con actualizaciones en 2006 y 2017).

- Exoneración de responsabilidad ante eventuales impactos sobre la dinámica costera del área (artículo 33°)

En el actual marco conceptual del reconocimiento de no linealidad e incertidumbre existentes en la mayor parte de los procesos que suceden en la naturaleza y ante los eventuales efectos del cambio climático, el Gobierno Departamental de Rocha, frente a fenómenos de erosión de la faja costera que impliquen la afectación de derechos de propiedad en el área manifiesta: que en ningún caso se hará responsable de los daños patrimoniales o morales que dichos fenómenos irroquen a quienes adquieran y construyan en inmuebles ubicados en dicha faja. A partir de la vigencia de la presente norma quienes construyan en predios sitios en la faja de 250 m medidos a partir del límite superior de la ribera hacia el continente, al solicitar permiso de construcción, deberán exonerar de responsabilidad a la administración en el caso de ocurrencia de fenómenos erosivos que afecten su propiedad.

En la ya citada Ordenanza General para la Edificación (Decreto de 15 de junio de 1998 y modificativos de 2006 y 2017), establece algunas normas respecto a la ocupación de suelo.

- Normas Especiales (artículo 40º)

Los edificios que se construyan en el Departamento de Rocha deberán cumplir con las normas especiales que se establecen, de acuerdo a las regiones que se establecen en el Plano N° 1. Corresponden las zonas: A3-1 (zona Industrial del Puerto), A3-2 (zona comprendida entre el Puerto y La Aguada) y A4-1 (La Aguada y Barrio Parque).

Allí se establecen área mínima para los fraccionamientos, factores de ocupación de suelo, permeabilidad mínima en las áreas de retiro frontal y altura máxima para las edificaciones, exclusivamente para la Zona A4-1.

Dada la incidencia que los posibles usos, establecidos o que podrían implantarse, en las zonas A3-1 y A3-2, tienen para los fenómenos costeros que se analizan, resulta altamente recomendable que se determinen estos parámetros como orientación para la gestión de esa área territorial.

La limitación es únicamente de FOS y FOT, en tanto no establece un factor global de impermeabilización del suelo, con lo que el día de hoy, la normativa permitiría la impermeabilización de la totalidad del padrón, excepto en la zona de retiro frontal, lo que tiene un impacto desfavorable en el escurrimiento pluvial, aumentando no sólo la esorrentía sino las velocidades del flujo.

Como se aprecia, además, se establece un parámetro de conservación de la permeabilidad de suelo, exclusivamente en el área de retiro frontal, en los predios de propiedad privados de

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

la Zona A4-1. No se establecen parámetros generales que aseguren mínima impermeabilidad en los padrones.

Las acciones que generan impermeabilización de suelo provocan aumentos de la escorrentía, y constituyen uno de los principales factores que dificultan la gestión del drenaje urbano, muy especialmente en las situaciones, cada vez más frecuentes, de eventos extremos de precipitación.

Uno de los principales desafíos de ordenamiento territorial en el ámbito de análisis, es avanzar en medidas y actuaciones que logren reducir las superficies impermeables, tanto en el espacio público como, especialmente, en los padrones privados. Al tiempo, se debe trabajar para que se verifiquen aumentos efectivos de las superficies permeables en el futuro.

Es con ese objetivo que se sugiere incorporar a la normativa departamental de Rocha, un nuevo factor de ocupación de suelo: Factor de suelo verde (FSV), definido como: el cociente que resulta de dividir el área de suelo con cobertura verde, permeable, por el área total del predio (expresado en porcentaje).

Se trata de una novedad normativa que busca reducir al mínimo posible la generación de suelo impermeable, lo que: “trata de priorizar, en la medida de lo posible, las medidas de control que favorecen la infiltración” (Manual de Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales Urbanas, DINAGUA, 2009). Al mismo tiempo, apunta al sostenimiento del paisaje con fuerte presencia vegetal, reduciendo el impacto de actuaciones antrópicas distorsivas de éste.

Seguidamente se avanza en una propuesta para la incorporación del parámetro FSV a la normativa de ocupación de suelo.

Tabla 4-7. Parámetros Urbanísticos - Área de Playa de La Paloma.

Zona	Categoría de suelo	Área mín. m <sup>2</sup>	Frente mín. m	FOS máx. %	FOT máx. %	Permeab. FSV %	Altura máx. m
A3-1	Urbano	800	reglamentación especial que será dictada en su oportunidad			<b>40</b>	reglam. espec.
A3-2	Urbano	800	reglamentación especial que será dictada en su oportunidad			<b>40</b>	reglam. espec.
A4-1	Urbano	800		50		80% Ret.F. <b>40</b>	7

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Fuente: Elaboración propia sobre la Ordenanza General para la Edificación - Decreto de 15 de junio de 1998 y sus modificativos de 2006 y 2017 (artículos 40º y siguientes). Las columnas referidas al FOS y FOT mantienen los porcentajes establecidos.

Como es posible verificar en el cuadro adjunto, la escala de valores de FSV refiere directamente a los valores de FOS vigentes, los que no se propone modificar. El objeto es reducir el porcentaje de suelo máximo posible de impermeabilizar. Se subraya que esta regulación debiera extenderse a la: zona Industrial del Puerto (A3-1) y a la zona comprendida entre el Puerto y La Aguada (A3-2).

También se entiende oportuno que se establezca la protección para las escorrentías naturales y su flora asociada. Es por ello se sugiere incorporar el texto un condicionamiento para la aplicación de los factores de ocupación, exigiendo que se dejen libres de cualquier afectación a estas zonas de escorrentía natural y su flora asociada, en los predios privados, a efectos de su preservación. Este aspecto apunta a la preservación de zonas de humedales existentes actualmente por su valor ecosistémico y su participación en el drenaje, que se sugieren mantener.

En los casos en los cuales se exceda este porcentaje, por razones fundadas, se deberán efectuar las obras necesarias que aseguren caudales similares de salida, según lo que se disponga en la reglamentación específica.

También debiera profundizarse en la adopción de alternativas de sistemas de control de drenaje a nivel de los padrones. En particular se debiera evaluar la posible aplicación de pavimentos permeables, barriles de lluvia y zanjias filtrantes, especialmente en los casos de que se pretenda superar los valores de FSV establecidos.

Se sugiere ampliar el alcance del artículo 33º (Exoneración de responsabilidad ante eventuales impactos sobre la dinámica costera del área) del Plan Local de Ordenamiento Territorial “Los Cabos”, a efectos de agregar que el Gobierno Departamental de Rocha en ningún caso se hará responsable por pérdida o las dificultades de accesibilidad vehicular que puedan resultar de frente a fenómenos de erosión de la faja costera o por las actuaciones necesarias para la atención de las dinámicas costeras.

#### **4.10.7.4. Normas para la edificación**

En consideración del sistema del drenaje pluvial, las normativas de edificación, en general se entienden adecuadas, ya que no inciden en su funcionamiento. Sin embargo, se reconocen temáticas para las cuales la realidad observada, exclusivamente respecto a las condiciones de drenaje pluvial, lleva a sugerir incorporaciones a la normativa actualmente vigente.

Atendiendo a las condiciones verificadas de inundabilidad actual y las previsiones fundadas de su comportamiento en el futuro, se entiende necesario implementar disposiciones para la edificación, a efectos de garantizar un adecuado nivel de seguridad en el uso del suelo urbano, según se trate de nuevas construcciones para emprendimientos privados o públicos, de edificaciones ya existentes sobre las que se prevea actuar o incluso en el caso de aquéllas en los que no proyecte ningún tipo de transformación.

Para ello se propone estudiar la viabilidad de incorporar a la normativa departamental de Rocha un parámetro que se podría denominar Cota de Bajo Riesgo. Para ello se plantea considerar la Cota de Bajo Riesgo, en aplicación del artículo 22 de la Ley 19.525, como el nivel de más 50 centímetros respecto a la cota de inundación con período de retorno menor a 100 años (TR100).

Así, se propone estudiar la factibilidad de implementar que toda nueva edificación que se construya deberá necesariamente respetar una cota mínima de piso terminado para la planta principal de acceso a ella (Planta Baja), que será mayor de la denominada Cota Bajo Riesgo.

De acuerdo a los criterios anteriormente mencionados, con los resultados de este estudio, la Cota de Bajo Riesgo sería el valor +3.9 mWh para los terrenos ubicados en el área de estudio.

Esta determinación se propone que fuera de aplicación para toda edificación para la que se proyecte una modificación o nueva construcción, especialmente para los predios con números de padrón afectado, indicados en el plano de diagnóstico.

Asimismo, se sugiere que deberán establecerse condiciones y recomendaciones para las circulaciones entre el espacio público y la planta principal de acceso a las edificaciones, tanto para los peatones como para los vehículos, de forma que se logre la menor inundabilidad posible en la mayor parte de su extensión.

Será necesario regular las construcciones por debajo de la Cota de Bajo Riego, en particular fijando condiciones para que su acceso sea exclusivamente desde un nivel por encima de la



Cota de Bajo Riesgo y que presenten resistencia a la acción de la inundación. También deberán incorporarse normas para las instalaciones sanitarias internas, asegurando la no contaminación en caso de inundación.

En particular, los desagües de las aguas de origen pluvial del interior del predio, deberán contar con proyecto específico aprobado por la Intendencia. Cuando la superficie de captación se encuentre en un nivel inferior de la Cota de Bajo Riesgo, la evacuación por gravedad deberá diferirse en el tiempo o bien realizarse por bombeo.

Con similar objeto, resultaría oportuno profundizar en disposiciones para condicionar y limitar las modificaciones de relieve en el interior de los predios privados, especialmente cuando los niveles naturales se encuentren por debajo del nivel del espacio público.

Estas modificaciones de relieve debieran reducirse a permitir la modificación de los niveles naturales cuando resulten imprescindibles para la conformación de pequeños sectores planos o para facilitar los desagües, siempre sin afectar la configuración esencial del terreno, por lo que, en ningún caso, deben admitirse rellenos generales.

Esto ya que los rellenos, en la mayoría de los casos, conducen a un resultado de aumento de la impermeabilidad y reducción del aporte a la laminación, lo que aumenta la escorrentía, afectando el manejo del drenaje urbano. Además, los puntos bajos y las escorrentías naturales constituyen contribuciones de singular importancia para la gestión del drenaje pluvial, por sus efectos de infiltración y laminación natural.

Debe tenerse en cuenta que existen numerosos ejemplos de excelentes soluciones arquitectónicas con las edificaciones sobre pilotis, que simultáneamente aportan valores ambientales y contribuyen eficazmente al manejo del drenaje urbano, junto con su participación en la calidad del paisaje.

#### **4.10.8. ASPECTOS ECONÓMICOS**

##### **4.10.8.1. Alcance**

Se elaboraron 5 alternativas para la zona de estudio. Las mismas comprenden:

- Alternativa 1: relleno de arena, sin obras de estabilización,
- Alternativa 2: relleno de arena, con obras de estabilización próximas a la línea de costa que generan tómbolos,
- Alternativa 3.: relleno de arena, con obras de estabilización en la zona de rompientes que generan salientes,
- Alternativa 4.: relleno de arena, con obras de estabilización en el límite exterior de la zona de rompientes (profundidad de cierre) que generan salientes.
- Alternativa 5.: retiro controlado de los bienes e infraestructura amenazados por el retroceso de la línea de costa, con la desafectación de la rambla costanera y reconstrucción del ecosistema dunar, incluyendo humedales y bosques costeros en las zonas liberadas.

Se realiza una estimación de costos preliminar considerando los principales componentes de las alternativas 1 a 4, que corresponden al paquete de alternativas que preservan los bienes e infraestructura amenazadas por la línea de costa.

En lo que respecta a la alternativa 5, retiro controlado de los bienes e infraestructura amenazados por la línea de costa, se observa que la misma implica varios aspectos que están por fuera del alcance de este estudio, por lo que, de acuerdo a lo acordado con la contraparte, no se presenta en esta instancia la valoración económica de la misma.

Para los casos analizados, es importante destacar que el diseño es a nivel de diseño conceptual, por lo tanto, el presupuesto estimado puede variar a medida que se avance en el proyecto y se realice un diseño más detallado de las diferentes componentes (rubros).

#### 4.10.8.2. Evaluación económica de alternativas 1 a 4

Se presentan a continuación el presupuesto de oficina correspondiente a las diferentes alternativas analizadas.

Tabla 4-8. Presupuesto de oficina preliminar de la alternativa de solución A.1.

RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos
<b>1</b>	<b>RELLENO DE ARENA</b>				
1.1	Relleno de playa año 1	700.000,0	m3	585	409.500.000
1.2	Relleno de playa año 12	700.000,0	m3	585	409.500.000
<b>2</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)</b>				
2.1	Beach scraping tramo SUR (gasto anual)	9.000,0	m3	390	3.510.000
2.2	Cerca captoras	5.200,0	ml	3.000	15.600.000
2.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	55.000,0	m2	500	27.500.000
2.4	Ecosistema litoral - Plantación de arborescentes		ml	1.000	0
2.5	Bosque costero	4.000,0	m2	1.000	4.000.000
<b>3</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO</b>				
3.1	Vallado vehicular	1.200,0	ml	2.500	3.000.000
3.2	Estacionamientos / miradores	5,0	gl	1.560.000	7.800.000
3.3	Accesos a la costa / senderos	6,0	gl	975.000	5.850.000
<b>4</b>	<b>MONITOREO</b>				
4.1	Monitores anual de perfil de playas	3,0	Unidad	195.000	585.000
<b>5</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	3,0	Unidad	2.730.000	8.190.000
<b>NOTAS</b>		<b>SUBTOTAL SIN LEYES</b>			920.775.000
		<b>IMPREVISTOS</b>		10%	92.077.500
		<b>TOTAL SIN LEYES</b>			1.012.852.500
	Precio de oficina en pesos uruguayos	<b>LEYES</b>		14%	141.799.350
	Se suponen solo un 10% de imprevistos	<b>IVA</b>		22%	202.570.500
	Se presenta el total con leyes pero SIN iva	<b>TOTAL CON LEYES S/IVA</b>			1.154.651.850

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Tabla 4-9. Presupuesto de oficina preliminar de la alternativa de solución A.2.

RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos
<b>1</b>	<b>RELLENO DE ARENA Y DIQUES EXENTOS</b>				
1.1	Relleno de playa para configuración de equilibrio	175.000,0	m3	585	102.375.000
1.2	Relleno de playa para generar resguardo	230.000,0	m3	585	134.550.000
1.3	Diques exentos de 80m de longitud, fundados 2,3m profundidad, 1800 m3 enrocado cada uno	6,0	m3	28.080.000	168.480.000
<b>2</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)</b>				
2.1	Beach scraping tramo SUR (gasto anual)	9.000,0	m3	390	3.510.000
2.2	Cerca captoras	5.200,0	ml	3.000	15.600.000
2.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	55.000,0	m2	500	27.500.000
2.4	Ecosistema litoral - Plantación de arborescentes		ml	1.000	0
2.5	Bosque costero	4.000,0	m2	1.000	4.000.000
<b>3</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO</b>				
3.1	Vallado vehicular	1.200,0	ml	2.500	3.000.000
3.2	Estacionamientos / miradores	5,0	gl	1.560.000	7.800.000
3.3	Accesos a la costa / senderos	6,0	gl	975.000	5.850.000
<b>4</b>	<b>MONITOREO</b>				
4.1	Monitores anual de perfil de playas	3,0	Unidad	195.000	585.000
<b>5</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	3,0	Unidad	2.730.000	8.190.000
<b>NOTAS</b>	<b>SUBTOTAL SIN LEYES</b>				<b>507.180.000</b>
	<b>IMPREVISTOS</b>			<b>10%</b>	<b>50.718.000</b>
	<b>TOTAL SIN LEYES</b>				<b>557.898.000</b>
	<b>LEYES</b>			<b>14%</b>	<b>78.105.720</b>
	<b>IVA</b>			<b>22%</b>	<b>111.579.600</b>
	<b>TOTAL CON LEYES S/IVA</b>				<b>636.003.720</b>

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica &amp; Asociados

Noviembre 2023

Tabla 4-10. Presupuesto de oficina preliminar de la alternativa de solución A.3.a.

RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos
<b>1</b>	<b>RELLENO DE ARENA Y DIQUES EXENTOS</b>				
1.1	Relleno de playa para configuración de equilibrio	240.000,0	m3	585	140.400.000
1.2	Relleno de playa para generar resguardo	230.000,0	m3	585	134.550.000
1.3	Diques exentos de 40m de longitud, fundados 3m profundidad, 1000 m3 enrocado cada uno	5,0	m3	31.200.000	156.000.000
<b>2</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)</b>				
2.1	Beach scraping tramo SUR (gasto anual)	9.000,0	m3	390	3.510.000
2.2	Cerca captoras	5.200,0	ml	3.000	15.600.000
2.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	55.000,0	m2	500	27.500.000
2.4	Ecosistema litoral - Plantación de arborescentes		ml	1.000	0
2.5	Bosque costero	4.000,0	m2	1.000	4.000.000
<b>3</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO</b>				
3.1	Vallado vehicular	1.200,0	ml	2.500	3.000.000
3.2	Estacionamientos / miradores	5,0	gl	1.560.000	7.800.000
3.3	Accesos a la costa / senderos	6,0	gl	975.000	5.850.000
<b>4</b>	<b>MONITOREO</b>				
4.1	Monitores anual de perfil de playas	3,0	Unidad	195.000	585.000
<b>5</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	3,0	Unidad	2.730.000	8.190.000
<b>NOTAS</b>	<b>SUBTOTAL SIN LEYES</b>				<b>532.725.000</b>
	<b>IMPREVISTOS</b>			<b>10%</b>	<b>53.272.500</b>
	<b>TOTAL SIN LEYES</b>				<b>585.997.500</b>
	<b>LEYES</b>			<b>14%</b>	<b>82.039.650</b>
	<b>IVA</b>			<b>22%</b>	<b>117.199.500</b>
	<b>TOTAL CON LEYES S/IVA</b>				<b>668.037.150</b>
Precio de oficina en pesos uruguayos					
Se suponen solo un 10% de imprevisos					
Se presenta el total con leyes pero SIN iva					

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Tabla 4-11. Presupuesto de oficina preliminar de la alternativa de solución A.3.b.

RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos
<b>1</b>	<b>RELLENO DE ARENA Y DIQUES EXENTOS</b>				
1.1	Relleno de playa para configuración de equilibrio	240.000,0	m3	585	140.400.000
1.2	Relleno de playa para generar resguardo	230.000,0	m3	585	134.550.000
1.3	Diques exentos de 40m de longitud, fundados 3m profundidad, 1600 m3 enrocado cada uno	5,0	m3	46.800.000	234.000.000
<b>2</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)</b>				
2.1	Beach scraping tramo SUR (gasto anual)	9.000,0	m3	390	3.510.000
2.2	Cerca captoras	5.200,0	ml	3.000	15.600.000
2.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	55.000,0	m2	500	27.500.000
2.4	Ecosistema litoral - Plantación de arborescentes		ml	1.000	0
2.5	Bosque costero	4.000,0	m2	1.000	4.000.000
<b>3</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO</b>				
3.1	Vallado vehicular	1.200,0	ml	2.500	3.000.000
3.2	Estacionamientos / miradores	5,0	gl	1.560.000	7.800.000
3.3	Accesos a la costa / senderos	6,0	gl	975.000	5.850.000
<b>4</b>	<b>MONITOREO</b>				
4.1	Monitores anual de perfil de playas	3,0	Unidad	195.000	585.000
<b>5</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	3,0	Unidad	2.730.000	8.190.000
<b>NOTAS</b>		<b>SUBTOTAL SIN LEYES</b>			<b>610.725.000</b>
		<b>IMPREVISTOS</b>		<b>0,1</b>	<b>61.072.500</b>
		<b>TOTAL SIN LEYES</b>			<b>671.797.500</b>
	Precio de oficina en pesos uruguayos	<b>LEYES</b>		<b>14%</b>	<b>94.051.650</b>
	Se suponen solo un 10% de imprevistos	<b>IVA</b>		<b>0,22</b>	<b>134.359.500</b>
	Se presenta el total con leyes pero SIN iva	<b>TOTAL CON LEYES S/IVA</b>			<b>765.849.150</b>

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica &amp; Asociados

Noviembre 2023

Tabla 4-12. Presupuesto de oficina preliminar de la alternativa de solución A.4.a.

RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos
<b>1</b>	<b>RELLENO DE ARENA Y DIQUES EXENTOS</b>				
1.1	Relleno de playa para configuración de equilibrio	290.000,0	m3	585	169.650.000
1.2	Relleno de playa para generar resguardo	230.000,0	m3	585	134.550.000
1.3	Diques exentos de 120m de longitud, fundados 5,3m profundidad, 9000 m3 enrocado cada uno	3,0	Un	234.000.000	702.000.000
<b>2</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)</b>				
2.1	Beach scraping tramo SUR (gasto anual)	9.000,0	m3	390	3.510.000
2.2	Cerca captoras	5.200,0	ml	3.000	15.600.000
2.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	55.000,0	m2	500	27.500.000
2.4	Ecosistema litoral - Plantación de arborescentes		ml	1.000	0
2.5	Bosque costero	4.000,0	m2	1.000	4.000.000
<b>3</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO</b>				
3.1	Vallado vehicular	1.200,0	ml	2.500	3.000.000
3.2	Estacionamientos / miradores	5,0	gl	1.560.000	7.800.000
3.3	Accesos a la costa / senderos	6,0	gl	975.000	5.850.000
<b>4</b>	<b>MONITOREO</b>				
4.1	Monitores anual de perfil de playas	3,0	Unidad	195.000	585.000
<b>5</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	3,0	Unidad	2.730.000	8.190.000
<b>NOTAS</b>		<b>SUBTOTAL SIN LEYES</b>			<b>1.107.975.000</b>
		<b>IMPREVISTOS</b>		<b>0,1</b>	<b>110.797.500</b>
		<b>TOTAL SIN LEYES</b>			<b>1.218.772.500</b>
<b>Precio de oficina en pesos uruguayos</b>		<b>LEYES</b>		<b>14%</b>	<b>170.628.150</b>
<b>Se suponen solo un 10% de imprevistos</b>		<b>IVA</b>		<b>0,22</b>	<b>243.754.500</b>
<b>Se presenta el total con leyes pero SIN iva</b>		<b>TOTAL CON LEYES S/IVA</b>			<b>1.389.400.650</b>

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Tabla 4-13. Presupuesto de oficina preliminar de la alternativa de solución A.4.b.

RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos
<b>1</b>	<b>RELLENO DE ARENA Y DIQUES EXENTOS</b>				
1.1	Relleno de playa para configuración de equilibrio	290.000,0	m3	585	169.650.000
1.2	Relleno de playa para generar resguardo	230.000,0	m3	585	134.550.000
1.3	Diques exentos de 120m de longitud, fundados 5,3m profundidad, 16000 m3 enrocado cada uno	3,0	m3	351.000.000	1.053.000.000
<b>2</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)</b>				
2.1	Beach scraping tramo SUR (gasto anual)	9.000,0	m3	390	3.510.000
2.2	Cerca captoras	5.200,0	ml	3.000	15.600.000
2.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	55.000,0	m2	500	27.500.000
2.4	Ecosistema litoral - Plantación de arborescentes		ml	1.000	0
2.5	Bosque costero	4.000,0	m2	1.000	4.000.000
<b>3</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO</b>				
3.1	Vallado vehicular	1.200,0	ml	2.500	3.000.000
3.2	Estacionamientos / miradores	5,0	gl	1.560.000	7.800.000
3.3	Accesos a la costa / senderos	6,0	gl	975.000	5.850.000
<b>4</b>	<b>MONITOREO</b>				
4.1	Monitores anual de perfil de playas	3,0	Unidad	195.000	585.000
<b>5</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000
5.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	3,0	Unidad	2.730.000	8.190.000
<b>NOTAS</b>	<b>SUBTOTAL SIN LEYES</b>				<b>1.458.975.000</b>
	<b>IMPREVISTOS</b>			<b>0,1</b>	<b>145.897.500</b>
	<b>TOTAL SIN LEYES</b>				<b>1.604.872.500</b>
	<b>Precio de oficina en pesos uruguayos</b>			<b>LEYES</b>	<b>14%</b>
	<b>Se suponen solo un 10% de imprevistos</b>			<b>IVA</b>	<b>0,22</b>
	<b>Se presenta el total con leyes pero SIN iva</b>			<b>TOTAL CON LEYES S/IVA</b>	

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica &amp; Asociados

Noviembre 2023



Tabla 4-14. Resumen de inversiones de oficina preliminares.

Alternativa de solución	Inversión estimada (Pesos uruguayos)
<b>A.1</b>	1.154.651.850
<b>A.2</b>	636.003.720
<b>A.3a</b>	668.037.150
<b>A.3b</b>	765.849.150
<b>A.4a</b>	1.389.400.650
<b>A.4b</b>	1.829.554.650

#### 4.10.8.0. Puntos a contemplar en la evaluación de la alternativa 5

Cómo se mencionó anteriormente, está fuera del alcance de este informe la evaluación de la alternativa 5, que corresponde al retiro controlado de los bienes e infraestructura amenazados por la evolución de la línea de costa.

Se realizan a continuación una serie de recomendaciones para contemplar y evaluar esta alternativa en un eventual futuro estudio:

- 1) El horizonte temporal contemplado para el planteo de todas las alternativas, y de la alternativa A.5 en particular, es el año 2050. Sin embargo, como se muestra en este documento, se prevé que la línea de costa continúe retrocediendo a medida que aumenta el nivel medio del mar. En este sentido, si se selecciona la alternativa A.5 es previsible que a 2050 sea necesario volver a evaluar la necesidad y extensión de un nuevo retiro controlado. Por lo tanto, se considera que de seleccionarse esta alternativa sería más adecuado trabajar con un horizonte temporal mayor (e.g. 2100), de tal forma de evitar la necesidad de ejecutar nuevos retrocesos controlados en zonas que pasarían a estar en primera línea de costa y, por tanto, serían de alto valor económico.
- 2) El espacio considerado en este estudio para el retiro controlado es un mínimo que contempla únicamente lo necesario para atender la dinámica de erosión de playa por eventos extremos en el horizonte temporal 2050. Además de las consideraciones realizadas en el punto previo, podría ser necesario considerar un área de retiro mayor

para atender otras necesidades: regeneración de ecosistemas de dunas y/o de bañados y desarrollo de servicios anexos a la playa entre otros aspectos.

## 4.11. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

En diálogo con la contraparte se definió que la intervención a desarrollar a nivel de anteproyecto para el tramo norte de La Aguada sería un **relleno de playa con vida útil de aproximadamente 5 años**. Esta definición se basó en las siguientes consideraciones:

- a. es una alternativa de bajo arrepentimiento (es decir, si el resultado no es el deseado alcanza con no hacer mantenimiento y en unos años se volverá a un estado similar al actual),
- b. genera un espacio de tiempo de algunos años para evaluar los pasos a seguir a más largo plazo en todo el arco de playa, sin afectar en modo alguno la posibilidad de en un futuro optar por estrategias de retiro o de mantenimiento de la línea de costa,
- c. el monitoreo de esta solución generará un banco de datos que permitirá reducir el nivel de incertidumbre existente en cuanto a la dinámica de sedimentos en la zona, lo cual será de gran utilidad para volver a analizar el problema en unos años y evaluar nuevamente estas alternativas contando con más información local que la disponible actualmente,
- d. la dispersión del material de relleno hacia las playas adyacentes contribuiría a avanzar la línea de costa en las mismas.

Para el tramo sur se desarrolla a nivel de anteproyecto la alternativa discutida previamente, consistente en implementar medidas tendientes a la recuperación, mejora y conservación del ecosistema playa-duna existente.

## 4.12. ANTEPROYECTO

### 4.12.1. ZONA SUR

Tal como fue presentado en el estudio de alternativas, debido al estado de conservación de esta zona, se proponen intervenciones para propiciar la regeneración y fortalecimiento del ecosistema duna-playa.

Se propone implementar cercas captoras de arena y revegetación dunar, además de incrementar el bosque costero nativo, junto con el aporte de sedimentos locales mediante la aplicación de la técnica *beach scraping*.

Además, se cree necesario implementar medias de ordenamiento territorial para **evitar la construcción de obras de infraestructura en la zona comprendida entre la rambla y la playa**, a fin de asegurar que esta zona se mantenga disponible para propiciar la adaptación de la playa al cambio climático.

#### 4.12.1.1. Ecosistema dunar

Las medidas NbS a ser implementadas se basan prácticas avaladas y en varias oportunidades realizadas por el Ministerio de Ambiente en coordinación con gobiernos subnacionales y organizaciones de la sociedad civil con un enfoque de restauración costera y adaptación al cambio climático.

En la zona sur se consideran intervenciones de regeneración dunar, y conservación de duna preexistente. Estas intervenciones requieren recarga de arena, cercas captoras e implantación de herbáceas en el tramo sur de la intervención. Como ya fue descrito previamente en este informe.

Todas estas intervenciones se integran bajo el nombre de ecosistema dunar, la intervención incluye un primer tramo de colocación de cercas captoras con la metodología descrita con la finalidad de conservar 230 metros lineales aproximadamente de duna preexistente en la margen sur. Luego hay un tramo de playa de 830 metros lineales donde posteriormente a la recarga de arena se colocarán cercas captoras e implantarán con especies herbáceas de manera de regenerar el ecosistema dunar. La colocación de cercas captoras “en peine” resulta un total de 3.000 metros lineales aproximadamente.

En la zona sur se implantará vegetación herbácea dunar mayoritariamente focalizado en la zona de regeneración dunar (830 metros). Se prevé la colocación de 33.000 ejemplares de este tipo de vegetación sobre las cercas captoras ya sepultadas de arena.

Medida NbS Ecosistema dunar	ZONA SUR
Cercas captoras	3.120 m

Medida NbS Ecosistema dunar	ZONA SUR
Herbáceas dunares	33.000 ejemplares

#### 4.12.1.2. Bosque costero

Los 800 metros desde el inicio del tramo de playa, hasta casi el límite de la zona sur serán plantados con especies nativas propias de los ecosistemas boscosos costeros, se alternarán especies de matorral y bosque en una superficie total aproximada de 1,4 hectáreas.

Estos ejemplares serán plantados encima de la barranca que define el espacio de playa. Se generan parches de bosque y matorral nativo, aprovechando espacios con formaciones boscosas ya existentes, asociados a cañadas y pequeñas hondonadas entre la pradera costera que se desarrolla entre la playa y la rambla. Asociado al sendero que se ubicará en esta zona, se plantarán especies con un criterio de educación y sensibilización ambiental, pudiendo destacarse atributos ecosistémicos, nombres de especies vegetales u otros elementos significativos a través de cartelería asociada al diseño del sendero peatonal costero.

Medida NbS Bosque costero nativo	ZONA SUR
Especies de matorral y bosque	3.200 ejemplares

#### 4.12.1.3. Infraestructura para uso sostenible

Sobre el borde de la rambla y delimitando la zona de pradera y matorral costero se define un vallado de ordenamiento vehicular (bolardos) que en varios tramos completa 800 metros lineales en la zona sur de intervención.

El vallado definirá las zonas donde se puede ingresar a los estacionamientos y zonas de ingreso a la playa (3) previstos en la zona. De sur a norte, entre el segundo y tercer estacionamiento que es parte del entorno de la “Casa del Mar” se plantea una pasarela de madera ligeramente elevada que conecta ambos puntos en dirección paralela a la costa y

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

que forma parte de un sendero de interpretación asociada a la “Casa del Mar” que pueda oficiar como parte de la jerarquización del ecosistema costero nativo propio de la zona.

Medida NbS Bosque costero nativo	ZONA SUR
Vallado vehicular	800 m
Sendero interpretativo	180 m

#### 4.12.1.4. Reperfilado de playa (beach scraping)

Como se detalló en el capítulo anterior, el *beach scraping* consiste en usar equipamiento mecánico para trasladar arena del frente de playa hacia la duna primaria, formando una nueva duna o reforzando la existente.

Se propone por tanto aplicar esta técnica siguiendo los siguientes lineamientos generales:

- Realizar *beach scraping* **una vez al año**, una vez finalizada la temporada de invierno y previo a la temporada de verano (e.g. Noviembre).
- Realizar *beach scraping* únicamente en la zona sur, entre el espigón del puerto y la Avenida de los Argentinos, en unos 700 m de frente de playa.



Figura 4-65. Zona para realizar reperfilado de playa (beach scraping).

- Cada campaña de *beach scraping* implicará remover del frente de playa una capa de aproximado 30 cm en un ancho de playa de 30 m, entre las cotas +2 mWh y 0.5 mWh, aprovechando días de bajante para la ejecución de los trabajos. Esto implica la movilización de aproximadamente 9 m<sup>3</sup> de arena por metro lineal de playa (**un total de 6.300 m<sup>3</sup> de arena cada vez que se realiza el beach scraping**). La arena se depositará al pie de la duna existente.
- Implementar **medidas de fijación de la arena tan pronto se finalice cada movilización**, para evitar pérdida de sedimento del sistema por transporte eólico.
- Realizar un **relevamiento sistemático de perfiles** de playa tanto en la zona intervenida como en alguna zona no intervenida que se defina como referencia para evaluar el efecto de las medidas.
- **Evaluar el efecto de esta medida con periodicidad anual** para definir su ajuste y/o continuidad.

Se recomienda comenzar con el monitoreo de los perfiles de playa al menos **dos años antes** de comenzar con las intervenciones.

Si bien hay evidencia en cuanto a que el beach scraping no afecta de forma significativa la fauna de la playa<sup>38</sup>, se recomienda incluir campañas de monitoreo también en este sentido.

#### **4.12.2. ZONA NORTE**

En la zona norte se propone realizar un relleno de playa incluyendo la regeneración dunar, plantación de especies nativas en el bosque costero, y adecuación de tres descargas pluviales.

##### **4.12.2.1. Perfil de playa mínimo objetivo**

Se define el perfil de playa mínimo objetivo como el perfil mínimo que debe asegurarse para que la erosión de la duna producida por un evento de 100 años de período de retorno no alcance los bienes e infraestructura costera.

La Figura 4-66 presenta la posición del pie de duna actual y la línea de bienes e infraestructura potencialmente amenazada y que serán protegidos mediante el relleno de arena. Se observa que la distancia mínima entre el pie de duna actual y la línea a proteger es 11 m.

La erosión producida por una tormenta de 100 años de período de retorno se estima utilizando el modelo X-Beach, en su versión 1D (perfil de playa), forzado con estados de mar representativos de condiciones extremas correspondientes al nodo LA02 (Figura 4-10).

Visto que la correlación entre el nivel de mar y la altura de ola significativa en el nodo LA02 es muy baja y negativa (igual a -0,07; ver Figura 4-67), para la definición de las combinaciones posibles de oleaje y nivel de mar de 100 años de período de retorno se asume que ambas variables son independientes.

La Tabla 4-15 presenta las tres combinaciones de 100 años de período de retorno seleccionadas para analizar la evolución del perfil de playa. Para la definición de las tormentas que se imponen como forzante del modelo se asume:

- que la tormenta dura tres días y que tiene forma triangular con igual duración del tramo ascendente que el descendente,
- que el máximo de la altura de ola significativa y del nivel de mar es simultáneo,

---

<sup>38</sup> Smith, S.D.A., Harrison, M.A., Rowland, J., Fitzgibbon, B.E., 2011. Assessing the Impacts of Beach Scraping on the Macroinvertebrates of New Brighton Beach, Northern NSW. Aust. Coast. Soc. Ltd.; 20th New South Wales Coast. Conf. (Tweed Heads, NSW) 1–13.

- que los valores al inicio y fin de la tormenta para estas dos variables son 1,8 m y +1,8 m Wh., respectivamente (valores correspondientes a 99% de probabilidad de no superación según el régimen medio anual),
- que el período de pico espectral del oleaje ( $T_p$ ) varía a lo largo de la tormenta entre 8 s y 12 s, con el valor más alto coincidiendo con el pico de la tormenta (ver distribución de probabilidad de  $T_p$  para valores de  $H_{m0}$  mayores a 1,8 m en la Figura 4-68),
- que el oleaje incide de forma normal a la playa durante toda la tormenta.

El perfil inicial de la playa se construye combinando la información del Perfil 3 relevado en campo (ver Figura 4-33 y Figura 4-34) con la información batimétrica proporcionada por la Intendencia de Rocha. El resultado es un perfil idealizado representativo de las condiciones actuales del tramo Norte de La Aguada (ver Figura 4-69 y definición del Perfil Tipo).

La Figura 4-70 presenta el perfil de playa obtenido con X-Beach al forzar con la tormenta correspondiente a la combinación A. La Tabla 4-16 presenta los resultados de retroceso de la duna obtenidos para las distintas combinaciones (tormentas) analizadas. Se observa que el máximo retroceso (21 m) se obtiene con el evento de nivel de mar de 100 años de período de retorno en combinación con un oleaje de 1 año de período de retorno.

**En función de estos resultados se concluye que para evitar que los bienes e infraestructura se vean amenazados se deberá asegurar un avance del pie de duna y la línea de costa de 10 m respecto a su posición actual.**

*Tabla 4-15 – Combinaciones de altura de ola significativa y nivel de mar de 100 año de período de retorno seleccionadas para el análisis de erosión del perfil de playa.*

Combinación	$H_{m0}$ [m]	Nivel de mar [m Wharton]
A	2,2	+2,9
B	2,6	+2,5
C	3,0	+2,0



Tabla 4-16 – Retroceso de la duna obtenido para las tres combinaciones analizadas.

Combinación	Retroceso de la duna medido desde el pie de duna actual [m]
A	21
B	17
C	11



Figura 4-66 – Posición de la línea a proteger (bienes e infraestructura) y posición del pie de duna actual.

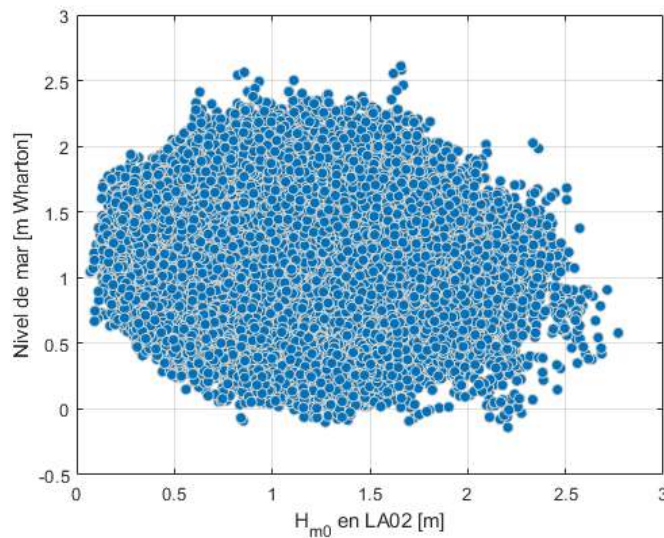


Figura 4-67 – Gráfico de dispersión de altura de ola significativa y nivel de mar en LA02.

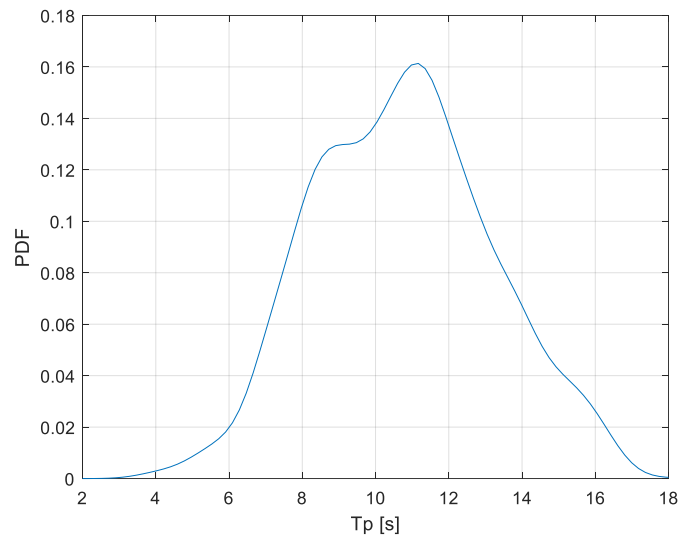


Figura 4-68 – Densidad de probabilidad empírica del período de pico espectral ( $T_p$ ) condicionado a alturas de ola significantes mayores a 1,8m, en el nodo LA02.

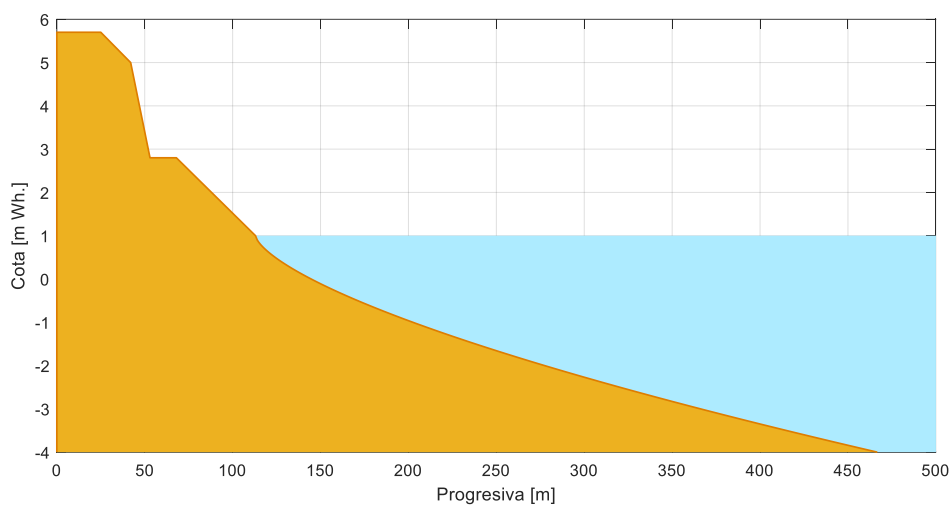
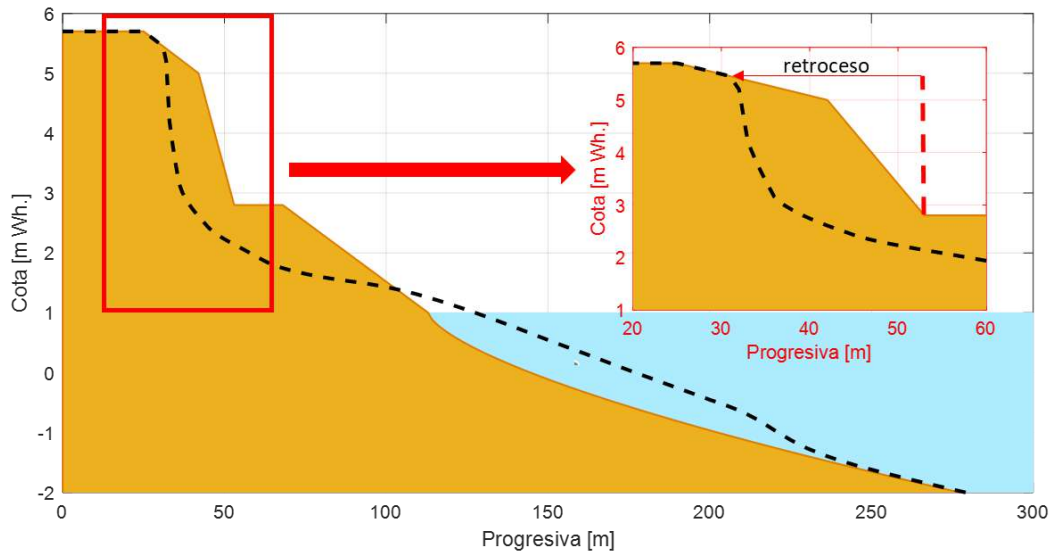


Figura 4-69 – Perfil idealizado utilizado en X-Beach.



*Figura 4-70 – Ejemplo de resultado de la modelación con X-Beach: perfil de playa inicial (en naranja) y final (línea negra cortada) correspondiente a la combinación A, junto con detalle del retroceso de la duna medido desde el pie de duna pre-tormenta.*



*Figura 4-71 – Línea a proteger (línea roja discontinua); pie de duna y línea de costa actual (líneas verde y celeste continuas); avance de pie de duna y línea de costa mínimo a garantizar (líneas verde y celeste discontinuas).*

#### 4.12.2.2. Configuración en planta y evolución temporal

Para asegurar el avance mínimo del perfil de playa a lo largo del tiempo se pueden considerar diferentes alternativas de relleno inicial y mantenimientos periódicos, pero siempre se debe tener presente que al no incorporarse obras de estabilización de los sedimentos el relleno tenderá a dispersarse a lo largo del arco de playa. La dispersión de los sedimentos del relleno ocurre a lo largo de la línea de costa en ambos sentidos: tanto en sentido norte como en sentido sur, por lo que la evolución de la línea de costa una vez realizado el relleno siempre será de retroceso en la zona rellenada y de avance en los tramos ubicados al norte y al sur de la zona rellenada.

Se evalúan dos posibles configuraciones de relleno:

1. avance inicial de la línea de costa de 60 m en la zona de interés y rellenos de mantenimiento cada 5 años (hasta los mismos 60 m de avance),
2. avance inicial de la línea de costa de 15 m en la zona de interés y rellenos de mantenimiento anuales (hasta los mismos 15 m de avance).

En ambos casos la línea de costa del relleno es recta y paralela a la línea de costa actual en la zona de interés. La Figura 4-72 presenta la línea de costa de diseño, correspondientes al primer año tras la ejecución del relleno, para ambas alternativas.

Para estimar la evolución de la línea de costa en el tiempo se implementó un modelo de una línea, con paso espacial de 50 m y paso temporal de 1 hora, abarcando todo el dominio del arco de costa. Para simplificar el análisis en el modelo se asume costa recta y forzante uniforme, correspondiente al oleaje en el nodo LA02; esta hipótesis implica que los resultados lejos del tramo de interés tienen un mayor grado de incertidumbre que los obtenidos en el tramo de interés. En todos los casos se incluye el efecto del aumento del nivel medio del mar como una tasa de retroceso constante de 7 m cada 25 años.

La Figura 4-73 presenta un ejemplo de los resultados obtenidos con el modelo de una línea para el caso del relleno inicial de avance 60 m, haciendo foco en la zona de interés (tramo norte de La Aguada). La Figura 4-74 presenta estos mismos resultados en las zonas ubicadas al norte (Costa Azul) y al sur de la zona de interés.

La Tabla 4-17 presenta los resultados obtenidos con ambas alternativas de relleno para los 5 años iniciales posteriores a la ejecución del relleno inicial. Se observa que en ambos casos se logra respetar el avance mínimo del perfil de playa de 10 m, dejando un margen de entre 3 m y 5 m para atender otros procesos (e.g. variabilidad intra- e interanual).

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

La Figura 4-75 presenta cuál sería el volumen acumulado de relleno en un horizonte temporal de 25 años en caso de querer mantener la política de rellenos de mantenimiento con alguna de las alternativas analizadas.

Si bien el volumen total acumulado de relleno para la opción de avance de 15 m y mantenimientos anuales es menor a la de avance inicial de 60 m y rellenos de mantenimiento cada 5 años, se considera que para una primera etapa (horizonte temporal de 5 años) resulta más conveniente realizar el relleno de 60 m de avance por las siguientes razones:

- se realiza una única movilización de equipos e intervención con maquinaria de playa,
- permite realizar un seguimiento sistemático de la evolución del relleno para comprender mejor el funcionamiento del sistema,
- da tiempo suficiente (estimado en 5 años) para evaluar otras alternativas de adaptación a mediano y largo plazo (e.g. retiro controlado, continuar con los rellenos o implementar obras de estabilización de los sedimentos).

Cabe señalar que, en el primer año de vida del relleno, la línea de costa en la zona de interés retrocedería aproximadamente 30 m, mientras que al norte y al sur de la zona de interés se observará un avance de la línea de costa de unos 10 m (ver Figura 4-76). En este sentido se observa:

- el avance de la línea de costa en Costa Azul sería un efecto secundario beneficioso del relleno de playa en La Aguada,
- el avance de la línea de costa al sur podrá alimentar la ejecución de medidas de reperfilado de playa y reconstrucción dunar propuestas para el tramo sur de La Aguada.

Por otro lado, los resultados del modelo indican que, de los 339.000 m<sup>3</sup> de arena usados en el relleno, aproximadamente el 10% (unos 32.000 m<sup>3</sup>) podrían ingresar al puerto durante los primeros 5 años. Como se indica en las secciones siguientes, se recomienda evaluar la posibilidad de realizar una trampa de sedimentos previo a la entrada al puerto para mitigar este ingreso y mantener los sedimentos disponibles para posibles rellenos de mantenimiento.

*Tabla 4-17 – Resultados obtenidos del modelo de una línea para los primeros 5 años post relleno inicial.*

Configuración del relleno	Volumen de relleno inicial para avance pie de dunas [m <sup>3</sup> ]	Volumen de relleno inicial para avance línea de costa [m <sup>3</sup> ]	Volumen total de rellenos de mantenimiento en el período inicial de 5 años [m <sup>3</sup> ]	Avance de la línea de costa al final del período inicial de 5 años [m]	Volumen total requerido en el período inicial de 5 años [m <sup>3</sup> ]
Avance 60 m	6000	333.000	0	13	339.000

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Configuración del relleno	Volumen de relleno inicial para avance pie de dunas [m <sup>3</sup> ]	Volumen de relleno inicial para avance línea de costa [m <sup>3</sup> ]	Volumen total de rellenos de mantenimiento en el período inicial de 5 años [m <sup>3</sup> ]	Avance de la línea de costa al final del período inicial de 5 años [m]	Volumen total requerido en el período inicial de 5 años [m <sup>3</sup> ]
Avance 15 m	6000	46.000	164.000	15	216.000





*Figura 4-72 – Línea de costa y pie de duna actual (líneas celeste y verde, respectivamente), y líneas de costa iniciales correspondientes a los rellenos de 60 m y 15 m de avance (líneas azules).*

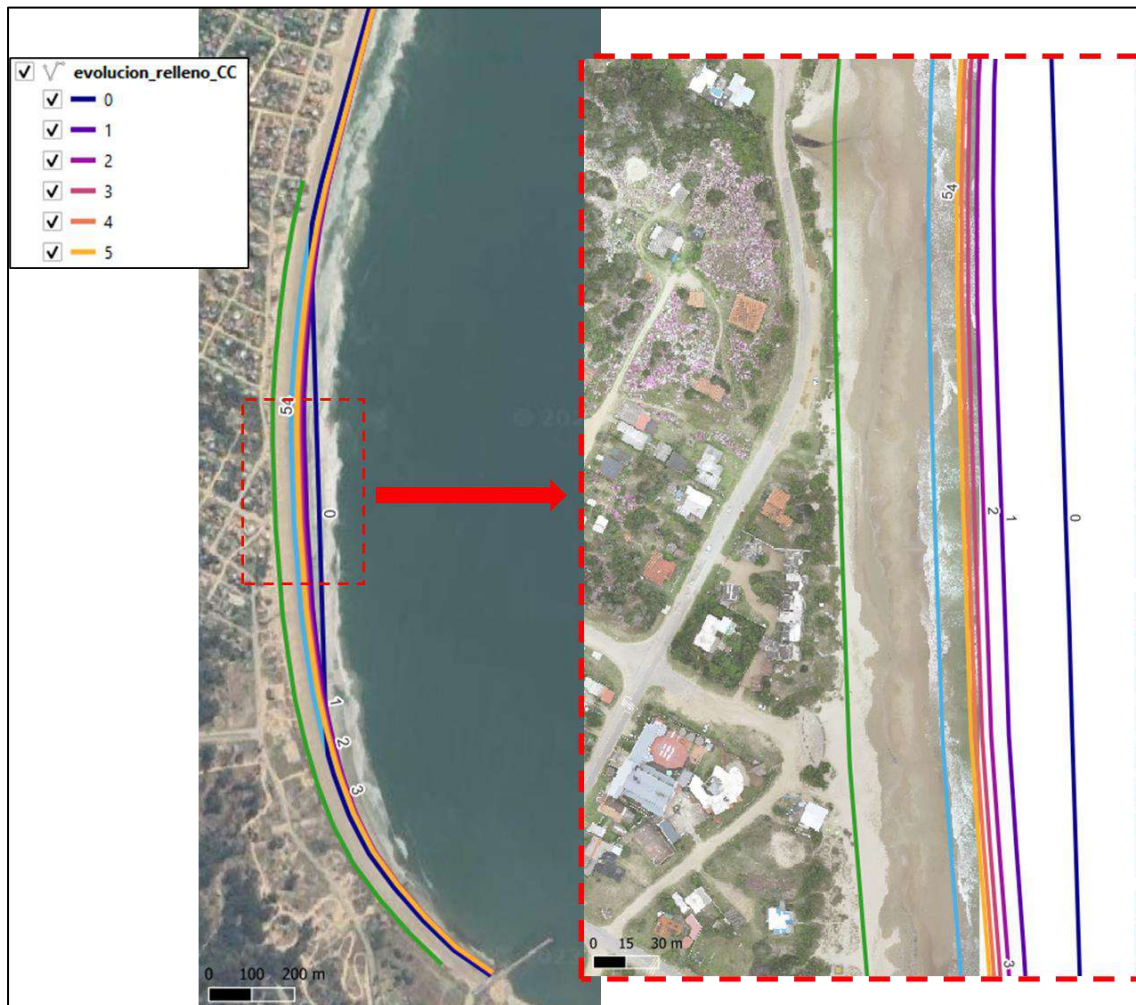


Figura 4-73 – Evolución de la línea de costa en los 5 años posteriores al relleno para el caso de avance inicial de 60 m.



*Figura 4-74 – Evolución de la línea de costa para los 5 primeros años para el caso del relleno de avance 60 m en las zonas ubicadas al norte (Costa Azul) y al sur (tramo sur de La Aguada) de la zona de interés.*

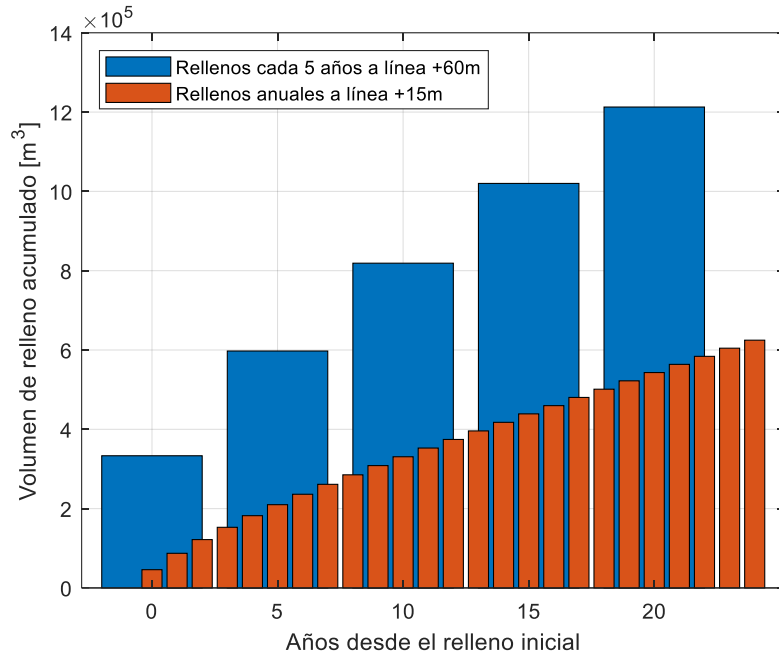


Figura 4-75 – Volumen acumulado de relleno de playa para las dos alternativas consideradas.

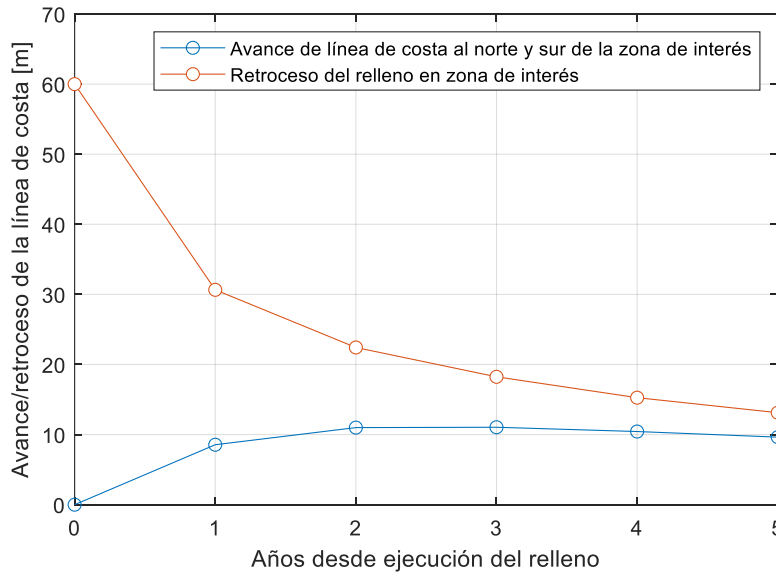


Figura 4-76 – Evolución de la posición de la línea de costa a lo largo de los 5 primeros años post ejecución del relleno en la zona de interés (rojo) y en posiciones al norte (Costa Azul) y sur (espigón experimental) de la misma.

### 4.12.2.3. Perfil tipo del relleno de arena

En esta etapa se considera que la granulometría de la arena a utilizar en el relleno es similar a la de la playa existente, y que el relleno se realizará mediante el bombeo de una suspensión de agua y arena desde el banco hasta la playa.

Como regla preliminar, se podrá asumir que el sedimento de la zona de préstamo es similar al de la playa si su diámetro medio es  $\pm 0,02$  mm el diámetro medio de la arena en la playa. Si el diámetro medio de la zona de préstamo es menor al de la playa en más de 0,02 mm, la playa resultante será más tendida que la actual y el volumen de arena requerido para el relleno podría incrementarse de forma significativa. Si en cambio el diámetro medio de la zona de préstamo excede al de la playa en más de 0,02 mm, la playa resultante tendrá pendientes más fuertes y el volumen requerido para un mismo ancho de playa será menor, aunque en este caso deberá evaluarse que la granulometría no resulte problemática a efectos del uso recreativo de la playa.

#### 4.12.2.3.1. Perfil objetivo

El perfil de playa objetivo se define combinando:

- (1) la cota de berma/pie de duna y la pendiente de la playa emergida que surge de los perfiles medidos en sitio para este proyecto, para la parte emergida del perfil, y
- (2) el perfil de equilibrio correspondiente al diámetro medio de la arena existente en la playa para la parte sumergida del perfil.

La cota de berma de la playa es aprox. +2,8 m Wh. Desde la cota de berma hasta el nivel medio del mar (aprox. +1,0 m Wh.) se asume pendiente uniforme igual a 4%. Desde el nivel medio del mar hasta la profundidad de cierre (-3,5 m Wh.) se asume el perfil de equilibrio para  $D_{50}=0,25$  mm, dado por:

$$y = 0,115x^{2/3} \quad (\text{Ec. 1})$$

en donde  $y$  es la profundidad respecto al nivel medio del mar y  $x$  es la progresiva medida desde la línea de costa correspondiente al nivel medio del mar. Desde el pie de duna hasta la cota de coronación de la duna primaria (+5,0 m Wh.) se asume pendiente igual a 20%.

#### **4.12.2.3.2. Volumen a colocar en sitio y a extraer de la zona de préstamo**

El volumen a colocar en sitio es la diferencia entre la topo-batimetría actual y la resultante de considerar el perfil objetivo en toda la zona de relleno de playa.

El volumen a extraer de la zona de préstamo es el volumen a colocar multiplicado por un factor de pérdidas que dependerá de la granulometría de la zona de préstamo y del método constructivo. En esta etapa el factor de pérdidas se asume 1,4; este es un valor no muy conservador que deberá ser reevaluado durante el proyecto ejecutivo, una vez se conozca la granulometría de la zona de préstamo y el método constructivo. En particular, si la granulometría en la zona de préstamos es similar a la de la playa el factor de pérdidas podría reducirse al entorno de 1,1.

#### **4.12.2.3.3. Procedimiento constructivo y perfil de relleno**

Asumiendo que el material será dragado del puerto o en depósitos cercanos y bombeado hasta la playa, el procedimiento constructivo consistirá en la construcción de una pileta de descarga del material dragado, utilizando para esto el mismo material de la playa, en donde se depositará la arena para luego ser distribuida en la playa mediante equipos de movimiento de tierra (ver Figura 4-77).

El perfil de relleno objetivo a fin de obra no será el perfil de diseño, ya que este último se alcanzará en un período de algunos meses por efecto de los agentes marítimos. El perfil objetivo a fin de obra estará coronado a +2,8 m Wh. y tendrá una pendiente de playa en torno a 1:15, hasta alcanzar el perfil actual; para los perfiles en que se debe lograr también el avance de la duna, la cota de coronación de la duna será +5,0 m Wh. (ver ejemplo en Figura 4-78).

El procedimiento constructivo deberá evitar que exista segregación de los sedimentos por tamaño a lo largo de la playa (i.e. evitar zonas en que se acumule el sedimento grueso y zonas en que se acumule el sedimento fino).



Figura 4-77 – Ejemplo de proceso constructivo de relleno de playas (tomado de <https://www.nps.gov/articles/beach-nourishment.htm>).

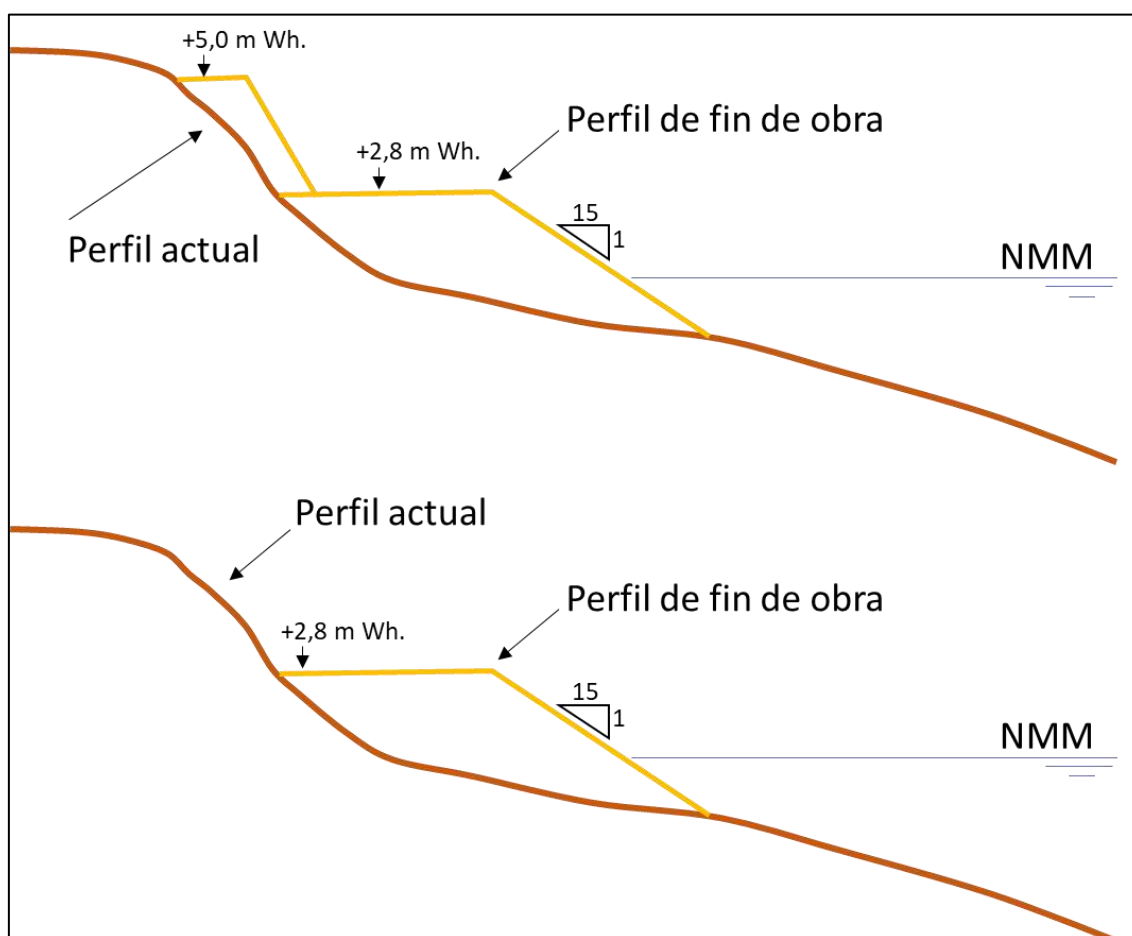


Figura 4-78 – Esquema del perfil objetivo a fin de obra considerando que la granulometría en la zona de préstamos es similar a la de la playa. Arriba: perfil con avance del pie de duna; abajo: perfil sin avance del pie de duna.

#### 4.12.2.4. Posibles zonas de préstamo

Se recomienda explorar inicialmente la zona del puerto y su bocana como posibles fuentes de arena para el relleno de playa. En esta zona se han definido tres zonas (ver Figura 4-79 y Figura 4-80): “Puerto”, “Canal y acceso”, “Trampa de sedimentos” y “Zona Offshore”. Las áreas de estas zonas se listan en la Tabla 4-18, junto con algunos comentarios generales para cada una de ellas.



Tabla 4-18 – Área y comentarios generales para las potenciales zonas de préstamo.

Zona	Área	Comentarios
Puerto	17 has	Al ser una zona abrigada la operatividad de las tareas de dragado puede ser muy elevada, sin embargo, es posible que el sedimento tenga mayor contenido de finos que el existente en la zona a rellenar.  Deberá prestarse especial atención a que el sedimento no esté contaminado.
Canal y acceso	10 has	Aunque no tiene el nivel de abrigo que tiene la rada portuaria, esta zona está protegida del oleaje de componente sur, por lo que la operatividad del dragado puede ser elevada.  Deberá analizarse con especial cuidado el efecto del dragado sobre la playa.
Trampa de sedimentos	4 has	Esta zona podría funcionar como trampa de sedimentos para prevenir el ingreso del material de relleno al puerto.  Deberá analizarse con especial cuidado el efecto del dragado sobre la playa.
Zona off-shore	indefinido	Cualquier fuente de sedimentos que se encuentre aguas adentro de la cota -8 m Wh. podrá ser considerada para la extracción.  Deberá analizarse con especial cuidado el efecto del dragado sobre la playa.



*Figura 4-79 – Posibles zonas de préstamo a explorar en el puerto y la bocana.*



Figura 4-80 – Posible zona de préstamo off-shore.

#### 4.12.2.4.1. Recomendaciones para la caracterización de la zona de préstamo

Para la caracterización de las potenciales zonas de préstamo se recomienda seguir los pasos y métodos indicados en el capítulo 4 de la parte V del Coastal engineering Manual, sección e- *Evaluate sediment sources*. En particular, en este manual se recomienda seguir las siguientes etapas para la caracterización de las zonas de préstamo marítimas:

1. Estudios de gabinete
  - Exploración de toda la información existente en cuanto a cartas náuticas, geológicas, literatura previa, etc. Esta tarea está parcialmente cumplida con este anteproyecto, aunque se recomienda recolectar la información disponible

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consortio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

de las autoridades portuarias del puerto de La Paloma, así como la consulta con profesionales del área de la geología.

2. Campaña de exploración de campo
  - Incluye la realización de sísmica de reflexión en las potenciales zonas de préstamo, junto con la recolección de muestras de sedimentos superficiales y un pequeño número de cateos.
3. Relevamiento detallado de campo
  - Campaña de cateos para caracterizar la variabilidad espacial de las zonas de préstamo que se identificaron como más prometedoras. La densidad de los cateos dependerá de los resultados de la sísmica, pero como regla general se recomienda que la distancia entre cateos sea menor a 300 m. En caso de ser necesario se podrá realizar una nueva campaña de sísmica con mayor densidad espacial. En esta etapa se realizan además los estudios complementarios orientados a identificar posibles restos arqueológicos o potenciales interferencias al dragado.

#### 4.12.2.5. Ecosistema dunar

En la zona norte se consideran intervenciones de regeneración dunar, y conservación de duna preexistente y la restauración de parches dunares degradados presentes en la mitad del tramo hacia el norte. Estas intervenciones requieren recarga de arena, cercas captoras e implantación de herbáceas en este tramo, de forma similar a lo descrito para el caso de la zona sur.

La colocación de cercas captoras “en peine” resulta de 2.000 metros lineales aproximadamente.

En la zona norte se implantará vegetación herbácea dunar mayoritariamente focalizado en la zonas de dunas degradadas y las zonas de regeneración dunar más comprometida. Se prevé la colocación de 22.000 ejemplares de este tipo de vegetación sobre las cercas captoras ya sepultadas de arena.

Medida NbS Ecosistema dunar	ZONA SUR
Cercas captoras	2.080 m
Herbáceas dunares	22.000 ejemplares

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

#### 4.12.2.6. Bosque costero nativo

Para el caso extremo sur de este tramo y el extremo norte, se definen 2 zonas de plantación con especies de matorral y bosque. La superficie total de esta medida es aproximadamente de 0,4 hectáreas en total.

Medida NbS Bosque costero nativo	ZONA SUR
Especies de matorral y bosque	800 ejemplares

#### 4.12.2.7. Infraestructura para uso sostenible

Sobre el borde de la rambla y delimitando la zona dunar y la playa se define un vallado de ordenamiento vehicular (bolardos) que en varios tramos completa 400 metros lineales en la zona sur de intervención.

El vallado definirá las zonas donde se puede ingresar a los estacionamientos (3) previstos en la zona.

Medida NbS Bosque costero nativo	ZONA SUR
Vallado vehicular	400 m

#### 4.12.3. PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

El plan de monitoreo de la obra deberá tener **como mínimo** los elementos y periodicidad que se detallan en la Tabla 4-19. A continuación, se comentan algunas especificaciones mínimas para cada uno de los componentes del plan de monitoreo.

Tabla 4-19. Componentes y frecuencias mínimas del plan de monitoreo de la obra.

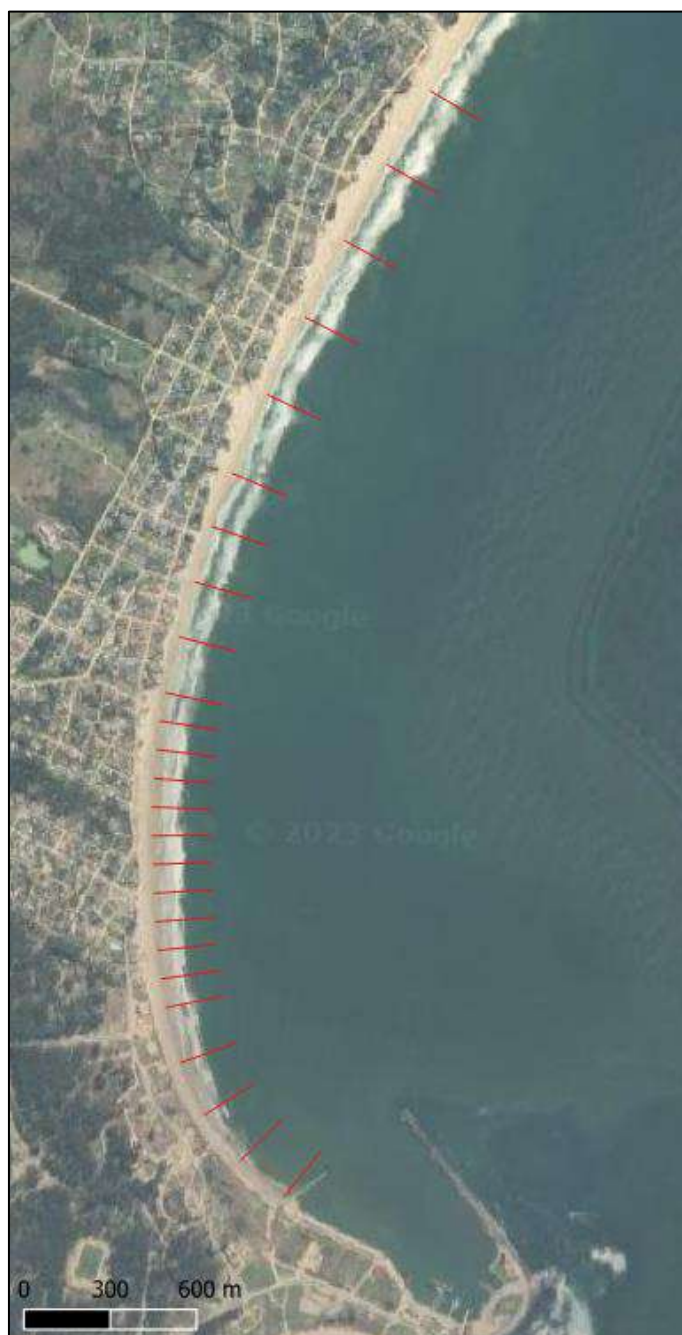
	Pre-obra	Fin de obra	Año 1	Años 2 y 3	Año 4 en adelante	Post-tormenta
<b>Perfiles de playa</b>	x	x	trimestral	bianual	anual	x
<b>Granulometría de arena</b>	x	x	anual	-	-	-
<b>Fotografías aéreas</b>	x	x	anual	anual	bienal	-
<b>Oleaje y nivel de mar</b>	x	x	x	x	-	-

#### 4.12.3.1. Perfiles de playa

Se deberá realizar un levantamiento del perfil de playa desde la cota de coronamiento de la duna hasta la cota -4 m Wh (perfil sumergido). Se definirán perfiles cada 100 m en la zona de relleno, cada 200 m en el tramo Sur de La Aguada y en Costa Azul, y cada 300 m en la zona de Arachania (ver Figura 4-81, en donde se presenta la ubicación tentativa de estos perfiles; la ubicación definitiva será definida en la etapa de proyecto ejecutivo).

Para el relevamiento de los perfiles se deberá tener en cuenta que:

- Todos los relevamientos correspondientes a un mismo perfil deberán realizarse e informarse considerando siempre el mismo origen de las progresivas, la misma orientación del perfil y el mismo plano de referencia. Modificaciones de cualquiera de estos elementos a lo largo del tiempo podrán hacer que el relevamiento resulte inútil.
- El levantamiento topobatimétrico de los perfiles debe minimizar los tramos que quedan sin relevar. Teniendo en cuenta que el relevamiento de la zona de rompientes puede ser difícil de implementar con el equipamiento disponible en la zona, se recomienda realizar los relevamientos desde mar en días particularmente calmos, y los relevamientos desde tierra en momentos de bajante.



*Figura 4-81 – Localización tentativa de los perfiles a relevar.*

#### **4.12.3.2. Granulometría de arena**

Se recomienda tomar tres muestras de arena en uno de cada tres perfiles relevados. Las muestras de arena deberán tomarse siempre en los mismos perfiles y serán: una en la berma,

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consortio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

a pie de duna, una en el frente de playa, en la zona de ascenso y descenso de la ola, y una en el perfil sumergido, a aproximadamente 50 cm de profundidad. Para cada muestra se construirá la curva granulométrica, dejando constancia de la localización y fecha exactas de la extracción de la muestra.

#### **4.12.3.3. Fotografías aéreas**

Las fotografías deberán estar georeferenciadas y podrán ser obtenidas mediante vuelos de dron. El área a cubrir por las fotografías será como mínimo el tramo de costa entre el puerto y Arachania.

Se recomienda explorar la posibilidad de realizar reconstrucción topográfica a partir de las fotografías aéreas. En este caso, deberá prestarse particular atención a mantener un adecuado registro del plano de referencia respecto al cual está referida la topografía, de modo de posibilitar la comparación entre distintos relevamientos.

#### **4.12.3.4. Oleaje y nivel de mar**

Tanto el oleaje como el nivel de mar ya se miden en la zona. En caso de que estas mediciones se vean interrumpidas se deberá instalar un mareógrafo en alguno de estos puertos.

Para la medición del oleaje se recomienda incorporar una boya de pequeñas dimensiones con transmisión remota y que funcione mediante paneles solares (e.g. boyas GPS de Sofar o Datawell) ubicada frente a la zona del relleno, a profundidad 8 m aprox. Deberá preverse al menos una campaña de mantenimiento anual para esta boya. El fondeo y las campañas de mantenimiento podrá realizarse con pequeñas embarcaciones disponibles en el puerto.

#### **4.12.3.5. Monitoreo las de medidas NbS**

A partir de fotografías aéreas se hará un seguimiento de la superficie de los 2 tipos de ecosistemas que integran las acciones NbS. Se espera poder tener un indicador de superficie/año tanto de bosque nativo costero como dunas restauradas y conservadas a partir de la cuantificación del tapiz de herbáceas dunares.

Sobre el reporte y verificación de las hectáreas de bosque nativo, deberá estimarse una línea de base, incluyendo parches ya existentes de vegetación al comienzo de la ejecución de las medidas de adaptación del proyecto. Luego se deberá mantener un registro periódico, pudiendo ser bianual.



Para el caso del ecosistema dunar, se reportaría el área (m<sup>2</sup>) de duna cubierta con tapiz vegetal y la medición sería de una frecuencia semestral. Esto permitirá evaluar la necesidad de implementación de medidas, si fuera necesario para mantener la capacidad amortiguación de oleaje y de adaptación del ecosistema.

Se podrá monitorear el aumento, disminución de las superficies de bosque nativo y herbazal dunar como indicador de capacidad de adaptación basado en NbS. También podrá identificarse la pérdida, sobretodo de ecosistema dunar, debido a la erosión producida por eventos extremos de oleaje o de precipitaciones pluviales. Esto permitirá evaluar en dichas instancias la necesidad de nuevas medidas de restauración dunar mediante la colocación de nuevas cercas captoras.

#### **4.12.4. CERCAS CAPTORAS DE ARENA**

##### **4.12.4.1. Confección cercas captoras para regeneración dunar**

Las medidas de reconstrucción dunar como NbS se basan en experiencias realizadas en distintos sitios de la costa uruguaya con prácticas avaladas y en varias oportunidades realizadas por el Ministerio de Ambiente en coordinación con gobiernos subnacionales y organizaciones de la sociedad civil del borde costero.

Ejemplo de estas son:

- a) Acciones realizadas en el marco del proyecto de adaptación de la zona costera de Uruguay realizadas juntamente con las Intendencias de Canelones y San José.

Proyecto: Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay (PNUD-GEF URU/07/2013).

- a) Acciones realizadas en el marco del Programa de Desarrollo y Gestión Subnacional (PDGS II) realizadas juntamente con la Intendencia de Canelones.

Programa de Desarrollo y Gestión Subnacional de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto Área de Políticas Territoriales, Préstamo No. 2668/OC-UR CP N° 002/2014 – Piloto de Gestión de Riesgos en el Departamento de Canelones- Zona Costera.

- b) Proyectos de la Dirección General de Gestión Ambiental de la Intendencia de Canelones con la Organización Social Guardianes de la Costa en Municipio de Ciudad de la Costa
- c) Las acciones realizadas por el proyecto “Acción costera” (PNUD-GEF & Unión Europea, 2011) que realizó acciones de restauración dunar en las playas al sur y este del Municipio de La Paloma.

### **Metodología instalación de cercas captoras**

La construcción de cercas captoras o pantallas de recuperación dunar se realizará a partir de restos de poda vegetal, comúnmente presentes en la zona (acacias y eucaliptus). La colocación del material vegetal en la zona de playa atraparé la arena movilizada por los vientos, generando una protoduna de altura y extensión variable (dependiendo de la altura y ancho de la cerca captora). Luego de transcurrido un tiempo y gracias a los vientos que ocurren en la costa, las pantallas de recuperación se cubren totalmente de arena generando además, un impacto positivo sobre el campo dunar donde se han perdido grandes volúmenes de arena. Luego de instaladas las cercas, se procede a plantar diferentes herbáceas dunares para lograr estabilizar la arena ya captada.

La utilización de podas e hilo sisal para la confección de pantallas de recuperación dunar, implica el uso de materiales 100 % biodegradables, lo que hace que luego de sepultada la pantalla bajo la arena estos materiales se descompongan naturalmente.

Esto supone una ventaja para la continuidad del ciclo de recuperación ya que sirve como sustrato y nutriente para facilitar la fijación de herbáceas dunares, que forma parte de la siguiente fase del proceso de reconstrucción del ecosistema dunar.

Con las pantallas se busca regenerar el cordón dunar, conectando las secciones de duna discontinuas y cerrando los corredores de viento (blowouts) que se forman en el campo dunar y por donde la arena se escurre fuera de la zona costera hacia las infraestructuras viales y viviendas aledañas. Se trabaja entonces en la construcción de pantallas paralelas a la costa que se disponen en forma consecutiva, a través del campo dunar.



*Figura 4-82. Cercas captoras de material biodegradable (tomado de ficha técnica n°6 proyecto URU/07/2013).*

### **Características de las cercas a implantar**

Los restos vegetales serán de podas de ramas recién cortadas, para que tengan abundante follaje lo que facilita la captación de arena.

Las podas se colocan linealmente sobre la arena en **forma paralela** al cordón dunar y luego se sujetan al piso con hilo tipo sisal. Para evitar la voladura de las pantallas, se colocan pequeños trozos de madera (provenientes de la propia poda) a la que se ata el hilo de modo de asegurar y fondear toda la estructura al suelo (Figura 4-83 y Figura 4-84).



*Figura 4-83. Detalles de los trozos de madera que se utilizan para asegurar la poda (tomado de ficha técnica n°6 proyecto URU/07/2013).*



*Figura 4-84. Atado de las podas y vista de las cercas en paralelo al cordón dunar (tomado de ficha técnica n°6 proyecto URU/07/2013).*

### **Metodología de intervención paso a paso:**

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

1. Traslado en camión y descarga de podas en zona cercana a la intervención.
2. Selección de podas con abundante follaje y ramas finas.
3. Traslado (manual) hacia la zona de colocación de las podas.
4. Se sitúan las podas paralelamente al cordón dunar, buscando que quede una densidad homogénea y compacta
5. Se realizan pozos delante y detrás de la pantalla de podas donde se colocarán los anclajes (truncos) para asegurar el material
6. Se atan las podas a los anclajes pasando el hilo sisal de un lado a otro de la pantalla
7. Se entierran bien los anclajes (a 0.3 m profundidad mínimo) con las ataduras para evitar que se levanten las pantallas con el viento



*Figura 4-85. Corte de duna recuperada en experiencias anteriormente documentadas donde se aprecian anclajes y ataduras con hilo sisal.*

Se sugiere que las cercas captoras se desarrollen en forma recurrente año a año, en los momentos de menor uso de la zona de playa y duna (meses de invierno y comienzo de primavera). Cuando las cercas captoras se recargan completamente las nuevas a ser colocadas se ubican inmediatamente al pie de la duna ya recargada, esto hace que las herbáceas dunares colonicen en forma más veloz la nueva duna en proceso de regeneración.

A través del monitoreo fotográfico podrá verse en todo momento la superficie de duna regenerada y tapizadas de herbáceas dunares ( $m^2/año$ ). La propuesta plantea poder evaluar en forma semestral o inmediatamente después de eventos extremos de oleaje o lluvias, la

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

necesidad de activar el proceso de construcción de nuevas cercas captoras de manera de mantener la capacidad adaptativa de este elemento ecosistémico en la zona de intervención.

#### 4.12.5. ACONDICIONAMIENTO DE DESCARGAS PLUVIALES

Se propone el acondicionamiento de las descargas correspondientes a las cuencas 2, 3 y 5 con el objetivo de mitigar la erosión en la playa.

Para esto, se plantea la implementación de un dissipador de energía de tipo *rip rap apron* aguas abajo de dichas descargas. El dispositivo *rip rap* es el más comúnmente utilizado para la protección de descargas y consiste en un enrocado de protección cuya función es distribuir el flujo y ayudar a la transición a la vía de drenaje natural.

Por otro lado, se tiene que la alcantarilla de descarga de la cuenca 2 se encuentra desmoronada por lo que además se propone reconstruir dicha alcantarilla para 10 años de periodo de retorno y verificar el no sobrepasamiento de la misma para 20 años de periodo de retorno.

##### 4.12.5.1. Estudios hidrológicos

En primer lugar, se realiza el trazado de las cuencas y se obtienen los parámetros hidrológicos de las mismas:

Tabla 4-20. Parámetros hidrológicos de las cuencas.

Cuenca 2		Cuenca 3		Cuenca 5	
Parámetro (m)	Valor	Parámetro (m)	Valor	Parámetro (m)	Valor
Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	2,53	Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	0,61	Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	0,17
S del cauce (%)	1,34%	S del cauce (%)	1,37%	S del cauce (%)	1,82%
L del cauce (m)	3055	L del cauce (m)	1577	L del cauce (m)	1084
Tc (horas)	4,54	Tc (horas)	1,59	Tc (horas)	0,99
NC	63,82	NC	81,86	NC	82,88

La modelación hidrológica se realiza en base al modelo de eventos extremos del Natural Resources Conservation Service (NRCS, ex SCS; National Engineering Handbook Hydrology Chapters) para determinar los hidrogramas y extraer el caudal pico que es el caudal de

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

diseño. Como insumos para su aplicación se requiere información sobre unidades y usos del suelo, grupos hidrológicos presentes, número de curva para la cuenca y tiempo de concentración.

A continuación, se presentan los valores de los caudales pico obtenidos para las cuencas 2, 3 y 5 para 10 años de periodo de retorno (período de diseño):

*Tabla 4-21. Caudales pico para las cuencas 2, 3 y 5 para 10 años de periodo de retorno.*

Cuenca	Caudal pico para TR 10 (m <sup>3</sup> /s)
2	3,25
3	2,71
5	0,90

#### **4.12.5.2. Diseño de la alcantarilla - cuenca 2**

Para el caso particular de la cuenca 2, previo al diseño de la protección *rip rap apron* es necesario dimensionar la alcantarilla de descarga. Dado que el caudal pico de dicha cuenca para un periodo de retorno de 10 años es de 3,25 m<sup>3</sup>/s y debe garantizarse una relación tirante diámetro menor a 75% se opta por colocar una alcantarilla de tres bocas circulares de 1,2 m de diámetro. Si bien queda sobredimensionada se deja una tubería más para prever futuras impermeabilizaciones en la cuenca y/o aumentos de intensidad de lluvias.

#### **4.12.5.3. Disipador de energía**

Los elementos clave de diseño de la plataforma de enrocado son el tamaño las piedras partidas, así como su largo, ancho y profundidad.

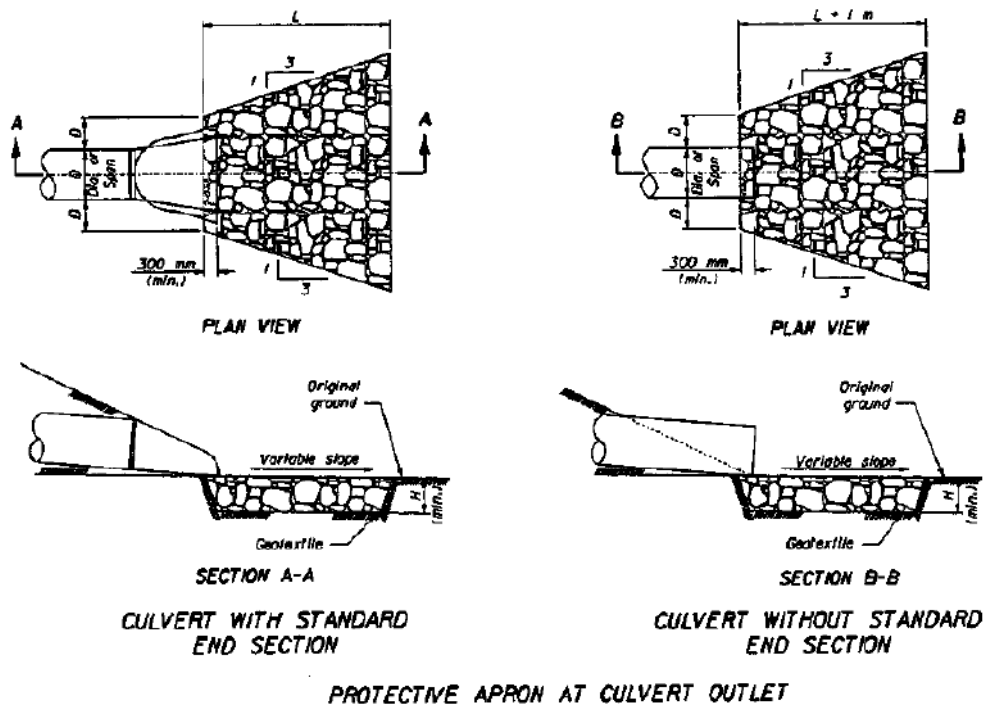


Figura 4-86. Esquema de protección rip rap apron.

Para tuberías circulares se recomienda la siguiente ecuación:

$$D_{50} = 0.2D \left( \frac{Q}{\sqrt{gD^{2.5}}} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{D}{TW}$$

Donde  $D_{50}$  es el diámetro medio del enrocado,  $Q$  es el caudal de diseño,  $D$  es el diámetro de la tubería,  $TW$  es el tirante aguas abajo y  $g$  es la aceleración de la gravedad. El valor del tirante aguas abajo debe encontrarse entre  $0,4D$  y  $D$ , en caso contrario o que el mismo sea desconocido, deberá tomarse el mínimo, es decir,  $0,4D$ .

Siempre que el flujo sea supercrítico en la alcantarilla el diámetro se ajusta según la expresión:

$$D' = \frac{D + y_n}{2}$$

Donde  $D'$  es el diámetro ajustado y  $y_n$  es el tirante normal.

Para determinar las dimensiones de la plataforma la siguiente tabla proporciona orientación para la longitud y profundidad de esta:



Clase	D50 (mm)	Longitud (m)	Profundidad (m)
1	125	4D	3.5D50
2	150	4D	3.5D50
3	250	5D	2.4D50
4	350	6D	2.2D50
5	500	7D	2.0D50
6	550	8D	2.0D50

La longitud de la plataforma se determina en función de la altura de la alcantarilla y del tamaño del enrocado. La profundidad de la plataforma varía desde 3.5D50 para el enrocado más pequeño hasta un límite de 2.0D50 para los tamaños de enrocado más grandes. La dimensión final, el ancho, se puede determinar utilizando un ensanchamiento de 1:3 y debe ajustarse a las dimensiones del canal aguas abajo.

### Resultados obtenidos

Sabiendo que las secciones de las alcantarillas de descarga de las cuencas en estudio tienen las siguientes características:

Cuenca	Sección de la alcantarilla	
2	Tres bocas circulares de 1200mm	A reconstruir
3	Tres bocas circulares de 900 mm	Existente
5	Una boca circular de 800 mm	Existente

Es posible dimensionar el enrocado y la plataforma de protección tipo *rip rap apron* y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4-22. Resultados obtenidos para el *rip rap apron* para las cuencas 2, 3 y 5.

Cuenca 2		Cuenca 3		Cuenca 5	
Parámetro (m)	Valor	Parámetro (m)	Valor	Parámetro (m)	Valor
D (m)	1,20	D (m)	0,90	D (m)	0,80
Bocas	3	Bocas	3	Bocas	1

Cuenca 2		Cuenca 3		Cuenca 5	
Parámetro (m)	Valor	Parámetro (m)	Valor	Parámetro (m)	Valor
Q (m <sup>3</sup> /s)	3,25	Q (m <sup>3</sup> /s)	2,71	Q (m <sup>3</sup> /s)	0,90
Q por boca (m <sup>3</sup> /s)	1,08	Q por boca (m <sup>3</sup> /s)	0,90	Q por boca (m <sup>3</sup> /s)	0,90
D50 (m)	0,50	D50 (m)	0,53	D50 (m)	0,50
Largo plataforma (m)	8,40	Largo plataforma (m)	6,30	Largo plataforma (m)	5,60
Profundidad plataforma (m)	1,00	Profundidad plataforma (m)	1,05	Profundidad plataforma (m)	1,00
Ancho min plataforma (m)	9,24	Ancho min plataforma (m)	7,24	Ancho min plataforma (m)	3,24
Ancho máx, plataforma (m)	14,84	Ancho máx, plataforma (m)	11,44	Ancho máx, plataforma (m)	6,97

Luego del dissipador de energía se colocan rocas para conformar la descarga y proteger el talud de la duna. Estas rocas deberán tener un peso de entre 1 y 2 toneladas.

En planos se esquematiza su ubicación.

#### **4.12.6. ACCESOS A LA PLAYA**

Se plantean realizar cinco accesos costeros en todo el balneario La Aguada. Sin posibilidad de acceder en vehículos hacia la margen costera en general, únicamente en el acceso frente a la calle Av. de los Argentinos se deja una explanada con capacidad para aproximadamente 20 vehículos y en frente a calle Arazatí para unos 6 vehículos.

A continuación, se presentan elementos para una guía de diseño para accesibilidad universal a la playa. Se apunta una propuesta básica orientada por los “siete principios de diseño universal” recomendados por la Organización Mundial de Turismo por un turismo accesible.

##### **4.12.6.1. Accesibilidad al acceso de la playa**

###### **1. Transporte público**

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Las paradas de ómnibus y el itinerario necesario para acceder de éstas a la playa, deben asegurar accesibilidad universal y contar con señalización adaptada.

2. Estacionamiento vehicular

Debe existir estacionamiento vehicular reservado e itinerario accesible desde éste al acceso a la playa.

3. Información

La señalización, visible, visual y táctil, con diseño adaptado, localizada al alcance del recorrido accesible y en sus puntos notables, por lo menos debe orientar en cuanto a la dirección y distancia a la playa, servicios accesibles y su ubicación. Resulta conveniente que esté confeccionada en colores contrastantes.

Además, se debe indicar la información de recursos más elementales para promoción de una vida libre de violencia basada en género (de asesoramiento y de emergencia).

4. Paseo costero

El acceso a la playa debe estar conectado en forma accesible al paseo peatonal costero (el que debe contar, también, con condiciones de accesibilidad universal). Resulta conveniente que exista zona de estar en las proximidades del acceso a la playa, sombreada, con accesibilidad universal.

#### **4.12.6.2. Acceso de la playa**

1. Circulaciones

Debe dotarse de circulaciones adaptadas desde fuera de la playa hasta la zona de arena húmeda.

- Las circulaciones peatonales deben contar con diseño en condiciones de accesibilidad universal, ser continuas y sin escalones o resaltos
- La pasarela debe acercarse lo más cerca posible de la orilla, para lo cual puede realizarse un último tramo con partes practicables móviles.
- Su superficie debe ser estable, sin resaltos y antideslizante (tanto seca como mojada) y su color específico debe permitir caminar descalzo. Resulta conveniente que su color sea contrastante con el de la arena.
- Se debe asegurar buena visibilidad entre tramos de circulación, por lo que deben evitarse los cambios de dirección abruptos cuando limiten la visión de un tramo sobre el siguiente.

- Las circulaciones deben contar con senda podotáctil.
- La cartelería de información y los elementos de mobiliario y equipamientos (papeleras, bebederos, duchas, lavapiés, etc.), deben estar adyacentes, pero siempre fuera del espacio de circulación. Si no son adyacentes, debe agregarse una pasarela adicional adaptada, para acceder a éstos.

## 2. Pasarelas y rampas

Las diferencias de nivel, tanto para salvar la presencia de dunas como por desnivel entre el paseo costero y la playa, deben resolverse, únicamente, mediante rampas y tramos de pasarelas.

- En las áreas dunares la superficie de circulación debe estar elevada por sobre el nivel natural de la arena.
- Ancho mínimo 1,50 metros.
- Es recomendable dotar de descansos, preferiblemente provistos de sombra, con dimensiones de 2,50 x 2.50 metros, al comienzo y final del recorrido y en puntos intermedios si éste es muy extenso.
- Pendiente longitudinal máxima 6%. Pendiente transversal máxima 1%.
- A efectos del diseño (especialmente de las barandas) las pasarelas se pueden considerar horizontales hasta una pendiente máxima del 1%.
- En caso de pavimentos discontinuos, es recomendable que las juntas entre piezas sean sin resaltes, con el mínimo ancho constructivamente posible y que no sean transversales al sentido de circulación.

## 3. Servicios

El itinerario accesible debe asegurar la conectividad en condiciones de universalidad para los servicios mínimos de playa: servicios higiénicos, duchas y lavapiés, paradores, etc. (los que deben, a su vez, contar con condiciones de accesibilidad universal).

## 4. Zona de baño adaptada

Además de contar con accesibilidad universal a la arena, resulta recomendable incorporar zonas de baño adaptadas para el baño en condiciones de accesibilidad universal, señalizadas y balizadas, dotadas con el equipamiento al efecto: pasarela hasta el agua y equipos de movilidad en el agua (sillas, muletas, flotadores, chalecos y otros).

#### 4.12.7. ASPECTOS ECONÓMICOS

Se realiza una estimación de costos considerando los principales componentes de las propuestas desarrolladas a nivel de anteproyecto. Es importante destacar que el diseño de la alternativa es a nivel de anteproyecto, por lo tanto, el presupuesto estimado puede variar a medida que se avance en el proyecto y se realice un diseño más detallado de las diferentes componentes (rubros).

Tabla 4-23. Estimación de costos para el anteproyecto de La Aguada.

RUBRO	DETALLE	CANT	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos
<b>1</b>	<b>RELLENO DE ARENA</b>				
1.1	Volumen de relleno inicial para avance pie de dunas	6.000	m <sup>3</sup>	585	3.510.000
1.2	Volumen de relleno inicial para avance línea de costa	333.000	m <sup>3</sup>	585	194.805.000
1.3	Geofísica y cateos para definir zona de préstamo	1	gl	7.800.000	7.800.000
<b>2</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Año 0 a 5)</b>				
2.1	Beach scraping tramo SUR (años 2 a 5)	25.200	m <sup>3</sup>	390	9.828.000
2.2	Cerca captoras	5.200	ml	3.000	15.600.000
2.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	55.000	m <sup>2</sup>	500	27.500.000
2.4	Especies de matorral y bosque costero	4.000	m <sup>2</sup>	1.000	4.000.000
<b>3</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO</b>				
3.1	Vallado vehicular	1.200	ml	2.500	3.000.000
3.2	Sendero interpretativo	180	ml	10.000	1.800.000
3.3	Estacionamientos / miradores	3	gl	1.950.000	5.850.000
3.4	Accesos a la costa de madera	303	ml	12.000	3.636.000
<b>4</b>	<b>MONITOREO (hasta el Año 5)</b>				
4.1	Campaña de relevamiento de perfiles de playa (25 perfiles por campaña)	10	Unidad	600.000	6.000.000
4.2	Ensayo granulométrico en perfiles de playa (3 muestras por perfil)	6	Unidad	60.000	360.000
4.3	Fotografías aéreas	4	Unidad	70.000	280.000
4.4	Coordinación e informe general de monitoreo	5	Unidad	400.000	2.000.000

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

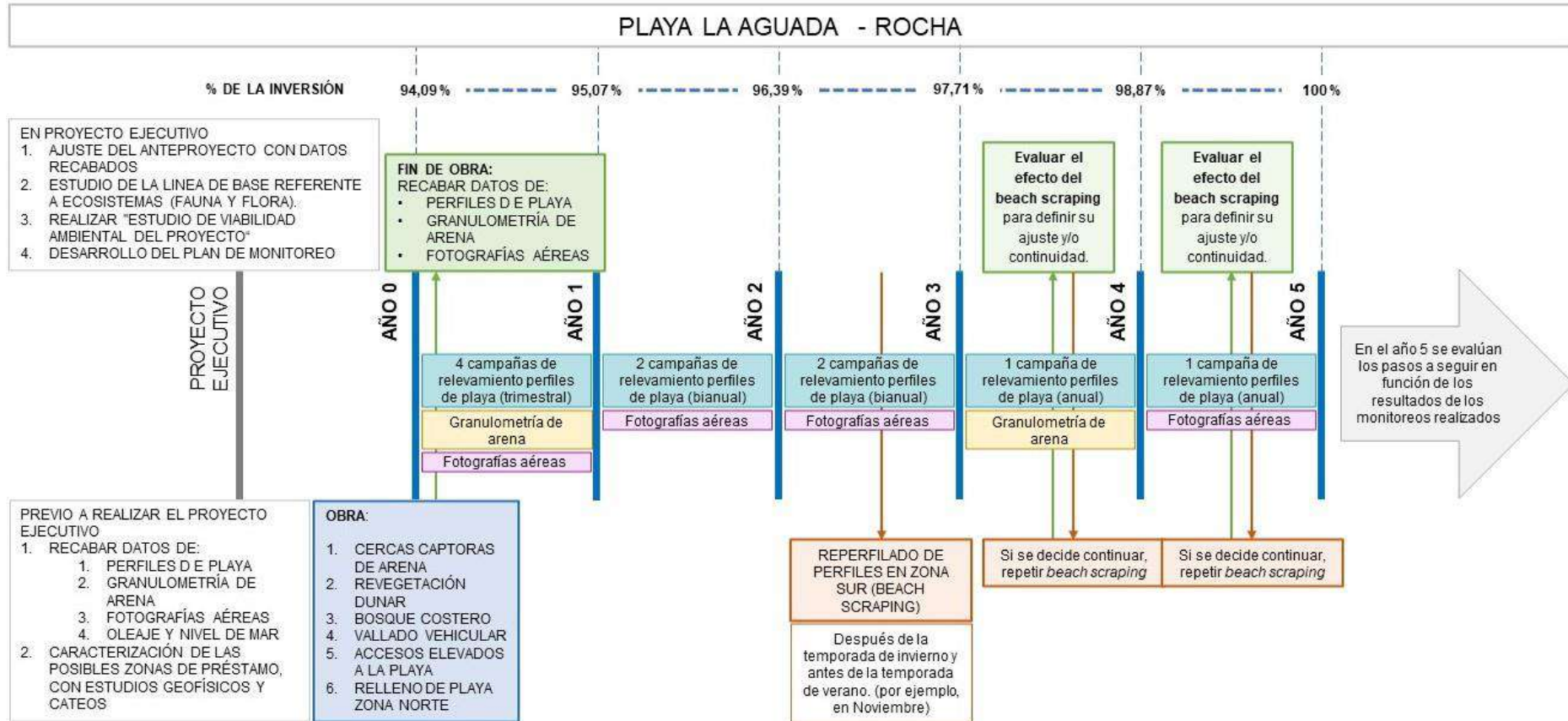
Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

RUBRO	DETALLE	CANT	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos
<b>5</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				
5.1	Reconstrucción de una alcantarilla 3 bocas de 1200 mm de diámetro	1	gl	3.900.000	3.900.000
5.2	Disipador de energía y acondicionamiento descarga Cuenca 2	1	gl	2.700.000	2.700.000
5.3	Disipador de energía y acondicionamiento descarga Cuenca 3	1	gl	1.000.000	1.000.000
5.4	Disipador de energía y acondicionamiento descarga Cuenca 5	1	gl	1.800.000	1.800.000
5.5	Rocas entre 1 y 2 ton	1.800	m <sup>3</sup>	9.600	17.280.000
<b>NOTAS</b>		<b>SUBTOTAL SIN LEYES</b>			<b>312.649.000</b>
		<b>IMPREVISTOS</b>		<b>10%</b>	<b>31.264.900</b>
		<b>TOTAL SIN LEYES</b>			<b>343.913.900</b>
	Precio de oficina en pesos uruguayos	<b>LEYES</b>		<b>14%</b>	<b>48.147.946</b>
	Se suponen solo un 10% de imprevistos	<b>IVA</b>		<b>22%</b>	<b>68.782.780</b>
	Se presenta el total con leyes pero SIN iva	<b>TOTAL CON LEYES S/IVA</b>			<b>392.061.846</b>

#### 4.12.8. EVOLUCIÓN TEMPORAL

En este apartado se presenta la evolución temporal del proyecto, en el cual se indica, los pasos a seguir a lo largo de la vida útil y la distribución en porcentajes de la inversión.



Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consortio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

#### **4.12.9. ASPECTOS AMBIENTALES**

Se realiza un análisis básico de los factores ambientales impactados en las etapas de construcción, operación y abandono de las intervenciones. En la etapa de proyecto ejecutivo se deberá realizar un estudio de impacto ambiental completo y su presentación ante DINACEA para su clasificación y aprobación. Además de realizar el plan de gestión ambiental de la obra.

En las siguientes matrices se presentan los impactos identificados según la fase de la obra (construcción, operación y abandono), el factor y aspecto ambiental.



Tabla 4-24. Identificación de los impactos ambientales para la Zona Sur - La Aguada.

Fase	Aspecto	Factor	Impacto
Construcción	Presencia física de la obra	Población	Percepción social negativa de la población a causa de la presencia física de la obra
		Uso de la playa	Restricción temporal al uso recreativo de la playa
		Uso de la rambla	Restricción temporal al uso recreativo del sector afectado de la rambla
		Paisaje	Afectación al paisaje por presencia física de la obra
	Reperfilado de perfiles (beach scraping)	Hidrodinámica de la zona corriente abajo de la obra	Cambios en la hidrodinámica corriente abajo de la obra por modificación de la morfología del fondo en la zona de préstamo
		Fauna bentónica	Afectación a la fauna bentónica por remoción de sedimentos en la zona de préstamo
	Re-suspensión de sedimento a causa del beach scraping	Calidad del agua	Afectación a la calidad del agua por re-suspensión de sedimentos en la zona de préstamo
		Fauna ictícola	Afectación a la fauna ictícola por re-suspensión de sedimentos en la zona de préstamo
	Disposición de material dragado en zona de vertido	Fauna y/o flora presente en la zona de playa seca	Afectación a fauna y/o flora por vertido de sedimentos en la zona de playa seca
	Emisiones sonoras	Nivel de presión sonora	Incremento del nivel de presión sonora producto de las emisiones sonoras de draga, equipo de vertido de arena, transporte y colocación de estructuras de acceso/miradores, estacionamiento entre otros
		Población cercana a la obra	Molestias a la población cercana por el aumento de la presión sonora
	Emisión de material particulado	Calidad del aire	Incremento de la concentración de material particulado en el aire
		Población cercana a la obra	Afectación a la salud de la población cercana por aumento de la concentración de material particulado en el aire

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Fase	Aspecto	Factor	Impacto
	Tránsito terrestre inducido	Tránsito vehicular/peatonal usual	Afectación al tránsito vehicular y peatonal (circulación por la rambla) por el tránsito de maquinaria pesada
	Generación de residuos asimilables a domésticos	Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos
	Efluentes líquidos	Calidad del agua/suelo	Afectación a la calidad del agua y/o suelo (zona entre el área de préstamo y área de actuación de la obra) por gestión inadecuada de agua de lavado de maquinaria
	Derrames en agua	Calidad del agua	Afectación a la calidad del agua (zona entre el área de préstamo y área de actuación de la obra) por derrame de hidrocarburos o sustancias peligrosas en agua
	Derrames en tierra	Calidad del agua/suelo	Afectación a la calidad del agua y/o suelo (zona entre el área de préstamo y área de actuación de la obra) por derrame de hidrocarburos o sustancias peligrosas en tierra
	Incidentes	Paisaje	Afectación del paisaje por causa de roturas en las estructuras de acceso a la playa (por ej. entradas del tipo puentes de madera elevados)
Fase	Aspecto	Factor	Impacto
<b>Operación</b>	Presencia física de la obra	Dinámica costera	Modificación de la dinámica costera (procesos de transporte de sedimentos, batimetría y perfil de playa)
		Erosión	Retroceso de la línea de costa en la zona de beach scraping por avance de pie de duna
			Disminución de la erosión dunar como consecuencia de la delimitación por vallado del estacionamiento, así como la colocación de estructuras de acceso a la playa.
		Uso de la playa	Aumento del área de playa por lo que se sucede un aumento de actividades con fines recreativas y comerciales
		Fauna ictícola	Afectación a fauna ictícola por retroceso de línea de costa
Paisaje	Modificación del paisaje debido al aumento de ancho de playa, por la presencia de mayor vegetación dunar así como debido a la presencia de nuevos puntos de acceso a la playa (rampas universales/miradores).		

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Tabla 4-25. Identificación de los impactos ambientales para la Zona Norte - La Aguada.

Fase	Aspecto	Factor	Impacto
Construcción	Presencia física de la obra	Población	Percepción social negativa de la población a causa de la presencia física de la obra
		Uso de la playa	Restricción temporal al uso recreativo de la playa
		Uso de la rambla	Restricción temporal al uso recreativo del sector afectado de la rambla
		Paisaje	Afectación al paisaje por presencia física de la obra
	Re-suspensión de sedimento a causa del agregado de relleno de arena	Calidad del agua zona de préstamo	Afectación a la calidad del agua por re-suspensión de sedimentos en la zona de relleno
		Fauna ictícola	Afectación a la fauna ictícola por re-suspensión de sedimentos en la zona de relleno
	Disposición de material de relleno en zona de vertido	Fauna y/o flora presente en la zona de playa seca	Afectación a fauna y/o flora por vertido de sedimentos en la zona de playa seca
	Emisiones sonoras	Nivel de presión sonora	Incremento del nivel de presión sonora producto de las emisiones sonoras de equipo de vertido de arena, transporte, colocación de estructuras de acceso, entre otros
		Población cercana a la obra	Molestias a la población cercana por el aumento de la presión sonora
	Emisión de material particulado	Calidad del aire	Incremento de la concentración de material particulado en el aire
		Población cercana a la obra	Afectación a la salud de la población cercana por aumento de la concentración de material particulado en el aire
	Tránsito terrestre inducido	Tránsito vehicular/peatonal usual	Afectación al tránsito vehicular y peatonal (circulación por la rambla) por el tránsito de maquinaria pesada
	Generación de residuos asimilables a domésticos	Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos
Efluentes líquidos	Calidad del agua/suelo	Afectación a la calidad del agua y/o suelo (área de actuación de la obra) por gestión inadecuada de agua de lavado de maquinaria	

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consortio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Fase	Aspecto	Factor	Impacto
	Derrames en agua	Calidad del agua	Afectación a la calidad del agua (área de actuación de la obra) por derrame de hidrocarburos o sustancias peligrosas en agua
	Derrames en tierra	Calidad del agua/suelo	Afectación a la calidad del agua y/o suelo (área de actuación de la obra) por derrame de hidrocarburos o sustancias peligrosas en tierra
Fase	Aspecto	Factor	Impacto
<b>Operación</b>	Presencia física de la obra	Dinámica costera	Modificación de la dinámica costera (procesos de transporte de sedimentos, batimetría y perfil de playa)
		Erosión	Retroceso de la línea de costa en la zona de beach scraping por avance de pie de duna
		Erosión	Disminución de la erosión dunar como consecuencia de la delimitación por vallado del estacionamiento, así como la colocación de estructuras de acceso a la playa.
		Uso de la playa	Aumento del área de playa por lo que se sucede un aumento de actividades con fines recreativas y comerciales
		Fauna ictícola	Afectación a fauna ictícola por retroceso de línea de costa
		Paisaje	Modificación del paisaje debido al aumento de ancho de playa, por la presencia de mayor vegetación dunar así como debido a la presencia de nuevos puntos de acceso a la playa (rampas universales/miradores).

Cabe destacar que en ninguno de las zonas se identifican impactos para la etapa de abandono, debido a que si se dejan de realizar las tareas con periodicidad anual o quinquenal la situación volvería a la situación actual.

#### **4.12.10. RECOMENDACIONES PARA PROYECTO EJECUTIVO**

Previo a realizar el proyecto ejecutivo del anteproyecto desarrollado, se recomienda recabar datos de: perfiles de playa, granulometría de la arena actual, fotografías aéreas y mediciones de oleaje y nivel de mar para ajustar el anteproyecto en función de dichos datos. Además, se deben caracterizar las posibles zonas de préstamo para extraer la arena a disponer en el relleno de playa con estudios geofísicos y cateos. En función de los resultados obtenidos se deberán ajustar los volúmenes de relleno y definir los procesos constructivos de la obra.

Por otro lado, se debe realizar un estudio de la línea de base referente a ecosistemas (fauna y flora). Se debe relevar el estado actual y definir los parámetros a controlar en el plan de monitoreo.

El plan de monitoreo propuesto se desarrollará de forma detallada, definiendo los parámetros físicos en función de los cuales se evalúe la eficiencia de la recuperación de la playa y la evolución del ecosistema impactado.

Además, en proyecto ejecutivo se debe realizar el “Estudio de viabilidad ambiental del proyecto” contemplando la matriz de impacto con identificación de aspectos y actividades. Sujeto a AAP para lo cual se requerirá o no el estudio de impacto ambiental por DINACEA.

##### **4.12.10.1. Perspectiva de género a considerar en proyecto ejecutivo**

En la realización del anteproyecto se tuvo en cuenta la perspectiva de género de manera de evitar situaciones violentas o desigualdades basadas en género. Como por ejemplo la generación de varios accesos a la playa, sin generar zonas aisladas y otros aspectos.

El proyecto ejecutivo deberá contemplar que las infraestructuras públicas no son neutras al género, es un factor esencial pues permite el acceso a los servicios básicos y a los medios de vida y favorece el desarrollo de oportunidades para todas las personas.

El desarrollo de infraestructura debe contemplar así mismo las desigualdades y contribuir a reducirlas. El desafío consiste en conciliar la planificación con el uso de una ciudadanía incluyendo temas como el uso libre de acoso a mujeres y niñas, el cuidado de personas dependientes, la convivencia, el disfrute y la calidad ambiental.

Las decisiones sobre uso, mantenimiento, conservación, iluminación, impactan sobre la igualdad de acceso y la diversidad de población. Dado que las instalaciones de infraestructura tienen una vida útil larga y son muy costosas, deben planificarse, implementarse y gestionarse

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

para ser sostenibles e inclusivas. Lo es cuando está planificada, implementada y gestionada prestando atención a las necesidades de la totalidad de personas usuarias finales, sobre todo de los grupos vulnerables como, los jóvenes, las personas de edad avanzada, las personas con discapacidad y las mujeres.

De esa manera es fundamental sumar acciones en la infraestructura costera que promueva ese derecho como, por ejemplo, cartelería.

## **5. ANEXO**

## ANEXO – MODELO DE UNA LÍNEA SIMPLIFICADO

Para evaluar la evolución a mediano plazo del relleno de arena en el caso de la alternativa Norte A.1 se implementó un modelo de una línea o *one-line*, el cual permite modelar los cambios de la posición de la línea de costa por efecto de los gradientes de transporte litoral, asumiendo que el perfil de playa se mantiene constante. En los apartados siguientes se presenta el desarrollo del modelo y su implementación en una versión simplificada para este caso en particular.

## DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

### ECUACIÓN DIFERENCIAL

La ecuación diferencial que permite modelar la evolución en planta de la línea de costa surge de considerar el balance de sedimentos en un perfil de playa, asumiendo que la costa avanza o retrocede manteniendo siempre el mismo perfil (ver Figura 1).

La tasa de cambio del volumen almacenado en una sección de la playa de ancho  $\Delta y$  y altura total  $D_s$  está dada por

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{D_s \Delta x_s \Delta y}{\Delta t} \quad (1)$$

Esta tasa de cambio está controlada por el balance neto de sedimentos que entran y salen de la sección, con lo que la ecuación de continuidad que controla la evolución de la línea de costa resulta:

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{D_s} \left( \frac{\partial Q}{\partial y} - q \right) = 0 \quad (2)$$

En donde  $Q$  es la tasa de transporte litoral ( $m^3/s$ ) y  $q$  son otras posibles fuentes y sumideros de sedimento ( $m^3/s/m$ ). En este caso el modelo se implementa sin incluir fuentes y sumideros de sedimentos, con lo cual la ecuación se reduce a

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{D_s} \frac{\partial Q}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

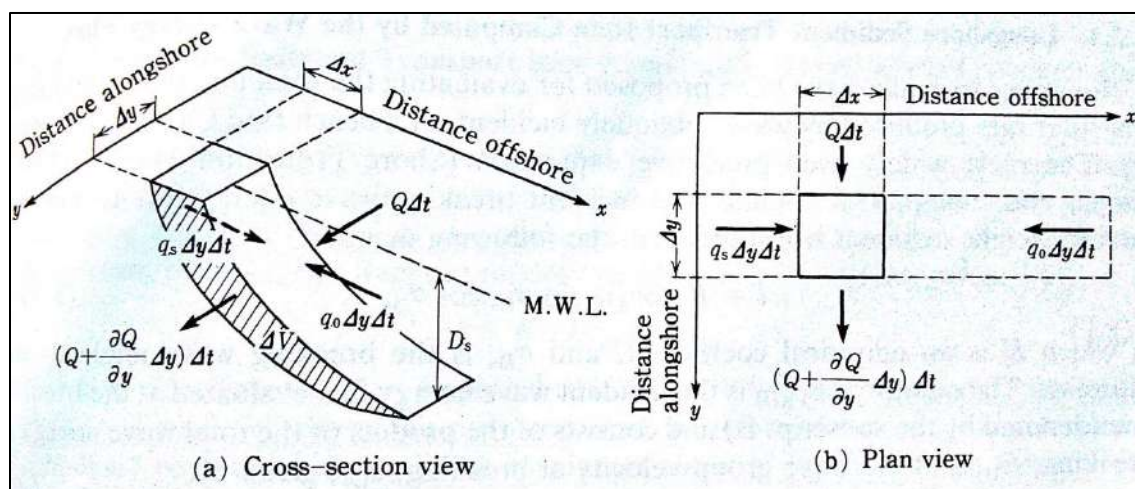


Figura 1 – Esquema del balance de sedimentos utilizado para el desarrollo del modelo de una línea (tomado de figura 3.1 de Horikawa 1988 Part IV).

## ECUACIÓN DE TRANSPORTE LITORAL

Para el cálculo del transporte litoral se utiliza la fórmula del CERC, en su versión recalibrada por Mil-Homens et al. (2013):

$$Q_{cerc} = k_{cerc} c_g H_b^2 \sin 2\alpha_{bs}$$

$$k_{cerc} = \left[ \left( 2232.7 \left( \frac{H_b}{L_o} \right)^{1.45} + 4.505 \right) \left( 16 \left( \frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right) (1 - p) \right) \right]^{-1} \quad (4)$$

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Julio 2023



En donde  $\alpha_{bs}$  es el ángulo en la rompiente relativo a la costa (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**),  $H_b$  es la altura de ola en la rompiente,  $c_g$  es la celeridad de grupo en la rompiente,  $L_o$  es la longitud de onda en aguas profundas,  $\rho_s$  y  $\rho_w$  son la densidad de la arena y del agua, respectivamente, y  $p$  es la porosidad de la arena.

En este caso, para el cálculo de las características del oleaje en la rompiente se propaga el oleaje desde el nodo La Aguada 03 (LA03 en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) hasta la rompiente mediante ley de Snell, considerando como criterio de rotura la relación  $H_b/h = 0.6$ .

## ESQUEMA DE DIFERENCIAS FINITAS

Se utiliza un esquema de diferencias finitas para resolver la ecuación diferencial (3), utilizando una malla de paso uniforme desencajada, en que la posición de la línea de costa ( $x_s$ ) se calcula en el centro de las celdas y los flujos de sedimento ( $Q$ ) se calculan en las fronteras (ver Figura 2).

En este esquema  $x'_{si}$ , que es la posición de la línea de costa en el instante  $t + \Delta t$ , se calcula a partir de la posición de la línea de costa en el instante  $t$  ( $x_{si}$ ) y de la tasa de avance de la línea de costa por unidad de tiempo como:

$$x'_{si} = x_{si} + \Delta t \frac{1}{D_s} \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta y} \quad (5)$$

en donde  $i$  se refiere a la posición espacial,  $'$  se refiere al instante  $t + \Delta t$  y la ausencia de  $'$  se refiere al instante  $t$ .

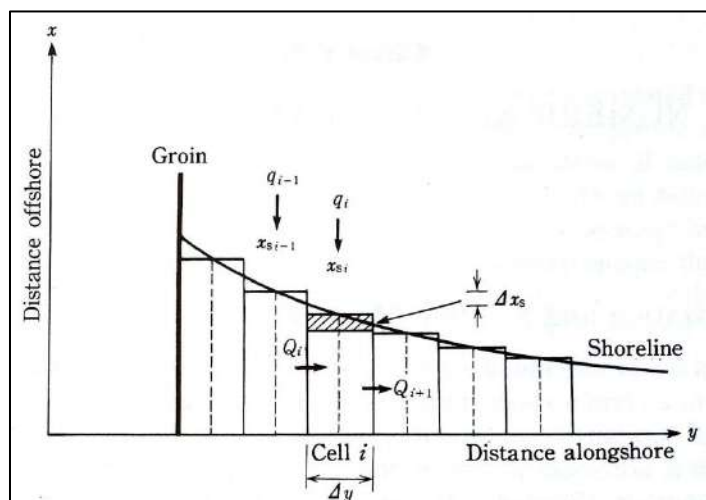


Figura 2 – Esquema de malla descajada para la resolución mediante diferencias finitas de la ecuación diferencial (3), (tomado de figura 4.1 de Horikawa 1988 Part IV).

## CONDICIONES DE CONTORNO Y OBRAS DENTRO DEL DOMINIO DEL CÁLCULO

En la implementación del modelo se utiliza la condición de contorno de playa fija en el extremo norte del arco de playa, la cual se traduce en imponer los caudales entrantes (salientes) en la última celda iguales a los que el dominio aporta a dicha celda, i.e.:

$$Q_1 = Q_2$$

Así como la condición de contorno de transporte entrante pero no saliente en el extremo sur (esto es equivalente a asumir que existe baypass de arena a través de la punta rocosa del Cabo Santa María-Puerto La Paloma y que, además, toda la arena que entra al puerto se devuelve al sistema):

$$Q_{n+1} = 0 \text{ si } Q_n > 0$$

$$Q_{n+1} = Q_n \text{ si } Q_n < 0$$

No se incluye ningún tipo de obra en el dominio de cálculo.

## IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EN VERSIÓN SIMPLIFICADA PARA EL CASO DE LA PALOMA

El modelo se implementa bajo las siguientes hipótesis o consideraciones:

- (a) Que la coordenada  $Oy$  acompaña la curvatura de la playa y que todos los avances y retrocesos ocurren normales a la línea de costa actual. Esto permite llevar el problema de la playa curva a un problema rectilíneo.
- (b) Se toma como forzante del sistema el oleaje del nodo LA03, dado que este es el representativo del oleaje en la zona en que se diseña el relleno.
- (c) Visto que no se calibra el modelo, la evolución del relleno de playa se estima como la diferencia entre la evolución de la línea de costa que proyecta el modelo con el relleno y la que proyecta sin el relleno.

Estas simplificaciones permiten obtener una primera estimación de cómo será la dispersión de los sedimentos en la zona sin necesidad de implementar, calibrar y validar un modelo que reproduzca con precisión la evolución de este tramo de costa.

El modelo de una línea se implementa en todo el arco de playa que va desde La Paloma hasta La Pedrera, utilizando un paso espacial  $\Delta y = 50 \text{ m}$  y un paso de tiempo  $\Delta t = 1 \text{ hr}$ . Se imponen condiciones de línea de costa fija en el extremo Norte y de no egreso de sedimentos en el extremo Sur (Puerto), dejando sí en este caso que haya transporte litoral entrante (*bypass*).

Se asume que la altura total del perfil de playa activo es  $D_S = 7,3 \text{ m}$  constante en todo el dominio.