



Ministerio  
de Ambiente



Uruguay  
Presidencia



Financiado por  
la Unión Europea

Proyecto de Evaluación  
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 DEL CERRO - PLAYA KIYÚ

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

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

## PRODUCTO 2: INFORME DE PROPUESTAS, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y ANTEPROYECTO PARA **PLAYA KIYÚ – SAN JOSÉ**

Mayo 2024

Resumen.....	1
1. Introducción .....	3
2. Puntos estratégicos .....	5
2.1. Playa Kiyú, San José .....	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 .....	9
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 .....	10
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.....	12
3.3.1. Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible Metropolitanas (EROT-M) - Decreto N° 26/2011 (Canelones), Decreto N° 33830/2011 (Montevideo), Decreto N° 3065/2011(San José), Decreto N° 321/011 (Poder Ejecutivo) CANELONES, MONTEIDEO, SAN JOSÉ .....	12
3.4. Instrumentos de ordenamiento territorial departamentales – San José – Playa Kiyú	12
3.4.1. Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Decreto N° 3091/2013 .....	12

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

3.4.2.	Plan Local de Kiyú y sus Vecindades - Decreto N° 3075/2012.....	13
3.4.3.	En elaboración: Revisión Plan Local de Kiyú y sus Vecindades - Octubre 2021	17
4.	Playa Kiyú, San José .....	18
4.1.	Análisis de antecedentes de ordenamiento territorial y urbanos.....	18
4.1.1.	Reconocimiento del ámbito terrotirial de trabajo .....	18
4.1.2.	Recopilación y estudio de algún antecedente con incidencia en la condición de la costa	19
4.1.2.1.	Dinámicas territoriales .....	19
4.1.2.2.	Catastro, propiedad .....	19
4.1.2.3.	Infraestructuras y servicios urbanos.....	21
4.1.2.4.	Ocupación de suelo .....	22
4.1.2.5.	Usos y temporalidad .....	22
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.	Viento y clima marítimo.....	25
4.3.1.	Datos utilizados .....	25
4.3.2.	Viento .....	26
4.3.3.	Nivel de mar .....	29
4.3.4.	Oleaje .....	30
4.3.4.1.	Propagación al sitio.....	30
4.3.5.	Caracterización estadística del clima marítimo .....	33
4.3.5.1.	Régimen medio de viento .....	33
4.3.5.2.	Régimen medio y extremo de nivel de mar .....	33

4.3.5.3. Régimen medio y extremo de oleaje .....	36
4.3.5.4. Régimen conjunto de altura de ola significativa y nivel de mar .....	38
4.3.5.5. Régimen extremo de nivel de mar en playa .....	39
4.4. Evolución histórica de la línea de costa .....	41
4.4.1. Datos utilizados .....	41
4.4.2. Tendencias .....	42
4.4.3. Variabilidad a corto plazo.....	46
4.5. Transporte de sedimentos .....	49
4.6. Resumen de situación actual (línea base) .....	52
4.7. Proyección de evolución de la línea de costa.....	60
4.7.1. Proyección del retroceso por aumento del nivel del mar .....	61
4.8. Diagnóstico de amenazas de inundación costera y erosión de playas .....	63
4.8.1. Amenaza por inundación costera.....	63
4.8.2. Amenaza por erosión de playas.....	65
4.9. Estudio de drenaje pluvial .....	67
4.9.1. Análisis cualitativo del drenaje pluvial .....	67
4.9.2. Estudio hidrológico .....	75
4.9.2.1. Determinación de caudales.....	75
4.10. Propuesta de alternativas .....	76
4.10.1. Criterios de diseño considerados para el diseño conceptual de alternativas ..	80
4.10.2. Alternativa de base .....	80
4.10.3. Alternativas complementarias específicas para la zona 4 (“Parador Chico”) ..	86
4.10.4. Posibles NbS a ser implementadas en la zona .....	88
4.10.5. Consideraciones generales a nivel de ordenamiento territorial .....	89
4.10.5.1. Modelo territorial .....	89

4.10.5.2. Zonificación .....	91
4.10.5.3. Parámetros de ocupación de suelo .....	92
4.10.5.4. Normas para la edificación.....	93
4.10.5.5. Análisis y propuestas urbanas por zonas.....	97
4.10.6. Accesos a la playa .....	103
4.10.7. Alternativas de drenaje pluvial .....	104
4.10.8. Aspectos económicos .....	105
4.11. Alternativa a desarrollar .....	106
4.12. Anteproyecto.....	107
4.12.1. Relleno de playa .....	107
4.12.1.1. Configuración en planta .....	108
4.12.1.2. Perfil tipo del relleno de arena .....	109
4.12.1.3. Procedimiento constructivo y perfil de relleno .....	110
4.12.2. Zona del Parador Chico .....	112
4.12.2.1. Duna con núcleo reforzado .....	113
4.12.2.2. Consideraciones respecto al retiro del Parador Chico.....	113
4.12.3. Medidas basadas en la naturaleza.....	115
4.12.3.1. Cercas captoras de arena.....	115
4.12.3.2. Bosque costero.....	123
4.12.4. Acondicionamiento de drenaje pluvial .....	123
4.12.4.1. Descarga 2 – Este .....	124
4.12.4.1. Descarga 2 – Oeste .....	127
4.12.4.1. Descarga 6 .....	127
4.12.5. Accesos a la playa .....	130
4.12.5.1. Accesibilidad al acceso de la playa.....	131

4.12.5.2. Acceso de la playa.....	132
4.12.6. Plan de monitoreo y seguimiento .....	133
4.12.6.1. Relleno de playa .....	133
4.12.6.2. Duna reforzada en el Parador Chico .....	135
4.12.6.3. Medidas basadas en la naturaleza implementadas.....	136
4.12.7. Aspectos económicos .....	136
4.12.8. Evolución temporal .....	138
4.12.9. Aspectos ambientales.....	140
4.12.10. Recomendaciones para proyecto ejecutivo.....	143
4.12.10.1. Perspectiva de género a considerar en proyecto ejecutivo .....	143

## RESUMEN

En este informe se compilan los estudios realizados para la playa de Kiyú, en el departamento de San José. Se realizó un diagnóstico y análisis de antecedentes para obtener una línea base, a partir de la cual se evaluaron propuestas de alternativas de medidas de adaptación al cambio climático en la zona costera del balneario, luego, para la alternativa seleccionada en conjunto con la contraparte (Ministerio de Ambiente e Intendencia de San José) se realizó el anteproyecto de las medidas.

En el diagnóstico se determinó la situación actual de la playa, teniendo en cuenta la evolución temporal de la línea de costa, el transporte de sedimentos litoral, la variabilidad del perfil de playa, la inundación costera y el retroceso de la barranca. Luego, teniendo en cuenta el aumento de nivel de mar causado por cambio climático, se estudió el retroceso medio de la línea de costa.

A modo de resumen, en el diagnóstico se determinó:

- a. De la evolución histórica de las líneas de costa a partir de imágenes satelitales, se determina un avance en el entorno del Arroyo Mauricio de entre 20 y 30 metros, con un volumen acumulado de arena de 175.000 m<sup>3</sup> en los 28 años analizados.  
En el resto del balneario, no se observa una tendencia clara de avance/retroceso, se nota una intercalación de tramos de avances y retrocesos, concluyendo que se trata de una variabilidad interanual de 10 metros.
- b. Respecto del transporte litoral neto, se determinó una acumulación en el arroyo Mauricio con una tasa de 6.300 m<sup>3</sup>/año.
- c. El aumento de nivel de mar para el año 2050 será de 20 cm y para 2075 de 40 cm.
- d. Causado por el aumento de nivel de mar por cambio climático se determina que para el año 2050 el retroceso de la línea de costa sería de 6 m y para 2075 de 12,8 m.
- e. Además, la zona del Parador Chico es la que presenta mayor riesgo actualmente, y es donde corre riesgo la estructura.

También se analizaron los accesos disponibles, y las descargas pluviales.

Las medidas de adaptación propuestas se tratan de medidas blandas, en la zona central y oeste del balneario, relleno de playa ejecutado como el refulado de la acumulación de

sedimentos en la desembocadura del arroyo Mauricio, buscando obtener un avance de 10 metros, para lo cual se requieren recargas de mantenimiento cada 8 años aproximadamente.

Debido a la distancia que se encuentra el Parador chico del arroyo, y la poca duración del avance de la línea de costa generada con el relleno de playa, se determina que es necesario tomar medidas adicionales, para lo cual se estudiaron tres propuestas:

- a. Relleno de playa con obra de estabilización, como por ejemplo un dique exento de baja cota de coronación
- b. Generar una duna reforzada con núcleo de geotubos para proteger la infraestructura existente
- c. Retiro controlado del Parador Chico

Considerando diversos aspectos de este estudio, en conjunto con los diferentes actores de la contraparte, se decidió diseñar a nivel de anteproyecto las siguientes obras:

1. Relleno de playa en la baja Av. Vista mar, en el Parador Tequila y en la bajada del medio.
2. Duna con núcleo reforzado con geotubos en el Parador Chico
3. Medidas basadas en la naturaleza
  - a. cercas captoras de arena
  - b. bosque costero (manejo de exóticas y plantación de nativas)
  - c. herbáceas dunares
4. Accesos a la costa universales
5. Acondicionamiento de las descargas pluviales
  - a. Descarga al oeste del Parador Chico con dissipador de energía y cuenco de infiltración
  - b. descarga frente al parador tequila con cámaras y dissipador de energía
  - c. descarga frente a baños municipales con “escalera” dissipadora de gaviones

## 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 dos sitios estratégicos escogidos como pilotos por parte del Ministerio de Ambiente y del equipo de trabajo encargado del llamado. Los puntos seleccionados como piloto en este contrato de consultoría son la playa de Kiyú, en el departamento de San José y la playa del Cerro, en el departamento de Montevideo. Las dos 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 2- Playa “Kiyú”**, 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 y la propuesta de alternativas para mitigar la erosión costera tomando en cuenta los aspectos relacionados con el cambio climático.

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

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.

## 2. PUNTOS ESTRATÉGICOS

Por parte del Ministerio de Ambiente, y del equipo de trabajo encargado del llamado, se han seleccionado dos sitios estratégicos como piloto de cada departamento a intervenir. Los puntos seleccionados son la playa de Kiyú en el departamento de San José y la Playa del Cerro en Montevideo.

Las dos playas seleccionadas como áreas de estudio e intervención tienen comportamientos bien diferenciados naturalmente determinados por su ubicación.



*Figura 2-1. Zona de actuación: Playa Kiyú y Playa del Cerro.*

En base a los estudios antecedentes mencionados, se resumen los sitios a estudiar en el proyecto.

### 2.1. PLAYA KIYÚ, SAN JOSÉ

La playa Kiyú, se encuentra ubicada en el departamento de San José, al suroeste de Uruguay, lo que la caracteriza por pertenecer a las costas del Río de la Plata.



*Figura 2-2. Fotografía de la zona, playa Kiyú.*

La playa tiene una forma rectilínea y cuenta con una extensión de aproximadamente 2km de orilla. El área seca de suelo arenoso que comprende la playa tiene un ancho relativamente constante que ronda los 35 m, el cual queda delimitado por la orilla y por barrancos característicos de la zona.

La playa forma parte del paisaje agreste de la zona, siendo habitada principalmente en temporada de verano por turistas locales.



Figura 2-3. Zona de estudio, playa Kiyú, San José.

## 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

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

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 Nº 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 Nº 349/005 del Poder Ejecutivo, de octubre de 2005.

### **3.1.4. CÓDIGO DE AGUAS - DECRETO-LEY Nº 14859/1978 Y SUS MODIFICATIVAS**

El Decreto-Ley Nº 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,

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

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 Nº 10723/1946, LEY Nº 10866/1946 Y SUS MODIFICATIVAS**

Las leyes Nº 10723/1946 y Nº 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 3º 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 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 OCÉANO 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:

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 METROPOLITANAS (EROT-M) - DECRETO N° 26/2011 (CANELONES), DECRETO N° 33830/2011 (MONTEVIDEO), DECRETO N° 3065/2011(SAN JOSÉ), DECRETO N° 321/011 (PODER EJECUTIVO) CANELONES, MONTEVIDEO, SAN JOSÉ**

Las Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible Metropolitanas, se encuentran vigentes desde el año 2011, por la aprobación de los respectivos decretos por las tres juntas departamentales y por el decreto del Poder Ejecutivo. En este caso no se incorporan regulaciones referidas a la faja costera del Río de la Plata.

### **3.4. INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEPARTAMENTALES – SAN JOSÉ – PLAYA KIYÚ**

#### **3.4.1. DIRECTRICES DEPARTAMENTALES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE - DECRETO N° 3091/2013**

El Decreto departamental N° 3091, de Directrices de Ordenamiento Territorial de San José, con vigencia de enero de 2013, “constituyen el instrumento que establece el ordenamiento estructural del territorio departamental, determinando las principales decisiones sobre el proceso de ocupación, desarrollo y uso del mismo” y “tienen como objeto fundamental planificar el desarrollo integrado y ambientalmente sostenible del territorio departamental, mediante el ordenamiento del suelo y la previsión de los procesos de transformación del mismo” (artículo 7).2

El artículo 15 (Recursos Naturales) por el que “se establecen los siguientes objetivos estratégicos en relación a los recursos naturales”, incluye “planificar el desarrollo de los polos

turísticos costeros considerando las características dinámicas del sistema costero, protección de barrancas y arena”.

Por los artículos 27 y 28 (de Directrices para la Protección de Áreas Naturales) “se establece como directriz para la protección de las áreas naturales, el promover su cuidado para lograr su preservación, evitando la instalación de actividades incompatibles con las mismas”, para lo que define que se “tendrán en cuenta las siguientes acciones”, entre las que incluye “preservar la faja costera del Río de la Plata y los ecosistemas involucrados en la misma”.

A su vez, por los artículos 31 y 32 (de Directrices para la Protección y puesta en Valor de los recursos Patrimoniales) se dispone “la protección, y puesta en valor de los recursos patrimoniales como elementos de desarrollo para una política de turismo cultural y de fortalecimiento de las identidades locales a los bienes considerados de valor patrimonial”. Para ello, propone “relevar, inventariar y preservar para la investigación y el conocimiento los sitios arqueológicos” y destaca como tales [...] la costa del Río de la Plata por la presencia de vestigios culturales prehistóricos”.

El Capítulo VII procede a la “Categorización de suelos” y para el Balneario Kiyú remite a “la delimitación del suelo categoría urbana de este centro poblado se encuentra dada por el Plan Local de Ordenamiento Territorial de Balneario Kiyú y sus vecindades” (artículo 55).

### **3.4.2. PLAN LOCAL DE KİYÚ Y SUS VECINDADES - DECRETO N° 3075/2012**

El Decreto N° 3075, con vigencia desde enero de 2012, tiene por objetivos los de: “regular los aspectos urbanísticos específicos”, “orientar y ordenar los procesos territoriales”, “aportar criterios para la ideación, localización y concreción de las principales actuaciones” y “facilitar la acción de la sociedad civil y de los operadores” (artículo 2), para un amplio ámbito territorial que “comprende el Balneario Kiyú, los Arroyos Mauricio y San Gregorio y un importante área rural” (artículo 4).

El artículo 5 (Estrategia de ordenamiento territorial) plantea que la estrategia de ordenamiento territorial [...] se apoyará [entre otros] en “un nuevo acuerdo entre la extraordinaria matriz geográfica natural y la urbanización de Kiyú”.

En el artículo 8 (Lineamiento local sobre la ordenación y valoración del paisaje) dispone que “se privilegiará el paisaje como componente sustantivo del ordenamiento territorial [...]

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

potenciándose y poniéndose en valor”, para lo que “se adoptará una operativa simple por tres grandes organizaciones o unidades de paisaje cultural, con diversos grados de naturalidad”. Una de las tres unidades de paisaje es “las Barrancas y Médanos Costeros” y “tales barrancas y algunos arenales juegan como figura y fondo escénico singular de la playa” ya que “dentro de la misma se encuentran algunas áreas de especial valor ecológico” y subraya que “se trata de una frágil interfase terrestre – marina, en un delicado proceso de transformación”.

Para “las Barrancas y Médanos sobre el Río de la Plata”, por el artículo 9 (Lineamiento local de manejo del Paisaje de Barrancas y de Médanos Costeros), dispone que “se reconocerán como frágiles ecosistemas y como ámbitos territoriales privilegiados de antropización limitada, admitiéndose y regulándose las actividades sobre los mismos sí son compatibles con una adecuada conservación ambiental. Para ese ámbito establece que: “se pondrá en valor tales áreas y paisajes que le dan marca e identidad a Kiyú, haciéndolo de modo compatible con su gran vulnerabilidad ambiental”; “consecuentemente se procederá a la conservación de los barrancos costeros y ámbitos dunares”; “minimizándose la realización de nuevas obras públicas y privadas sobre las mismas”; “promoviéndose la conservación de su cobertura vegetal, en especial de aquellas áreas ecológicamente de mayor valor como algunos chircales y relictos de monte psámofilo”; “gestionándose la contención, rehabilitación y mitigación ambiental de los puntos más críticos”; “poniéndose en valor las actuales ‘bajadas’ vehiculares a la playa, no abriéndose nuevas”; “velándose estrictamente por la no circulación de vehículos particulares por la playa y a campo traviesa por los barrancos costeros” y “se restringirá la apertura de nuevos fraccionamientos de naturaleza urbana sobre la Faja de Defensa de Costas del Río de la Plata a lo largo de todo el ámbito”.

Consecuentemente, en el artículo 11 (Lineamiento local de manejo del Balneario, conteniéndose y orientándose las expansiones urbanas) se establece, como “pauta rectora”, únicamente “habilitar de modo gradual nuevos fraccionamientos urbanos “interiores”, promoviéndose su apertura fundada en una demanda real y efectiva del mercado y su concordancia con la sostenibilidad ambiental del conjunto”, junto con “la reducción del impacto hidrológico dentro del conjunto del fraccionamiento, resolviéndose dentro del mismo [...] de los drenajes pluviales” y “desalentar la expansión urbana continua sobre el litoral del Río de la Plata, promoviéndose a futuro la eventual apertura en otros puntos de la costa de San José”.

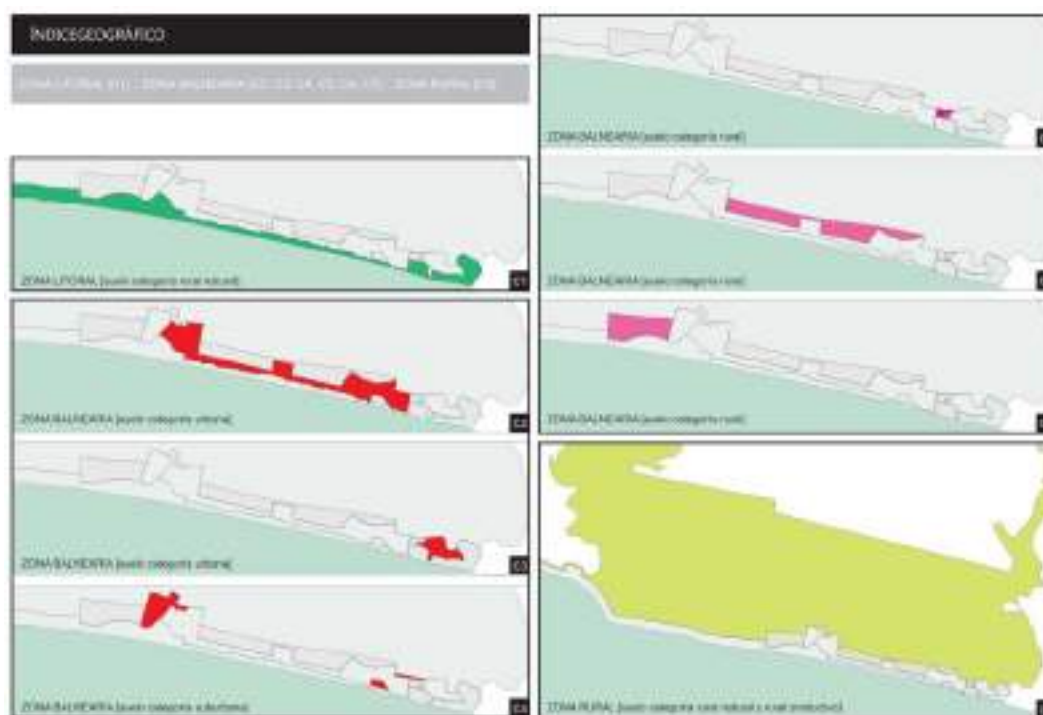


Figura 3-1. Plano 7 - Kiyú - Zona Litoral (C1); Zona Balnearia: (C2, C3, C4, C5, C6 y C7); Zona Rural (C8)

Por el artículo 19 (Zonas Territoriales) “se reconocen con fuerza de Lineamiento local de ordenamiento territorial grandes zonas dentro del territorio en estudio: una Zona Litoral (C1); una Zona Balnearia: Fraccionamientos Kiyú, Vista al Mar y oeste de Ordeig (C2), este del Fraccionamiento Ordeig y otros espacios enclavados (C3, C4, C5), campos contiguos al norte de la avenida Ibirapitá (C6), campo al norte de camino costero el oeste de Kiyú (C7); y una gran Zona Rural (C8)”

En el artículo 20. (Definición y delimitación Zona Litoral) se dispone que “comprende la banda de suelo terrestre-costera del Río de la Plata ubicada dentro del ámbito” e incluye: “las playas con barrancas, que son dominantes, y algunas playas con dunas, y humedales costeros”, “la Faja de Defensa de Costas” y “algunas áreas litorales remanentes, activas y/o de valor singular que se extienden al interior del territorio en una superficie mayor a la Faja de Defensa de Costas”. Seguidamente, apunta que “dentro de la Zona Litoral se reconocen las siguientes Áreas de Alta Singularidad” y los describe: “la Boca del Mauricio, que comprende humedales costeros, y los arenales originariamente no previstos para el uso residencial urbano en el contiguo fraccionamiento aprobado de Ordeig”; “las Bajadas de Parador Grande, del Medio y

Chico, con diversos procesos de retroacción de los barrancos”; “el Chircal del Camino del Indio, ubicado entre el límite superior de la playa, el actual borde urbanizado oeste de Kiyú, el Camino del Indio y la Bajada de la Guitarra”; “un cordón de dunas semimóviles localizado entre la Bajada de la Guitarra y la Cañada Los Ceibos” y “un relicto de monte psamófilo ubicado próximo a la Cañada Los Ceibos”.

Por el artículo 23 (Zona Litoral. Lineamiento Local de categorización del suelo) establece que “la Zona Litoral se califica como Suelo Categoría Rural, subcategoría Rural Natural”.



Figura 3-2. Plano 8- Kiyú - Inventario Local de Paisajes a Preservar

El artículo 38 (Inventario Local de Paisajes a Preservar) define que “el Inventario Local de Paisajes a preservar está constituido por “las Barrancas de Mauricio y San Gregorio” lo que “comprende las playas con barrancas, que son dominantes, y algunas playas con dunas, y humedales costeros”; “el Arroyo Mauricio, sus humedales, planicies inundables y otros ámbitos contiguos de valor ecológico; “la Cañada Los Ceibos, también incluidos sus humedales, planicies inundables y otros ámbitos contiguos de valor ecológico” y “el Arroyo San Gregorio, con sus humedales, planicies inundables y otros ámbitos contiguos de valor ecológico”.

Específicamente, en el artículo 45 (Sobre el manejo ambiental del suelo urbano y suburbano) dispone que “se exigirá y/o procederá a la gestión de los desagües pluviales a los efectos de

obtener un impacto hidrológico cero o mínimo, esto es, el no aumento de tales aportes a los predios lindantes por encima del valor pre-existente al emprendimiento en cuestión”.

Y en el artículo 46 (Sobre el tipo de calles y calzadas verdes) se establece que, “en concordancia con el carácter de ‘área parque’ de todo Kiyú y de un manejo ambientalmente amigable, en las calles y calzadas se procederá de la siguiente manera: “la pavimentación será permeable, reduciéndose la aplicación de pavimentos impermeables como bitumen o similar a vías jerarquizadas, previo proyecto de los drenajes correspondientes”; “no se aplicarán cordones cunetas”; “las áreas de calzadas preferentemente se mantendrán empastadas con vegetación para minimizar la erosión y lograr escurrimientos más lentos” y “se minimizarán y amortiguarán los drenajes y canalizaciones hacia los barrancos y médanos costeros”.

Tabla 3-1. Parámetros Urbanísticos - Área de Playa Kiyú

Zona	Categoría	Área mín.	Frente mín.	FOS máx.	FOT máx.	Permeab. FIS mín.	Altura máx.
	de suelo	m <sup>2</sup>	m	%	%	%	m
C1	R Natural	50.000	100	200m <sup>2</sup>			8,30
C2	Urbano	450	14	50	80	70	8,30
C3	Urbano	500	17	40	60	55	8,30
C4	Urbano	500	25	40	40	55	8,30
C7	Rural	5.000	50	20	30	25	8,30
C8	R N y Prod	50.000	100	500+500m <sup>2</sup>			8,30

Fuente: Artículos 48 a 87 del Plan Local de Kiyú y sus Vecindades

### 3.4.3. EN ELABORACIÓN: REVISIÓN PLAN LOCAL DE KIYÚ Y SUS VECINDADES - OCTUBRE 2021

Por Resolución de 13 de octubre de 2021 la Intendencia Departamental de San José dio inicio a la Revisión del Plan Local de Kiyú y sus Vecindades, con el objetivo de “retomar cuestiones

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

que no pudieron ser estudiadas en profundidad como la planificación derivada, así como contemplar nuevas situaciones y demandas territoriales que han surgido a lo largo de estos 10 años desde la puesta en práctica del instrumento”. A la fecha no se ha publicado ningún avance ni se ha convocado ninguna instancia de participación.

## **4. PLAYA KIYÚ, SAN JOSÉ**

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

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

El ámbito territorial costero que se analiza está comprendido entre el arroyo Mauricio, en el este y el camino La Guitarra (o camino A Puntas de Valdez o Carretera a Kiyú) por el oeste. Se trata de tres fraccionamientos balnearios: Ordeig, Vista Mar y Kiyú.

Se trata de una muy angosta localidad extendida en el alto borde del barranco costero (Barrancas de Mauricio y San Gregorio).

Son algo menos de 7 kilómetros del frente costero que corresponden a los fraccionamientos balnearios, que verifican un ancho dominante de menos de 100 metros, junto con ensanchamientos de entre 300 y hasta 700 metros hacia el interior, en los casos de Ordeig, Vista Mar (ambos en el este) y dos pequeños tramos en Kiyú, uno central (coincidente con el camino De Munch) y otro en el extremo oeste, sobre el camino La Guitarra (que lleva al camino A Puntas de Valdez o Carretera A Kiyú).

Se trata de una realidad urbana, de algo más de medio siglo que expone una importante uniformidad de paisaje y desarrollo estable.

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

### **4.1.2.1. Dinámicas territoriales**

Se trata de un ámbito urbano muy estable, con muy baja dinámica inmobiliaria y escasa renovación, aunque se registran limitadas incorporaciones de obra nueva y renovaciones. El comienzo del fraccionamiento es reciente, se inició en 1955, seguido por un lento proceso y la ocupación del territorio.

La estrecha franja fraccionada se desenvuelve estructurada a lo largo de una única vía muy rectilínea paralela a la costa, la avenida Ibirapitá (conocida también como Costanera), que se extiende entre el camino Mauricio y la calle Caburé y se prolonga, sinuosa y alejándose algo de la costa, entre esta calle y el camino La Guitarra. En este sector, del extremo oeste, subsiste una extensa área rural y un sector amanzanado y fraccionado que aún se encuentra sin ocupar.

Su característica más notable está constituida por ser una estrecha banda urbanizada en el borde superior de la barranca, con apenas cinco bajadas a la playa, peatonales y mediante escaleras. Las vías vehiculares se acercan donde los barrancos registran estructura escalonada. Son las situaciones del Parador del Medio (“Tequila” actualmente), la Zona Náutica y el Parador Chico, ya en área rural. En el este de Ordeig la baja pendiente arenosa, en lugar de la barranca, permite también el acercamiento vehicular a la playa.

El principal atractivo es la playa, con sus barrancas y arenas, así como los paisajes que resultan de su peculiar topografía.

### **4.1.2.2. Catastro, propiedad**

En la mayor parte de su recorrido, la avenida Ibirapitá constituye el límite norte del fraccionamiento Kiyú, por lo que corre entre suelo rural y suelo urbano, excepto en Vista Mar, que queda al norte de esta avenida.

En estos fraccionamientos, a unos 30 metros al sur de Ibirapitá corre paralela la calle Mbiguá. Las manzanas resultantes registran padrones doble frente. Al otro lado de Mbiguá, en algunos sectores, existen otros padrones, también con doble frente, uno a la calle y otro al río. En el extremo oeste, Mbiguá se aleja de Ibirapitá y entre ellas corre otra calle: Yerutí.

Siempre en Kiyú, al norte de Ibirapitá existen dos núcleos amanzanados. Uno pequeño en el eje, sobre el camino De Munch y otro, de mayor extensión, en el extremo oeste, alejándose de la costa y con un trazado de calles curvas concéntricas.

El balneario Vista Mar tiene un orden parecido a Kiyú, aunque con amanzanado menos regular y, además, se extiende al norte de Ibirapitá, también con manzanas de mayor superficie. Incorpora un gesto singular con la fuerte diagonal de la avenida Vista Mar, con cantero al medio.

En ambos balnearios, las manzanas costeras son muy oblongas, paralelas a la costa. Los padrones son en general de forma muy regular, con superficies apenas superiores a los 400 metros cuadrados. La excepción está constituida por los padrones con frente a la calle y frente al río, donde algunos de ellos llegan a los 700 metros cuadrados, producto de que el costado sur es sinuoso, siguiendo el borde natural del barranco.

La estructura del balneario Ordeig responde a otra lógica organizacional. Son dos núcleos amanzanados, separados por una cuña verde de suelo rural, al este de la cual se diluye el barranco. Estos amanzanados se comunican por la calle Luis I. Ordeig, en el límite norte en el borde con el suelo rural.

En todo el amanzanado se verifica la existencia de padrones mayores aleatoriamente localizados. Para algunos de ellos puede presumirse la fusión de padrones o que se encuentran en espera para su posterior fraccionamiento.

Una vez realizada la consulta sobre la titularidad de los padrones en la faja costera, localizados entre la costa y la calzada vehicular más próxima (rambla), se verifica que la casi totalidad de los mismos son de propiedad privada.

Los padrones N° 2 y N° 17818, del Balneario Kiyú, son de propiedad de la Intendencia Departamental de San José y están destinados a espacio público: mirador en el extremo sur de la calle Tié y explanada de estacionamiento al este del Parador Chico, respectivamente.

El gran Padrón costero N° 17815, al este del Parador Chico, donde se localiza el sector de camping, es propiedad del Instituto Nacional de Colonización.

A su vez, sobre el Padrón N° 876, donde se localiza el Parador Chico, no se registra información acerca de la propiedad.

Tampoco se registra información sobre otros dos padrones en el Balneario Kiyú: el N° 171, donde se localizan dependencias y el tanque de la OSE, y el Padrón N° 57, en que se observan construcciones, aparentemente de vivienda, y donde se acumulan objetos muy diversos y chatarras.

En el Balneario Vista Mar, no se registra información sobre dos grandes padrones, que son el resultado de una reciente operación de fraccionamiento: el Padrón N° 19710, que coincide con la faja costera de 150 metros y es de categoría rural natural, y el gran Padrón N° 228, interior, que es de categoría sub urbano y que está también vacante, como el anterior.

Finalmente, para el Padrón N° 356 del Balneario Ordeig, en el que se localiza el Parador Surí, tampoco se registra información.

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

Los tres fraccionamientos cuentan con algunas infraestructuras urbanas: red de agua potable, red de energía eléctrica y telefonía fija. Cuenta además con red de iluminación pública mínima asociada a la red vial principal y algunos espacios públicos, no así, en general, en las costaneras de acceso a la costa. No existe saneamiento.

La casi totalidad de las calles previstas en los fraccionamientos y que conforman el amanzanado, tienen calzada vehicular, en general de pavimento granular (balasto), con perfil rural con cunetas encespadas y alcantarillas formalizadas para entrada a los padrones. Solamente el continuo vial, constituido por el camino Mauricio, la avenida Ibirapitá, el bulevar Uruguay (que se aleja de la costa en el extremo oeste de Kiyú) y el camino A Puntas de Valdez (o Carretera A Kiyú), que cuenta con pavimentación de base asfáltica.

Carece de aceras peatonales u otra infraestructura, aparte de algún escaso espacio público, que son, en general, espacios verdes arbolados, apenas equipados con algún mobiliario mínimo. La excepción son los decks de madera, construidos a modo de miradores, en el borde del barranco.

No existe terminal o resguardos de paradas para el servicio transporte público de ómnibus, une con Libertad y con Puntas de Valdés, que aumenta sus frecuencias en temporada.

La existencia del barranco genera una peculiar organización de accesos a la playa, reducidos en su número a una decena, en que las oportunidades en que la topografía lo permite. La mayoría de ellos son informales, en forma de simples sendas peatonales originadas por el

paso de los peatones. La excepción está constituida por cinco accesos con diferente grado de consolidación mediante obras al efecto: dos de ellos en Ordeig (calle de 17 metros y Camino A Mauricio) y tres en Kiyú (Parador del Medio, estacionamiento en Rambla Mainumbí y Parador Chico). También existen accesos precarios instalados por los propietarios de los padrones con fondo al barranco, los que, en general, plantean afectaciones de erosión, sumados al manejo de las aguas pluviales.

#### **4.1.2.4. Ocupación de suelo**

La ocupación de suelo es muy baja, con mucho suelo libre, enjardinado. Se trata, en casi la totalidad de los padrones, de viviendas unifamiliares de un único nivel, ya que son muy excepcionales las construcciones de hasta dos plantas. La edificación suele encontrarse en el centro del predio, próxima a su frente principal y rodeada de jardín. En todo el ámbito, son todavía abundantes los padrones sin ocupar.

Obviamente, en los grandes padrones vacantes insertos en la trama amanzanada, así como en los predios rurales de gran superficie en el oeste, no existe ocupación ninguna de suelo. En esta última zona solamente se encuentra el Parador Chico y el camping Kiyú, con sus servicios (localizados en un padrón de menor área enclavado).

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

La condición balnearia lleva a la existencia de numerosos servicios, en su gran mayoría desactivados la mayor parte del año y con funcionamiento en temporada estival, únicamente. Los servicios tienden a concentrarse sobre la avenida Ibirapitá y la calle Mbiguá, particularmente en las zonas en que existen manzanas al norte de la primera de las nombradas.

Se desarrolla actividad de pesca artesanal, la que registra frecuencia zafra, con un mínimo de unas cuatro barcas permanentes, que crecen en el orden de una veintena en épocas de captura, de acuerdo con las oscilaciones de recurso y la evolución en la salinidad del río.

El lugar de bajada de las embarcaciones al río constituye una fuente de tensiones sociales. Si bien los pescadores entienden que la mejor ubicación sería en el extremo este del fraccionamiento Ordeig, en el cul de sac vial existente, el lugar resulta imposible para el arrastre de las embarcaciones en las dunas, por lo cual se tiene a utilizar la bajada en el extremo de la calle Suri, unos 600 metros al oeste, en un área poblada. La bajada de la calle

Carancho (intermedia entre ambas) es menos utilizada debido a la dificultad de arrastre y la distancia al pavimento firme, aunque se trata de una zona menos poblada.

En la costa se localizan el Parador del Medio (en un escalón del barranco) y el Parador Chico (casi sobre la playa), acompañados por servicios higiénicos y casetas de guardavidas.

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

Como resulta consistente con su condición de urbanización balnearia, el conjunto urbano tiene escasa población permanente, la que, seguramente, se ve multiplicada por cinco en temporada veraniega, así como sustancialmente aumentada los fines de semana, el resto del año.

Se verifica que la mayoría de las edificaciones existentes son de vivienda, un número importante está constituida por segunda residencia y, en menor medida, para residencia permanente de la escasa población permanente. Las viviendas ofrecidas en arriendo son muy pocas, aunque existe un par de establecimientos de hospedaje.

Los movimientos zafrales, propios de la actividad pesquera, traen importante número de población flotante, de los pescadores y, en muchos casos, con sus familias. En la mayoría de los casos, con condiciones de residencia sumamente precarias e irregulares.

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

El principal patrimonio del ámbito es, sin duda, la particular topografía costera, con las barrancas de Mauricio y San Gregorio, muy caracterizadas y de gran singularidad en el país. Constituyen un rico paisaje antropizado sumamente frágil.

Asimismo, el sistema dunar en el este, en la costa del balneario Ordeig y la desembocadura del arroyo Kiyú, ofrecen una alternativa de paisaje agreste, también valioso, el que, como el caso anterior, exige gestión específica para su protección.

El área de forestación exótica en la zona oeste, hasta la desembocadura del arroyo San Gregorio, ha recibido atención especial y en ella se ha implantado el “Sendero ecoarqueológico Camino del Indio”.

Además, la peculiar urbanización en una delgada franja sobre éstas, con su integración y contraste urbano-rural inmediatos, constituye un interesante patrimonio cultural.

#### **4.1.2.8. Marco legal de ordenamiento territorial**

El Departamento de San José ha desarrollado un sistema de legislación territorial a partir de la vigencia de la Ley N° 18308 en 2008. El Plan Local de Kiyú y sus Vecindades es de 2012. En octubre de 2021 la Intendencia comunicó el inicio del proceso para su revisión, sin otra noticia a la fecha.

## **4.2. VISITA AL SITIO**

El 24 de agosto de 2023, se realizó la recorrida de campo en conjunto con la contraparte de la Intendencia de San José y del Ministerio de ambiente, en el marco del proyecto para el reconocimiento del espacio a intervenir y de su área de influencia. Se recorrió la playa “Kiyú”, registrando el estado de las playas, protecciones, accesos, vegetación, áreas de parque, descargas pluviales y se observaron en sitio las dificultades existentes para la bajada de embarcaciones de pesca.



## 4.3. VIENTO Y CLIMA MARÍTIMO

### 4.3.1. DATOS UTILIZADOS

Se utilizan las siguientes series de datos:

- Viento y oleaje del reanálisis global ERA5.
- Viento medido en Pontón de Recalada.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

- Nivel de mar medido por ANP en el Puerto de Montevideo.
- 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 ERA-5 correspondiente al nodo (35°S, 57°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 4-1 presenta una comparación de cuantiles de la velocidad de viento del reanálisis con la velocidad de viento medida en la estación de Pontón de Recalada. Se observa que el reanálisis tiende a subestimar la velocidad de viento medida, por lo que se procede a realizar una corrección por cuantiles según se describe a continuación.

La velocidad de viento del reanálisis se corrige mediante una función de la forma

$$V^*(t) = A(\theta)V(t)^{B(\theta)} + C(\theta)$$

en donde los coeficientes  $A(\theta)$ ,  $B(\theta)$  y  $C(\theta)$  dependen de la dirección del viento y se estiman a partir de gráficos de cuantiles similares a los de la Figura 4-1, pero calculados para distintas ventanas direccionales. En la calibración de los parámetros se utilizan únicamente los datos simultáneos de ERA5 y medidos en Pontón de Recalada.

La Figura 4-2 presenta los coeficientes direccionales  $A(\theta)$ ,  $B(\theta)$  y  $C(\theta)$  obtenidos. La Figura 4-3 presenta la comparación de cuantiles entre la velocidad de viento del reanálisis corregida y la velocidad de viento medida en Pontón de Recalada; se observa que el reanálisis corregido reproduce adecuadamente las velocidades de viento medidas en el mar.

Por último, la Figura 4-4 compara el histograma de frecuencias de la dirección de viento del reanálisis con el obtenido a partir de los datos medidos en Pontón de Recalada. Nuevamente, se observa que el reanálisis reproduce adecuadamente la dirección del viento observada en la estación marítima.

Se concluye por tanto que la serie de viento del reanálisis ERA-5, con velocidades de viento corregidas, reproduce adecuadamente el viento medido en el mar en la zona de estudio, tanto en términos de velocidad como en términos de dirección. Por lo que en el resto del estudio se utilizó únicamente esta serie de viento, sin recurrir a los datos medidos.

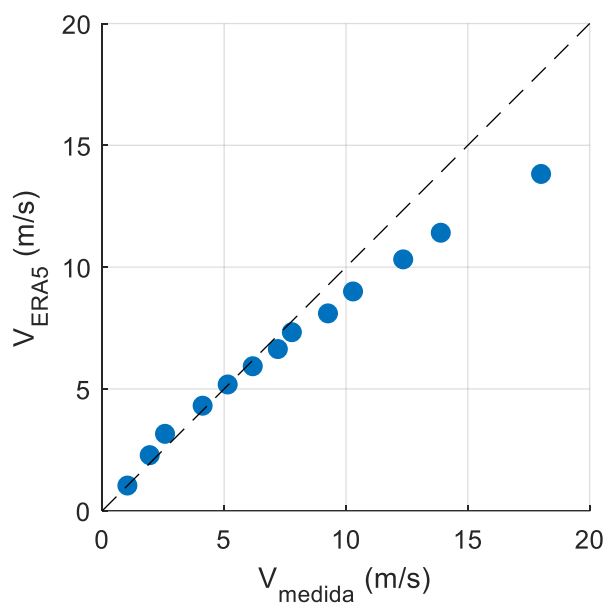


Figura 4-1 – Gráfico de cuantiles de velocidad de viento sin calibrar (datos simultáneos,  $p=[1\ 5\ 10:90\ 95\ 99]$ ).

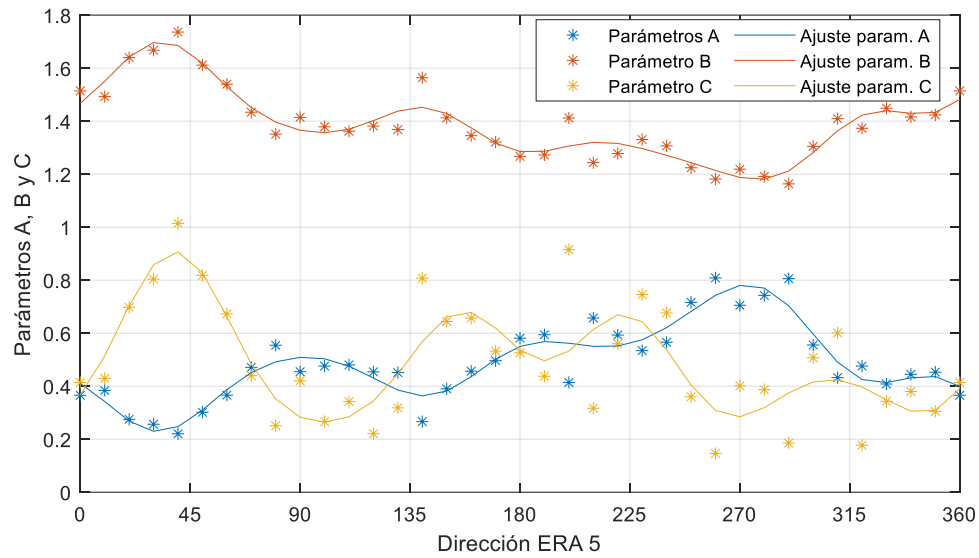


Figura 4-2 – Coeficientes direccionales de calibración de la velocidad de viento del reanálisis ERA 5.

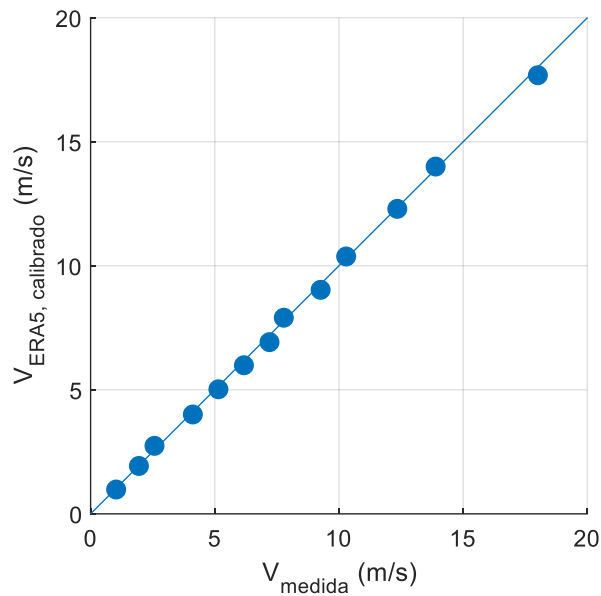


Figura 4-3 – Gráfico de cuantiles de velocidad de viento corregida (datos simultáneos, probabilidades [1%, 5%, 10%, 20%, ..., 90%, 95%, 99%]).

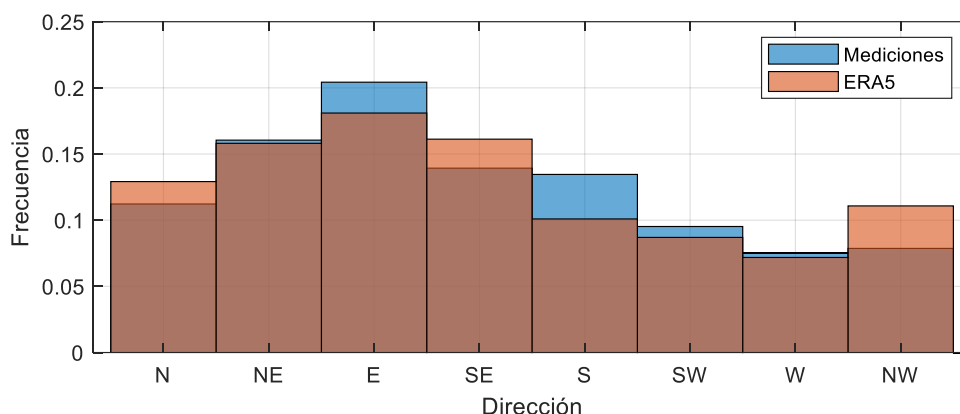


Figura 4-4 – Histogramas de frecuencia de dirección de viento contruidos usando únicamente datos simultáneos entre el reanálisis y las series medidas.

### 4.3.3. NIVEL DE MAR

Se construyó una serie continua de paso horario de nivel de mar en Montevideo mediante el siguiente procedimiento:

1. Se toma la serie medida en el puerto de Montevideo por ANP y, en aquellos casos en que el registro se realiza con paso de tiempo menor al horario, se toma para cada hora el promedio de los registros disponibles para dicha hora. Esta serie presenta datos faltantes en varios períodos, pero tiene los años 2019 y 2020 completos.
2. Se utiliza la serie anterior para corregir mediante *quantile mapping* los datos del *hindcast* GTSM, obteniéndose una serie horaria sin datos faltantes para el período 1979-2018. La Figura 4-5 presenta la comparación de cuantiles de la serie de niveles de mar medida con la del *hindcast* GTSM; se observa que, una vez aplicada la corrección, el *hindcast* reproduce adecuadamente los niveles de mar medidos.
3. Se completa la serie de datos corregidos GTSM con los datos medidos por ANP del período 2019-2020.

Como resultado final se tiene una serie horaria de datos de nivel de mar que cubre el período 1979 hasta 2020 inclusive.

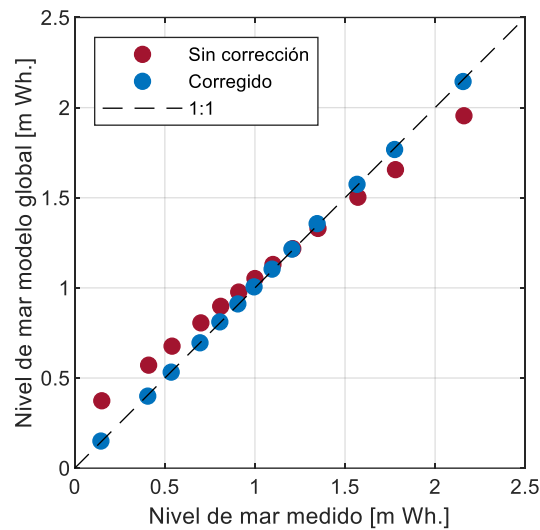


Figura 4-5 – Comparación de cuantiles de los datos de nivel de mar medidos en el puerto de Montevideo y del hindcast GTSM sin corregir y corregido (probabilidades [1%,5%,10%,20%,...,90%,95%,99%]).

Finalmente, a la serie GTSM en Montevideo corregida y extendida con las mediciones ANP (i.e. GTSM-ANP-MVD), se le aplica una nueva corrección para trasladarla a Kiyú. Para esta corrección, se recurre al *hindcast* del IMFIA como referencia de las variaciones espaciales de nivel en el Río de la Plata. Esto se realizó obteniendo los coeficientes de corrección del método *quantile mapping* que ajustan la serie en Montevideo a la serie en Kiyú (ambas del *hindcast* del IMFIA), y utilizando estos coeficientes para trasladar la serie GTSM-ANP-MVD a la zona de estudio.

#### 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).

Los resultados del modelo, en lo que respecta a la malla gruesa, se validaron usando datos medidos por una boya oceanográfica fondeada en el punto 56.27° W -34.93° S en el marco del proyecto Gas Sayago. La Figura 4-7 presenta la comparación de los datos medidos y modelados (solo datos simultáneos) en términos de distribuciones de probabilidad,

presentando el gráfico de cuantiles y la comparación de los histogramas de frecuencia para la altura de ola significativa espectral, la dirección media y el período medio. Se observa que los resultados son buenos para los tres parámetros considerados.

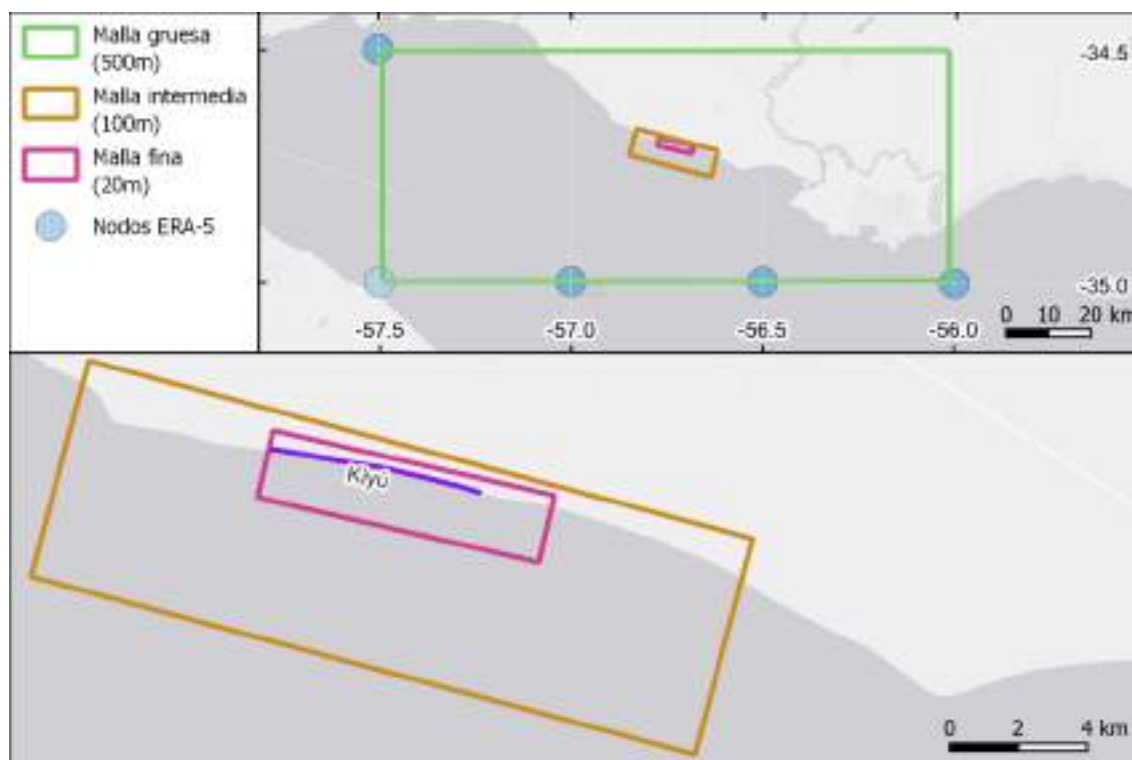


Figura 4-6 – Mallas utilizadas en el modelo SWAN para la propagación del oleaje.

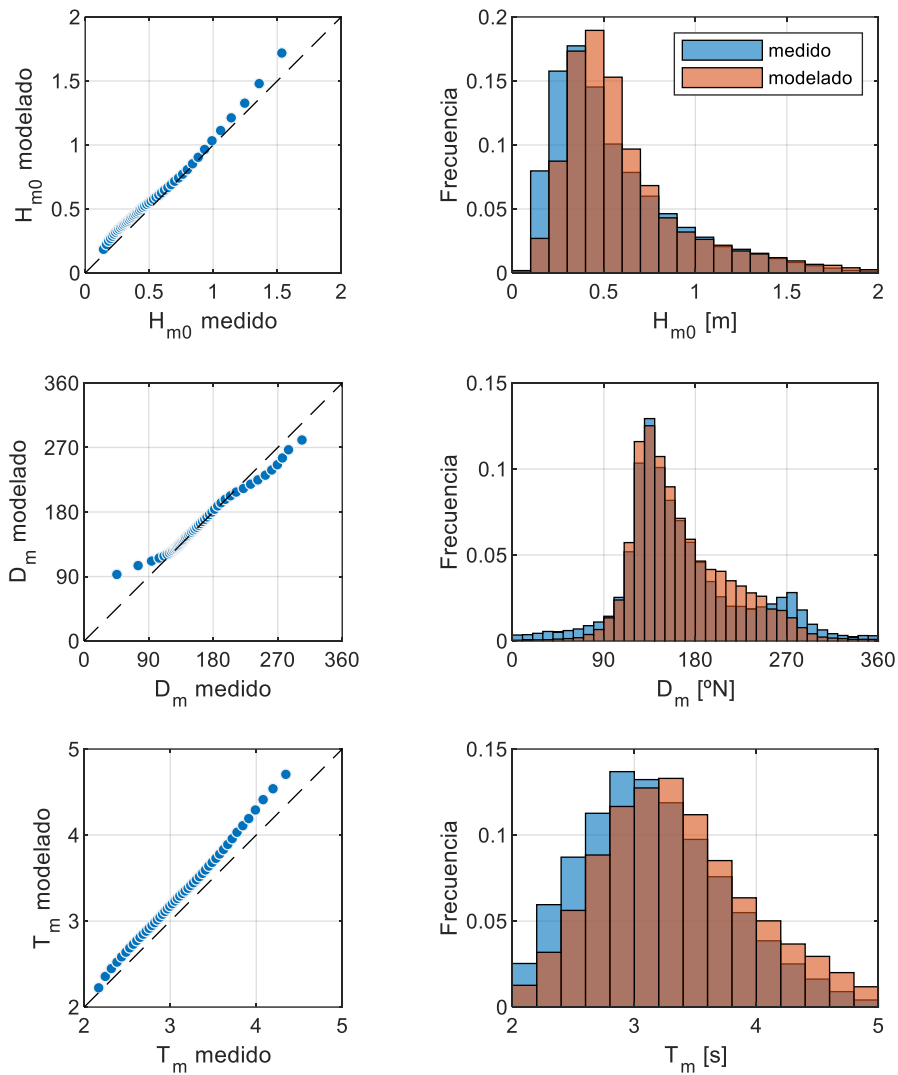


Figura 4-7 – Validación del modelo de propagación y generación de oleaje: gráficos de cuantiles (izq.; probabilidades 2% a 98%, cada 2%) y comparación de distribuciones de probabilidad (der.), para altura de ola significativa (arriba), dirección media (centro) y período medio (abajo).

### 4.3.5. CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL CLIMA MARÍTIMO

#### 4.3.5.1. Régimen medio de viento

La Figura 4-8 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	0.6%	0.6%	0.5%	0.5%	0.6%	0.6%	0.5%	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.5%	0.6%	7%
2-4	1.3%	1.6%	1.4%	1.2%	1.3%	1.5%	1.2%	0.8%	0.6%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.8%	1.3%	1.3%	16%
4-6	1.6%	1.9%	1.8%	1.5%	1.7%	2.0%	1.5%	1.0%	0.7%	0.7%	0.6%	0.7%	0.7%	1.0%	1.5%	1.3%	20%
6-8	1.5%	1.9%	1.6%	1.6%	1.8%	2.1%	1.5%	1.0%	0.8%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.9%	1.2%	1.0%	20%
8-10	0.9%	1.4%	1.3%	1.2%	1.5%	1.8%	1.2%	1.0%	0.8%	0.7%	0.7%	0.6%	0.5%	0.7%	0.9%	0.7%	16%
10-12	0.4%	0.7%	0.9%	0.8%	1.0%	1.2%	0.9%	0.8%	0.6%	0.6%	0.6%	0.5%	0.4%	0.4%	0.5%	0.4%	11%
12-14	0.2%	0.2%	0.4%	0.4%	0.6%	0.6%	0.5%	0.6%	0.4%	0.4%	0.4%	0.3%	0.2%	0.2%	0.3%	0.1%	6%
14-16	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.2%	0.3%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	3%
16-18	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	1%
18-20	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%
20-22	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%	0.0%	0.0%	0%
22-24	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%	0.0%	0.0%	0%
Total	7%	8%	8%	8%	9%	10%	8%	6%	5%	4%	4%	4%	4%	4%	6%	6%	100%

Figura 4-8 -- 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 4-9 presenta la distribución de probabilidad acumulada empírica (régimen medio) del nivel de mar en Kiyú. 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 de referencia la serie de máximos anuales de nivel de mar medido por ANP 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. Por lo tanto, los datos de base para el análisis de extremos, i.e. máximos anuales medidos en el puerto de Montevideo, se trasladaron a Kiyú considerando

la relación entre el nivel de mar en Montevideo y Kiyú que se obtiene del hindcast del IMFIA y se muestra en la Figura 4-10.

Para la caracterización del régimen de extremos se ajusta una distribución de Gumbel a la serie de máximos anuales medida en Montevideo por ANP y trasladada a Kiyú a partir del *hindcast* del IMFIA, 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 4-11 presenta el régimen de extremos de nivel de mar obtenido.

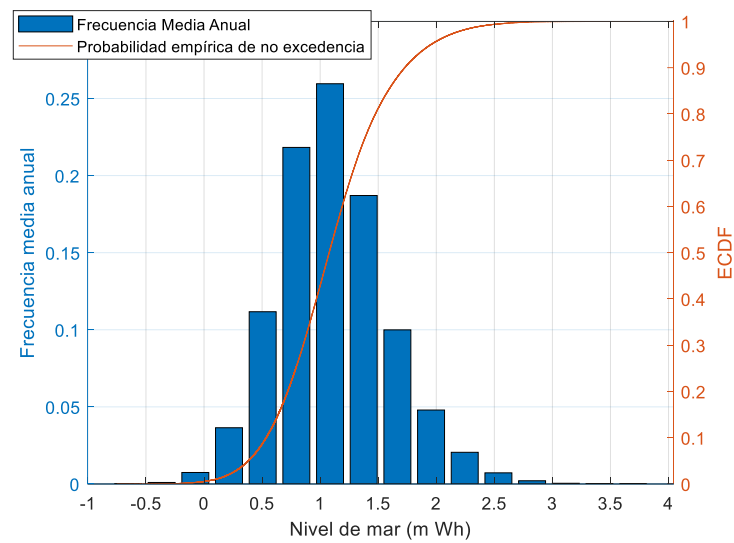


Figura 4-9 -Régimen medio de nivel de mar en Kiyú. Distribución empírica de frecuencias acumuladas e histograma de frecuencia de ocurrencia de la serie de niveles descripta en la sección 4.3.3.

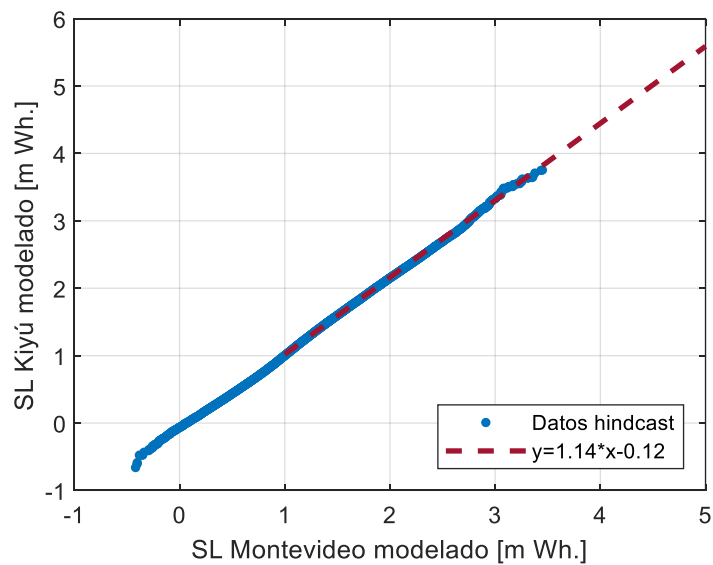


Figura 4-10 -Relación entre el nivel de mar (SL) en Kiyú y Montevideo obtenida a partir de los datos del hindcast del IMFIA.

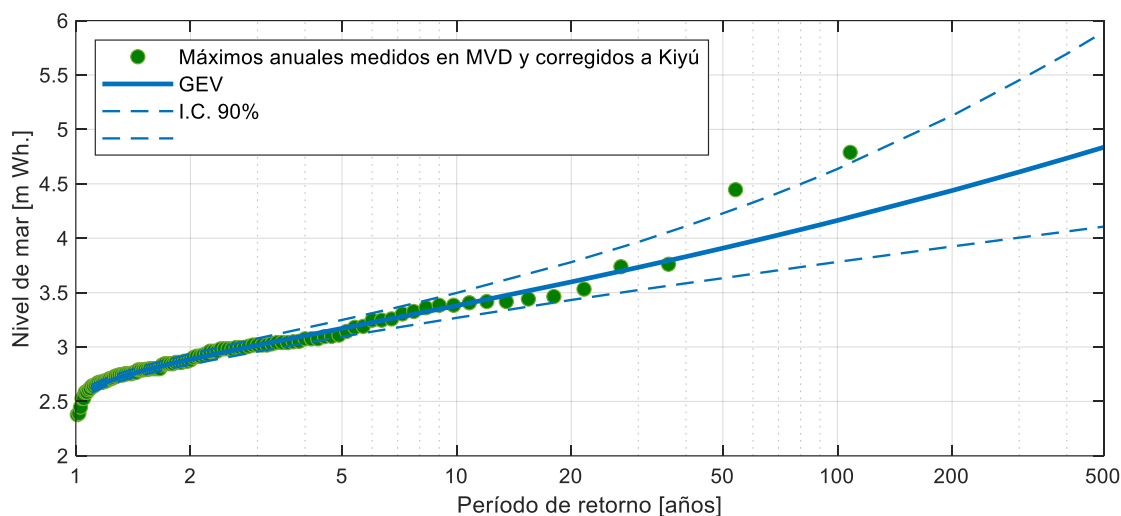


Figura 4-11 -Régimen de extremos del nivel de mar en Kiyú, estimado a partir de la serie de máximos anuales medida por ANP en el puerto de Montevideo y trasladada a Kiyú en base al reanálisis del IMFIA.

#### 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 de la playa Kiyú-Ordeig (ver Figura 4-12). 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 “KYU04”.

A continuación, se presentan el régimen medio anual conjunto de ocurrencia de; altura de ola significativa y dirección media (Figura 4-13), altura de ola significativa y período medio (Figura 4-14), y período y dirección medias (Figura 4-15). Por último, la Figura 4-16 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 4-12 - Ubicación de nodos de referencia en los que se saca el oleaje frente a la playa de Kiyú -Ordeig

Hs(m)-Dm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-0.5	0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	1.6%	4.7%	15.8%	17.2%	9.6%	6.7%	5.9%	4.2%	2.0%	0.5%	0.2%	0.1%	69%
0.5-1.0	0.0%		0.0%	0.0%	0.1%	1.1%	4.9%	5.0%	4.2%	3.1%	2.2%	2.0%	1.3%	0.1%	0.0%	0.0%	24%
1.0-1.5						0.0%	0.2%	1.0%	1.5%	1.4%	1.1%	0.6%	0.1%	0.0%			6%
1.5-2.0							0.0%	0.1%	0.2%	0.3%	0.2%	0.0%					1%
2.0-2.5								0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0%
2.5-3.0									0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0%
3.0-3.5																	
Total	0%	0%	0%	0%	2%	6%	21%	23%	16%	11%	9%	7%	3%	1%	0%	0%	100%

Figura 4-13 - Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa (Hs) y dirección media (Dm) en el nodo KYU04.

Hs(m)-Tm(s)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
0-0.5	2.5%	27.7%	27.0%	9.5%	2.3%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%		69%
0.5-1.0	0.0%	6.8%	15.7%	1.4%	0.0%							24%
1.0-1.5		0.0%	2.8%	3.1%	0.0%							6%
1.5-2.0			0.0%	0.7%	0.1%							1%
2.0-2.5				0.0%	0.1%							0%
2.5-3.0				0.0%	0.0%							0%
3.0-3.5												
Total	3%	34%	46%	15%	2%	0%	0%	0%	0%	0%		100%

Figura 4-14 - Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa (Hs) y período medio (Tm) en el nodo KYU04.

Tm(s)-Dm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
2	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.8%	0.6%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	3%
3	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.8%	4.7%	8.7%	3.8%	2.6%	2.7%	3.5%	3.9%	2.7%	0.5%	0.1%	0.1%	34%
4					0.0%	0.5%	10.7%	11.8%	8.4%	6.3%	4.6%	2.6%	0.5%	0.0%			46%
5						0.0%	1.2%	5.8%	3.9%	2.2%	1.1%	0.3%	0.0%				15%
6							0.1%	1.5%	0.6%	0.2%	0.0%	0.0%					2%
7							0.0%	0.3%	0.1%	0.0%							0%
8							0.0%	0.0%	0.0%								0%
9								0.0%	0.0%								0%
10								0.0%									0%
11								0.0%									0%
12																	
Total	0%	0%	0%	0%	2%	6%	21%	23%	16%	11%	9%	7%	3%	1%	0%	0%	100%

Figura 4-15 - Frecuencia media anual conjunta de período (Tm) y dirección (Dm) medias en el nodo KYU04.

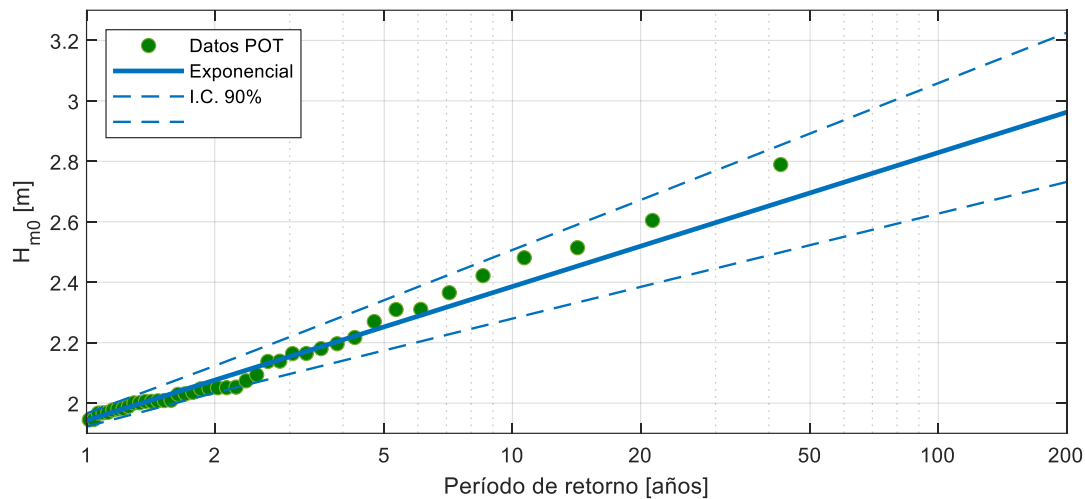


Figura 4-16 - Régimen de extremos de altura de ola significativa en el nodo KYU04

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

La Figura 4-17 presenta el régimen medio anual conjunto de altura de ola significativa en el punto “KYU04” y la serie de datos de nivel de mar en Kiyú construida a partir de combinar datos medidos y de *hindcast* (ver sección 4.3.3).

Hs (m) -SL (mWh)	-1 - -0.5	-0.5 a 0	0 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	Total
0-0.5	0.0%	0.5%	7.2%	29.3%	27.1%	5.0%	0.3%	0.0%		69%
0.5-1.0	0.0%	0.0%	0.8%	4.7%	10.0%	6.8%	1.5%	0.1%	0.0%	24%
1.0-1.5		0.0%	0.0%	0.3%	1.2%	2.5%	1.6%	0.3%	0.0%	6%
1.5-2.0			0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.3%	0.2%	0.0%	1%
2.0-2.5				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%
2.5-3.0							0.0%	0.0%	0.0%	0%
3.0-3.5										
Total	0%	1%	8%	34%	38%	14%	4%	1%	0%	100%

Figura 4-17.- Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa en el nodo KYU 04 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 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 Stokdon 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 4-12. La pendiente de playa típica de la zona se obtiene de los relevamientos locales suministrados por la contraparte, utilizándose un valor uniforme igual a 5% para todo el arco de playa.

2. Se suma la serie horaria de nivel de mar descrita en la sección 4.3.3 (i.e. nivel de mar en puerto) 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.

<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>

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 ANP en el puerto de Montevideo y corregida a Kiyú. De esta forma, se obtiene 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 4-18 presenta el régimen extremo de nivel de mar total en playa estimado a partir de los resultados en el nodo “KYU04”. Se observa que el set-up aporta unos 20 cm a los valores extremos de nivel de mar en playa respecto a los de nivel de mar en puerto, para 100 años de período de retorno, y aporta 25 cm si se consideran 500 años de período de retorno.

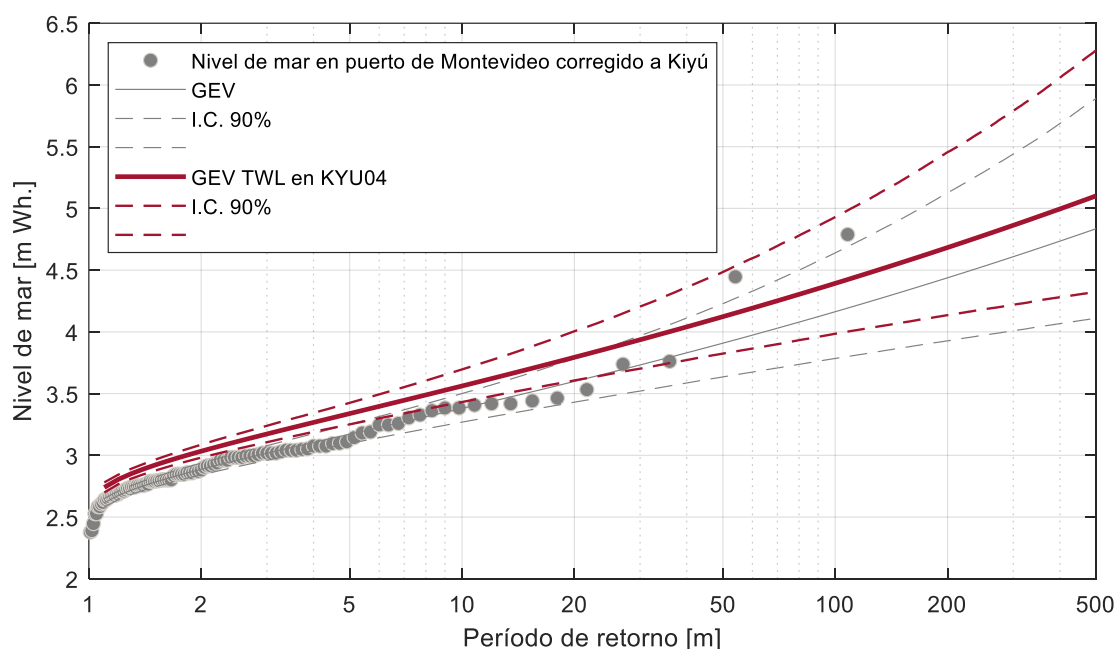


Figura 4-18 – Régimen de extremos del nivel de mar total en playa (TWL, en rojo) junto con el régimen de extremos del nivel de mar en puerto (en gris, ídem Figura 4-11).

## 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 permite; descargar las imágenes satelitales de las colecciones Sentinel 2 y Landsat 5, 7, 8 y 9 desde Google Earth Engine, aumentar su resolución mediante un algoritmo de *pansharpenning*, y finalmente identificar 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 64 perfiles a lo largo de la zona de estudio (ver Figura 4-19).

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 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.

---

<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>

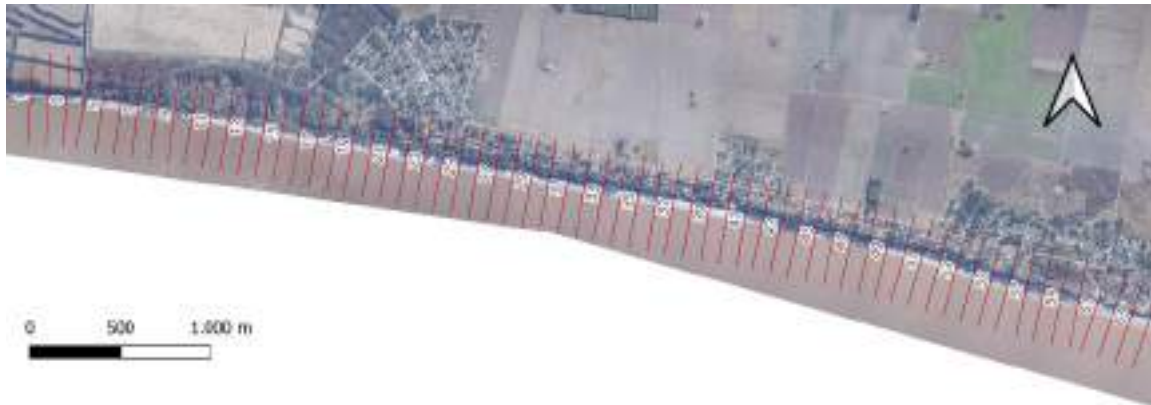


Figura 4-19 – Localización de los perfiles utilizados para el análisis de la evolución de la línea de costa a partir de imágenes satelitales.

#### 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 períodos de 10 años (1985-1994, 1995-2004, 2005-2014 y 2015-2022) y de 5 años (1985-1989, 1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014, 2015-2019 y 2020-2022).
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 del último bloque y la mediana de los bloques anteriores, dividido la diferencia de años entre ambos. 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 playa suministrados por la Intendencia de San José 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:

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

<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.

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 4-12). Para ubicar en planta la curva correspondiente a la profundidad de cierre se utiliza la batimetría local suministrada por la Intendencia de San José. Esta curva se presenta en la Figura 4-20.

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.

La mediana de la posición de la línea de costa se realiza considerando períodos de 5 y 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 4-21 muestra el cambio medio anual en la mediana de posición de la línea de costa de la playa Kiyú-Ordeig entre la actualidad (2015-2022) y los períodos 1985-1994 (arriba), 1995-2004 (centro) y 2005-2014 (abajo) para cada perfil. Los avances o retrocesos en los diferentes tramos y las tasas de cambio dependen del período de comparación. Por ejemplo, se puede observar un retroceso en el perfil 22 si se compara su posición entre 1985-1994 y 2015-2022, mientras que entre 1995-2014 y 2015-2022 se registró un avance.

La Figura 4-22 muestra el cambio en la posición de la mediana de la línea de costa para bloques de cinco años, tanto para el promedio de todos los perfiles (línea negra) como para perfiles seleccionados (líneas punteadas). En este gráfico se aprecia que la línea de costa

experimentó un retroceso durante varios períodos consecutivos y luego alterna entre avance y retroceso en un rango aproximado de -4 m y 2 m. Sin embargo, al observar el comportamiento de algunos perfiles para estos mismos bloques temporales, se ve que éstos no siguen el mismo comportamiento de la media. A su vez, la variación por perfil presentó cambios que pueden llegar desde -10 m hasta 10 m respecto a la mediana total.

Los resultados del análisis de tendencia a largo plazo muestran que; (1) no se existen tendencias de avance o retroceso significativo de la línea de costa en el largo plazo y (2) la posición de la mediana de la línea de costa presenta una variabilidad del orden de los 10 m en períodos de 5 años. Por lo que, con el objetivo de que las tendencias temporales parciales no influyan en la posición de la línea de costa actual, la misma se define como la mediana de todos los datos.



*Figura 4-20 - Curva correspondiente a la profundidad de cierre.*

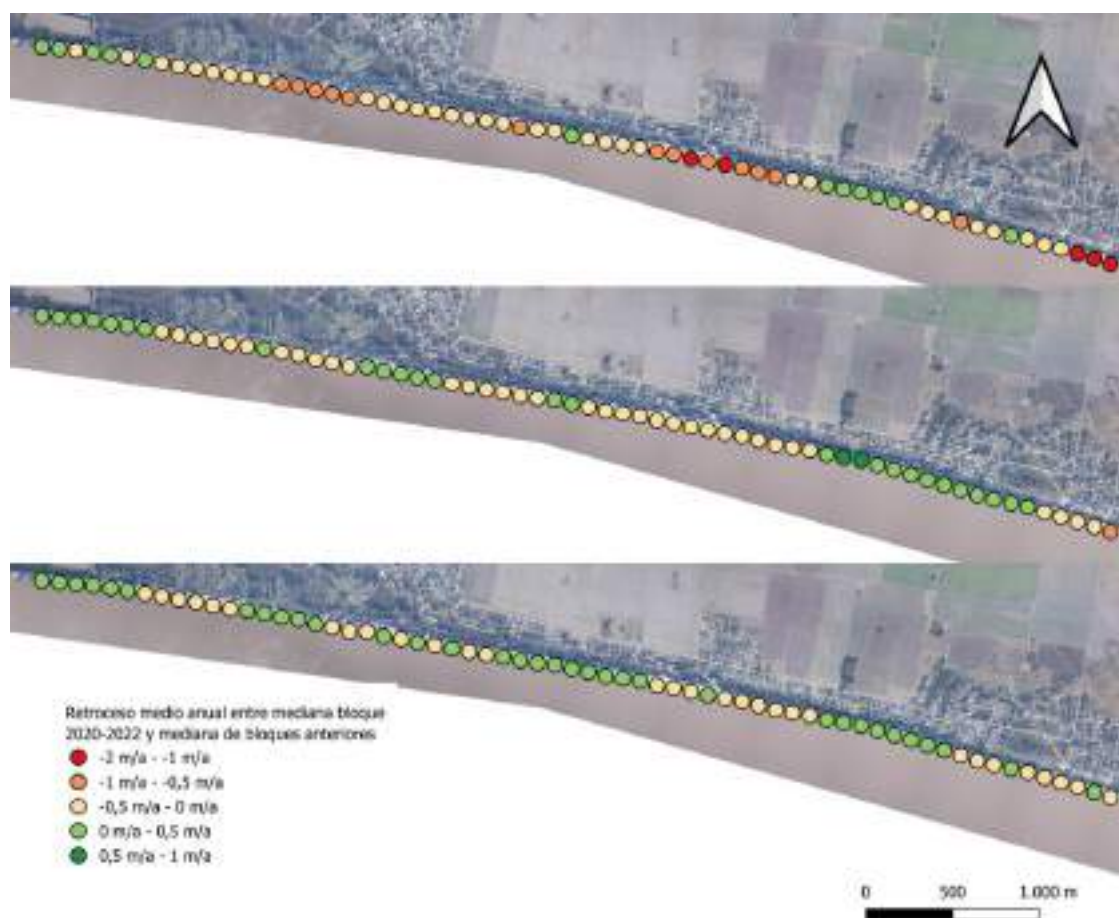


Figura 4-21 - Cambio medio anual en la posición de la línea de costa entre mediana 2015-2022 y mediana 1985-1994 (arriba), mediana 1995-2004 (centro) y mediana 2005-2014 (abajo). Valores negativos (positivos) corresponden a retroceso (avance).

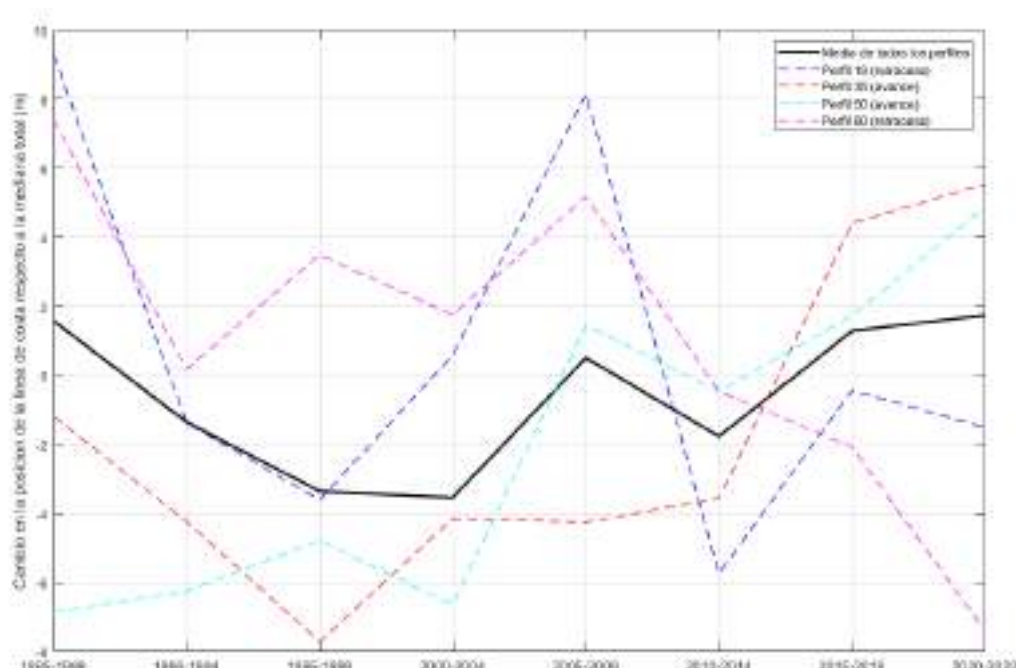


Figura 4-22 - Cambio en la posición de la mediana de la línea de costa para bloques de cinco años, tanto para el promedio de todos los perfiles (línea negra) como para perfiles seleccionados (líneas punteadas).

Extendiendo este análisis a la zona de influencia de la desembocadura del arroyo Mauricio, si se aprecia una tendencia de cambio en la posición de la línea de costa (ver Figura 4-23). Se trata de un avance de entre 20 y 30 m entre los períodos 1985-1994 y 2015 – 2022.



Figura 4-23.- Cambio medio anual en la posición de la línea de costa entre mediana 2015-2022 (en negro) y mediana 1985-1994 (en rojo). Zona de influencia de la desembocadura del arroyo Mauricio.

#### 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

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

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:

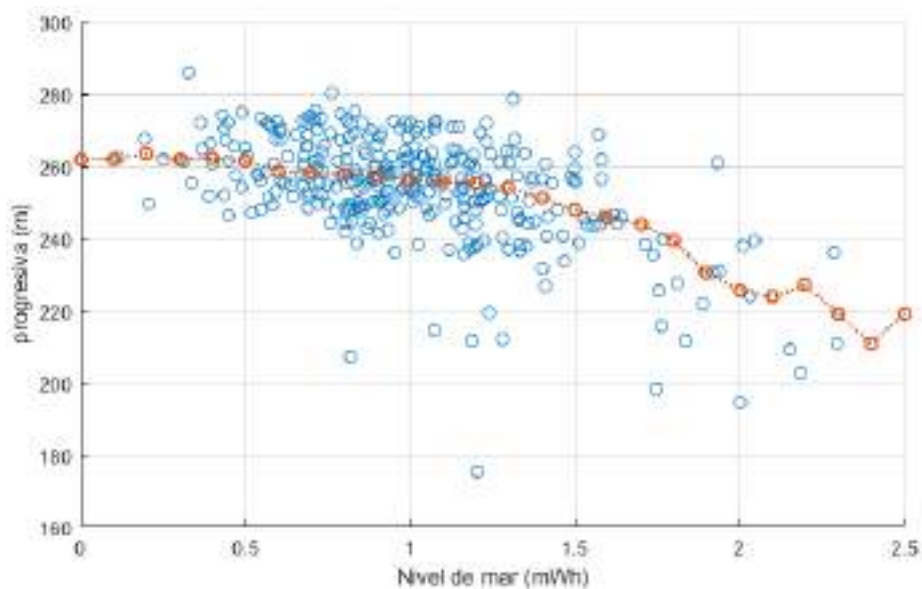
1. Se utiliza únicamente la información satelital obtenida desde 2013 en adelante, dado que en este período se dispone de un volumen de información significativamente mayor al disponible en el período previo a 2013, producto de la incorporación de las imágenes de los satélites Landsat 8, Sentinel 2 y, más recientemente, Landsat 9.
2. Para el análisis se seleccionan únicamente algunos perfiles en los que no se ha observado una tendencia de cambio en la posición de la línea de costa en el período 2013 – actualidad. En la Figura 4-26 se presenta la evolución durante este período en uno de estos perfiles seleccionados para el análisis.
3. Se determina el nivel de mar medido en el puerto de Montevideo y corregido a Kiyú (ver sección 4.3.3) 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 en el puerto.
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 la estimación del perfil de playa a partir de las imágenes satelitales que se presenta en la Figura 4-24).
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 4-25.
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.

Cabe señalar que para la corrección de la línea de costa por efecto del nivel se podía haber usado el perfil de playa medido, proporcionado por la Intendencia de San José. Sin embargo,

dicho perfil es instantáneo y, por tanto, se prefirió utilizar el método descrito previamente, el cual permite hacer una estimación del perfil de playa medio a partir de las imágenes satelitales.

Este procedimiento de análisis se aplicó a los perfiles que presentan mayor estabilidad en el período reciente. Los resultados obtenidos muestran resultados similares para todos los perfiles, por lo que el retroceso para todos los perfiles fue determinado como la media de los retrocesos calculados, obteniendo los siguientes resultados:

- Retroceso del perfil de 10 años de período de retorno: 27 m.
- Retroceso del perfil de 100 años de período de retorno: 32 m.



*Figura 4-24 – Progresiva de la línea de costa y nivel de mar concomitante (puntos azules). Mediana de la progresiva para cada nivel de mar (puntos naranjas), las cuales en su conjunto se interpretan como un perfil de playa medio.*

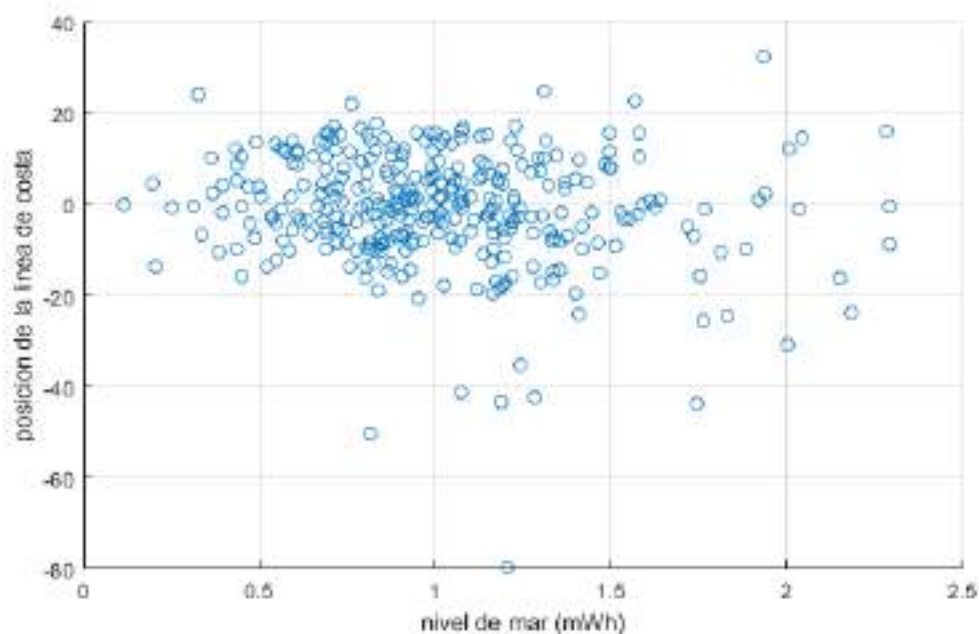


Figura 4-25 – Avance/retroceso del perfil de playa respecto al perfil de playa medio en la cota correspondiente al nivel de mar concomitante.

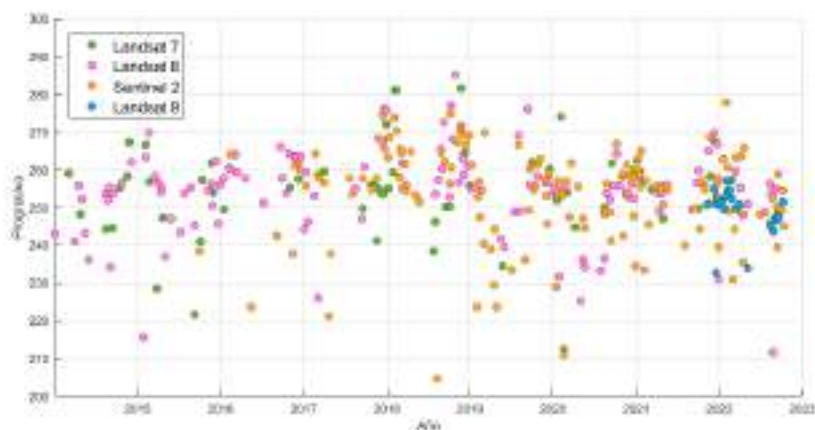


Figura 4-26 – Evolución de la progresiva de la línea de costa en el perfil 26 para el período 2014-2022.

## 4.5. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

En este tramo de costa el transporte de sedimentos en playa está controlado mayoritariamente por efecto del oleaje, siendo los transportes de origen fluvial y eólico de

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

segundo orden en la morfodinámica de las playas (ver e.g. Teixeira et al. 2012<sup>5</sup>, Solari et al. 2018<sup>6</sup>). Se procede por tanto a estimar únicamente el transporte potencial litoral de arena generado por el oleaje.

Se calcula el transporte litoral potencial en cada uno de los perfiles de playa ya utilizados para el análisis de la evolución de la línea de costa (ver Figura 4-19), utilizando para ello la fórmula del CERC:

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

Usando el coeficiente de calibración  $k_{cerc}$  propuesto por Mil-Homens et al. (2013)<sup>7</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 4-12) hasta la rompiente mediante ley de Snell y conservación de la energía, 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 (ver esquema de la Figura 4-27).

Para la estimación del transporte neto se utiliza el ángulo perpendicular a la dirección de la playa. La Figura 4-28 muestra el transporte potencial neto para diferentes perfiles en la playa de Kiyú-Ordeig; el transporte neto anual es similar en todos los perfiles, con un valor promedio para toda la playa de aproximadamente 6700 m<sup>3</sup>/año.

<sup>5</sup> Teixeira, L., Piedra-Cueva, I., Solari, S., 2012. The influence of fluvial and maritime processes in shaping the eastern coast of the upper Rio de la Plata estuary, in: River Flow 2012 - Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics.

<sup>6</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>

<sup>7</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>

Realizando este mismo cálculo en un perfil ubicado al este de la zona de influencia de la desembocadura del arroyo Mauricio, donde la orientación de la costa presenta una rotación horaria de  $10^\circ$  respecto a la orientación predominante en Kiyú-Ordeig se obtiene un transporte neto anual de  $13000 \text{ m}^3/\text{año}$  (Ver Figura 4-29). Este superávit de sedimento es consistente con el avance del delta del arroyo Mauricio presentado en la Figura 4-23.

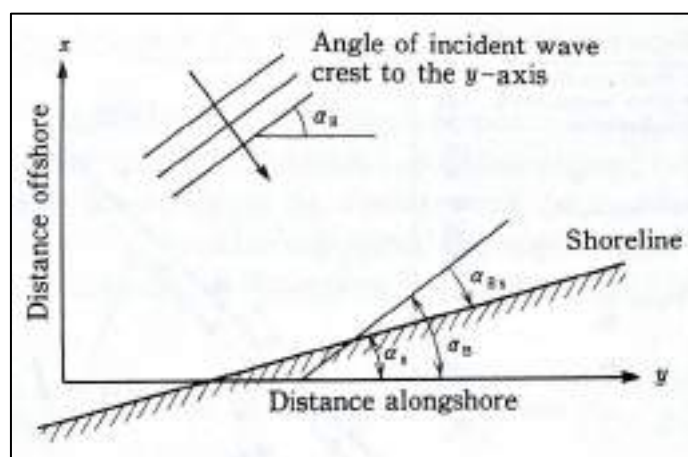


Figura 4-27 – Convención de ángulos (tomado de Figura 3.2 de Horikawa 1988 Part IV<sup>8</sup>).

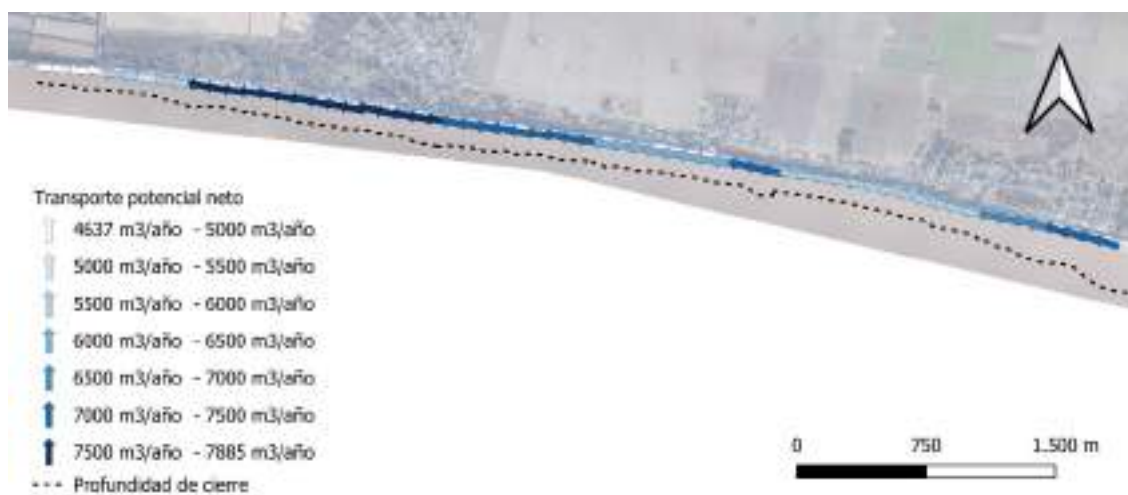


Figura 4-28 – Transporte litoral neto estimado para cada uno de los perfiles de playa y profundidad de cierre.

<sup>8</sup> Horikawa, Kiyoshi, ed. 1988. Nearshore Dynamics and Coastal Processes. Theory, Measurement, and Predictive Models. University of Tokyo Press.



Figura 4-29 - Transporte litoral neto estimado en perfiles al este y al oeste de la zona de influencia de la desembocadura del arroyo Mauricio.

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

La playa Kiyú-Ordeig presenta un transporte litoral neto hacia el oeste (ver sección 4.5) con un potencial de transporte litoral neto del orden de 6700 m³ anuales en toda la zona, sin diferencias importantes entre ellos, no detectándose un desbalance de sedimentos en esta área. Sin embargo, ampliando el área de análisis hacia el este de la desembocadura del arroyo Mauricio, se observa un transporte litoral neto de 13.000 m³ anuales, por lo que este sistema ampliado presenta un superávit de sedimentos de 6.300 m³ anuales aprox. en promedio.

Del análisis de las imágenes satelitales se desprende que no hay avances ni retrocesos significativos en la línea de costa de la playa Kiyú-Ordeig desde 1985 a la actualidad (ver sección 4.4.2). Por otra parte, cabe destacar que se observó una importante variabilidad, del orden de los 10 m en 5 años, en la posición de la línea de costa entre los diferentes períodos estudiados. Por su parte, en la zona de influencia de la desembocadura del arroyo Mauricio se observó un avance de entre 20 y 30 m de la posición de la línea de costa en un período de 30 años, lo que da cuenta que el superávit de transporte litoral identificado se estaría acumulando en esta zona.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

El análisis de variabilidad de la posición del perfil de playa (sección 4.4.3) muestra que se necesitan en promedio 27 m (32 m) de playa para atender los eventos de erosión de período de retorno 10 años (100 años) (Tr10 y Tr100 respectivamente). Al analizar la disponibilidad de espacio actual para absorber estos eventos, se identifica a la zona recuadrada en negro en la Figura 4-31 como la más comprometida por la proximidad entre el retroceso esperado para el evento Tr100 y el pie de barranca, y la presencia de construcciones próximas al borde de la barranca. A su vez, se llama la atención sobre otra zona (recuadro amarillo, Figura 4-31) porque si bien la playa presenta más espacio para absorber los eventos extremos, la proximidad de las construcciones al borde de la barranca (ver Figura 4-32) pueden ameritar prestarle particular atención.

Contrastando con el visualizador IDEUY<sup>9</sup> la foto aérea de 1966 con una reciente no se aprecian retrocesos de la barranca en los tramos señalados en el párrafo anterior (ver Figura 4-43). Sin embargo, si se aprecia un retroceso de las barrancas en el tramo inmediatamente al oeste del Deck de Ordeig (ver Figura 4-34) el cual es consistente con el aspecto que presenta la barranca en esta zona (Figura 4-35). Por lo tanto, se concluye que, si bien el ancho medio de la playa durante los últimos 50 años ha permitido proteger la barranca de la acción del mar en las zonas identificadas como más comprometidas, los resultados obtenidos muestran que el margen para que este ancho medio disminuya es exiguo, y si esto ocurre es esperable un retroceso de las barrancas como el ocurrido en el tramo inmediatamente al oeste del Deck de Ordeig.

Otra de las zonas en donde hay registros de problemas de erosión es la zona del Parador Chico (perfiles 17 a 19 en Figura 4-19). A partir de la erosión ocurrida por un evento con un nivel de mar de 3.28 m Wharton registrado en el Puerto de Colonia ocurrido en 2012, al año siguiente se implementaron medidas de generación de dunas, además de una serie de acciones complementarias, que propiciaron mejoras para esta zona de la costa (Carro et al., 2018)<sup>10</sup>. La Figura 4-36 muestra una fotografía de las cercas captoras en funcionamiento; observándose una acumulación de arena alrededor de estas, lo cual muestra que los anchos de playa disponibles permitirían, con este tipo de medidas, generar una duna por delante de la barranca en los otros tramos de la playa Kiyú-Ordeig.

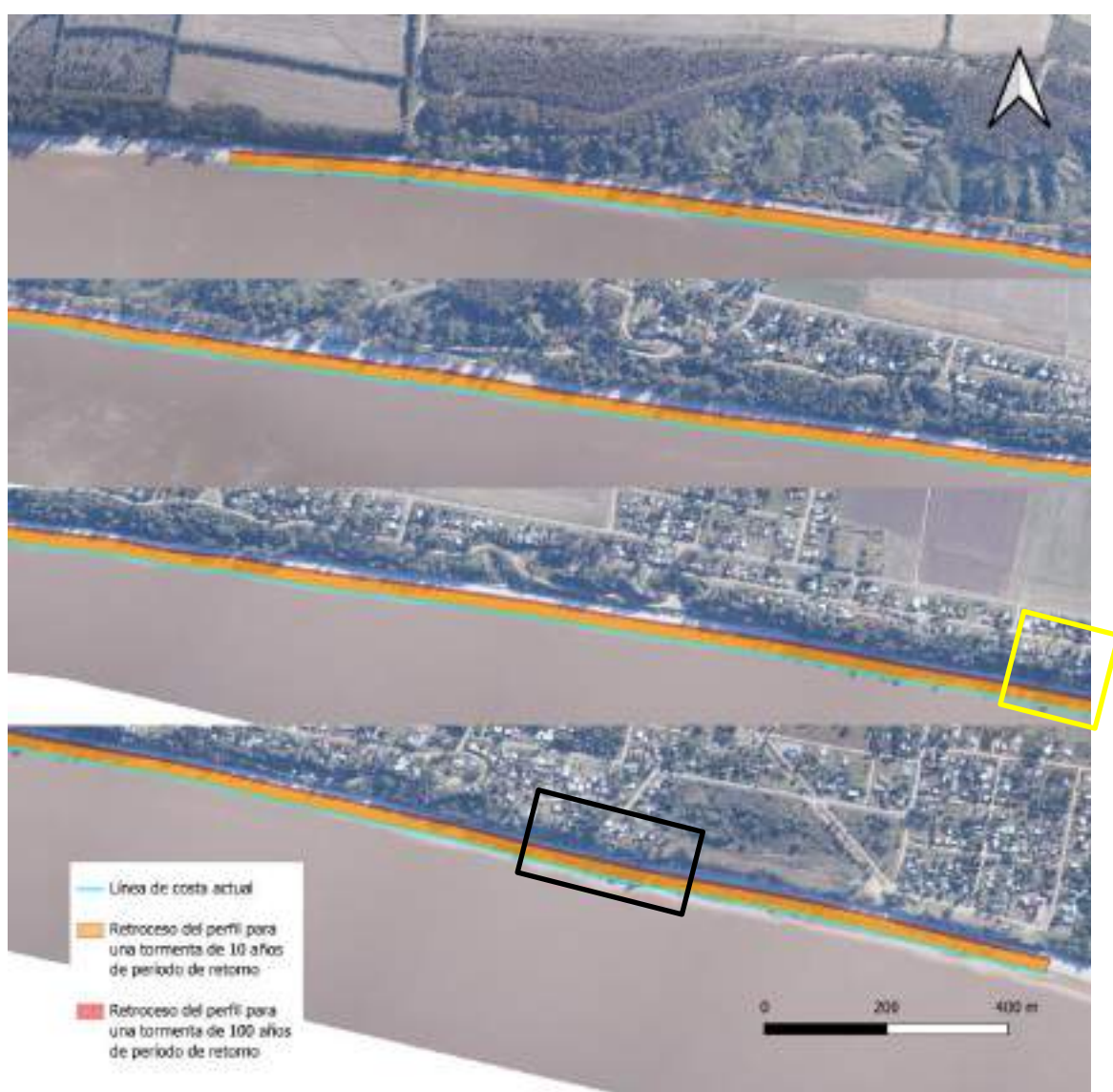
---

<sup>9</sup> [https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load\\_public\\_project/GeoportallNE/](https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportallNE/)

<sup>10</sup> Carro et al. 2018 DOI: [DOI: 10.1108/IJCCSM-07-2017-0149](https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2017-0149)



Figura 4-30 – Extracto de ortofoto la playa Kiyú-Ordeig proporcionada por la Intendencia de San José.



*Figura 4-31 – Línea de costa actual obtenida como la mediana de todas las líneas de costa determinadas con la herramienta CoastSat (celeste); franja de 27 m correspondiente a un evento de erosión de 10 años*

de período de retorno (naranja); franja de 32 m correspondiente a un evento de erosión de 100 años de período de retorno (rojo).



Figura 4-32 - Zona con viviendas cercanas al borde de la barranca.



Figura 4-33.- Comparación entre la foto aérea de 1966 (blanco y negro) y una foto reciente. Tramo correspondiente al recuadro amarillo de la Figura 4-31(izq.) y tramo correspondiente al recuadro negro de la Figura 4-31(der.).



*Figura 4-34.- Comparación entre la foto aérea de 1966 (blanco y negro) y una foto reciente. Tramo inmediatamente al oeste del Deck de Ordeig.*



*Figura 4-35- Pie de la barranca erosionado en zona de plazoleta del Deck de Ordeig.*



*Figura 4-36- Celdas captoras construidas en 2013 en la zona del Parador Chico.*

Finalmente, en lo que respecta a inundación costera, del cruzamiento de los niveles de mar en playa extremos calculados en la sección 4.3.5.5 con el MDT surge la mancha de inundación que se presenta en la Figura 4-37 y Figura 4-38, correspondiente a un evento de 100 años de período de retorno. Se aprecia que la problemática de inundación costera afecta a las construcciones que ocupan la planicie de inundación del arroyo Mauricio.



*Figura 4-37.- Mancha de inundación costera. Evento Tr100.*



*Figura 4-38.- Mancha de inundación costera. Evento Tr100. Acercamiento a la planicie de inundación del arroyo Mauricio.*

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

De los estudios realizados por IH-Cantabria para la costa de Uruguay<sup>11</sup>, así como de Jackson et al. (2022)<sup>12</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. Por lo tanto, para la proyección de la evolución de la línea de costa a mediano y largo plazo se considerarán los siguientes forzantes:

1. Balance de sedimentos identificado en la sección anterior. Dado que éste se basa en el transporte litoral generado por el oleaje, se asumirá que no cambia por efecto del cambio climático.
2. 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 4-39 superpone la evolución reciente del nivel medio del mar medido en el puerto de Montevideo por ANP con la proyección de aumento del nivel medio del mar incluida en el informe de IH-Cantabria.

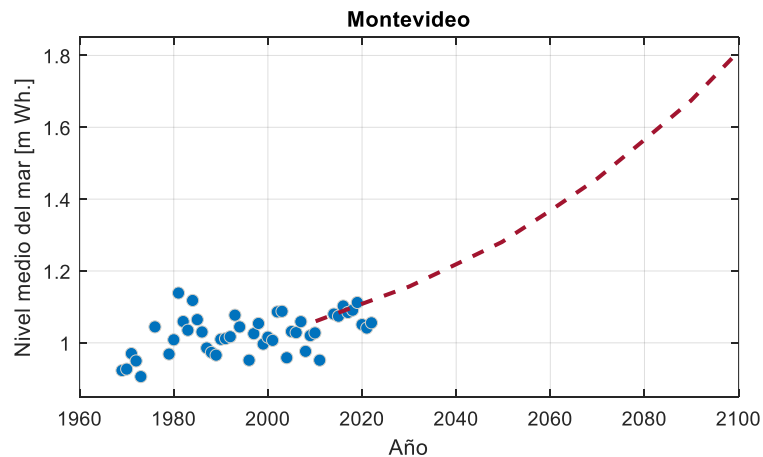
Para las proyecciones de la evolución de la línea de costa a futuro se consideran dos horizontes temporales: 2050 y 2075. A su vez, a efecto de estas proyecciones al horizonte 2050 se le asocia un aumento de nivel medio del mar de 20 cm respecto al nivel medio actual, mientras que al horizonte 2075 se 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>13</sup>.

---

<sup>11</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>12</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>13</sup> Ver herramienta en línea: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>



*Figura 4-39– Superposición de los datos de nivel medio anual medido en Montevideo por ANP 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 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 elemento duro, ya sea artificial (ej. revestimiento o muro costero) o natural (ej. barranca) que limite el suministro de sedimentos desde tierra y el espacio disponible para que la playa se adapte.

Para calcular el retroceso del perfil (y su descenso en caso de perfiles con elementos duros que la limiten detrás) se utiliza el modelo ShoreTrans<sup>14</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 topo-batimétrica proporcionada por la Intendencia de San José con la información del modelo digital del terreno disponible en la Infraestructura de Datos

<sup>14</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>

Espaciales (ide.uy). La Figura 4-40 presenta un ejemplo de aplicación del modelo ShoreTrans al perfil 63.

Debido a que la variabilidad discutida en la sección 3, se decide, también para este análisis, trabajar con resultados medios. Esto es, se calculó el retroceso esperado para un aumento de nivel medio del mar de 20 cm y 40 cm, para todos los perfiles, para luego considerar el retroceso promedio de los perfiles como característico de todo el tramo. Este retroceso promedio es de 6m para un aumento del nivel medio del mar de 20 cm y de 12.8 m para un aumento de nivel medio del mar de 40 cm.

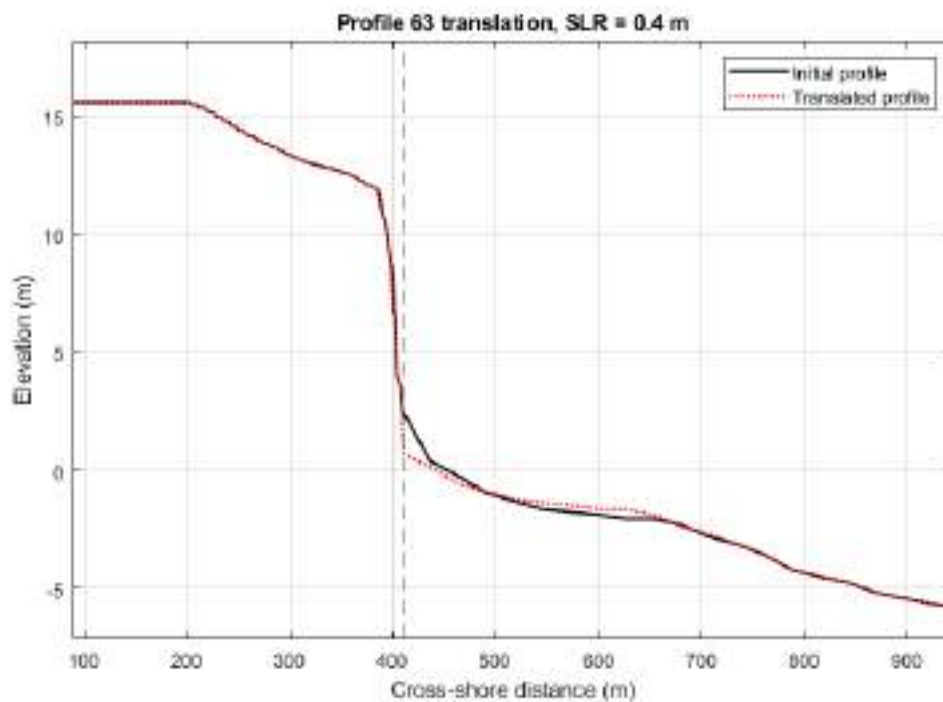


Figura 4-40 - Ejemplo de la aplicación del modelo ShoreTrans al perfil 63, considerando un aumento del nivel medio del mar de 40 cm.

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

### 4.8.1. 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 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>15</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 a los aumentos de nivel medio de mar considerados (ver Tabla 4-1).

---

<sup>15</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>

La Figura 4-41 presenta un ejemplo de las manchas de amenaza de inundación costera obtenidas con la metodología propuesta.

*Tabla 4-1 - Nivel de mar total en playa para distintos períodos de retorno ( $Tr$ , en años) considerando el clima actual y los dos escenarios de cambio climático considerados en el proyecto.*

	Nivel de mar total en playa [m Wh.]. Clima actual y proyectado					
Escenario	Tr 10	Tr 20	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
Actual	3.6	3.8	4.1	4.4	4.7	5.1
+20 cm (RCP 8.5 2050)	3.8	4.0	4.3	4.6	4.9	5.3
+40 cm (RCP 8.5 2075)	4.0	4.2	4.5	4.8	5.1	5.5



*Figura 4-41 - Ejemplo de las manchas de amenaza de inundación costera obtenidas con la metodología propuesta.*

#### 4.8.2. 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 a distintos escenarios y horizontes temporales. Para esto se consideran los retrocesos de la línea de costa estimados en la sección 4.7.1 por aumento del nivel medio del mar.
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 más la variabilidad del perfil de playa estimado en la sección 4.4.3.

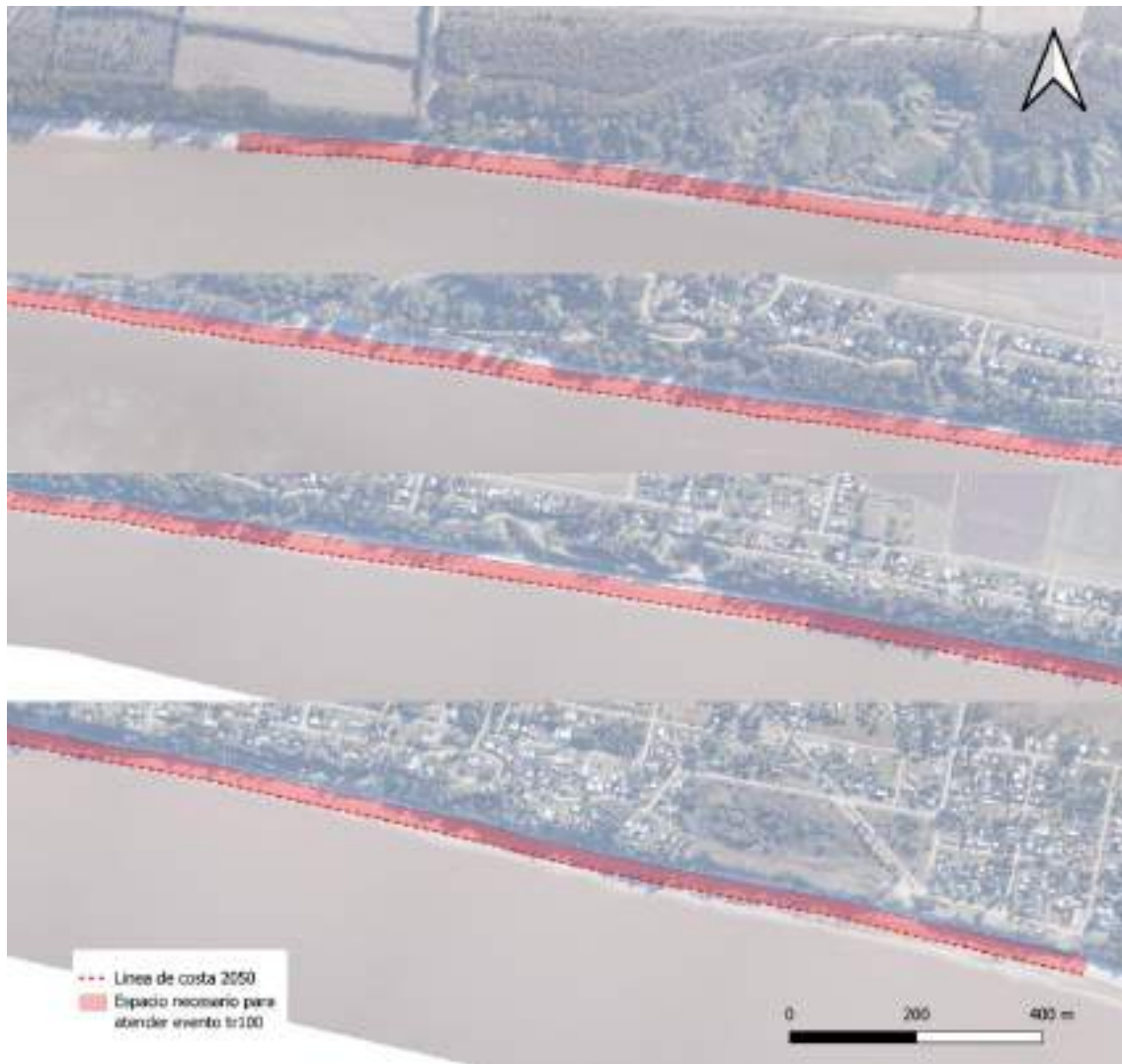
Se definen dos escenarios para calcular las proyecciones de línea de costa y las correspondientes pérdidas de área y volumen de arena:

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

Para cada una de estas líneas de costa se calcula también la franja de variabilidad del perfil de playa con los valores correspondientes a retrocesos estimados de período de retorno 10 y 100 años, lo que permite identificar los tramos de costa en los que se prevé existirán amenazas a la infraestructura pública y padrones privados. Las figuras siguientes muestran ejemplos de los resultados obtenidos para horizonte temporal 2050 con cambio climático (Figura 4-42) y horizonte temporal 2075 con cambio climático (Figura 4-43). La Tabla 4-2 presenta las áreas de playa y parque perdidas para cada uno de los escenarios analizados, junto con el volumen de arena perdido en el sistema.

*Tabla 4-2 - Área de playa y volumen de arena perdidos para cada uno de los escenarios analizados.*

Horizonte - escenario	Pérdida de área de playa [ha]	Volumen de arena perdido del sistema [m³]
2050 con aumento NMM +20cm	3.8	150.000
2075 con aumento NMM +40cm	8.1	330.000



*Figura 4-42 –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.*

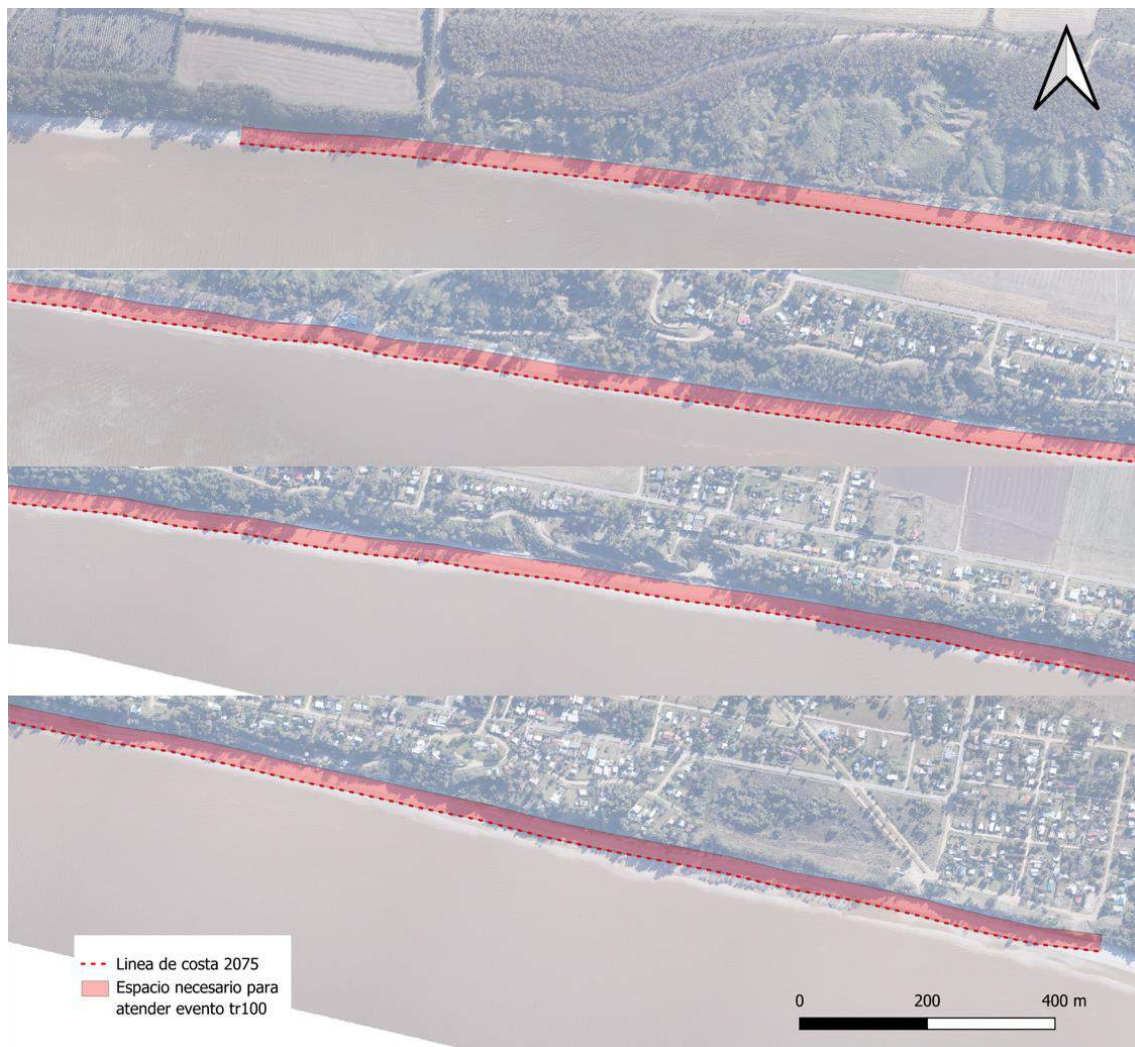


Figura 4-43 – Línea de costa proyectada para 2075, considerando aumento del nivel medio del mar de 40 cm, y franja de variabilidad del perfil de playa considerando retroceso del perfil de 100 años de período de retorno.

## 4.9. ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL

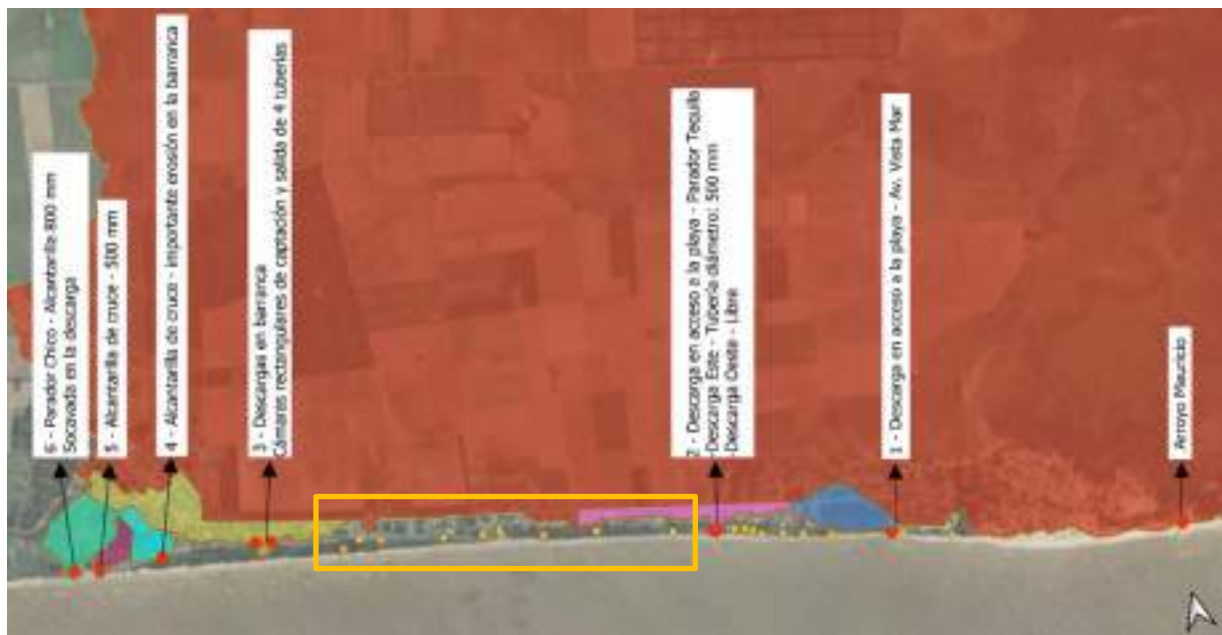
### 4.9.1. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL DRENAJE PLUVIAL

Se realizaron dos visitas a sitio con el fin de identificar la infraestructura existente y el sistema de drenaje pluvial actual, lo cual fue complementado con información obtenida del MDT del IDE.

En particular se determinó que además de la desembocadura del Arroyo Mauricio hay 6 cuencas hidrológicas que descargan a la costa, efectuadas por medio de 8 descargas, es decir, dos cuencas tienen dos descargas a la costa.

Estas descargas son por medio de alcantarillas en algunos casos, en otros, no se ve la descarga de la tubería en la barranca, pero se identifican cámaras de captación aguas arriba.

En la Figura 4-44 se indican las cuencas y se detallan las formas de descarga de cada una.



*Figura 4-44. Descargas pluviales identificadas.*

A continuación, se muestran fotos de la situación de cada una:

- Descarga 1: bajo las cañas que se observan al costado oeste del acceso de madera:



*Figura 4-45. Descarga 1.*

- Descarga 2 - este: descarga por medio de una tubería de 500 mm de diámetro que capta una cuneta que se encuentra por la acera norte de la calzada antes del parador “Tequila”. La descarga se da en la barranca sin protección por lo que ha procido una importante erosión de la misma.



*Figura 4-46. Descarga 2 - este.*

- Descarga 2 – oeste: descarga libre en el barranco, hay un bicicletero colocado en el lugar y es notoria la erosión del sector.



*Figura 4-47. Descarga 2 - oeste.*

- Descarga 3: se identificaron dos cámaras de captación en el punto bajo sobre la acera norte de la calzada, que descargan por medio de cuatro tuberías de diámetros pequeños, no se identifica la descarga en el barranco debido a la gran vegetación.



*Figura 4-48. Descarga 3, captación.*

- Descarga 4: es una alcantarilla de cruce de grandes dimensiones que no se pudieron determinar a causa de la espesa vegetación tanto en la captación como en la descarga, no hay presencia de residuos ni erosión en la costa.



*Figura 4-49. Descarga 4, en orden, costa, descarga y captación.*

- Descarga 5: es una alcantarilla de 500 mm de diámetro que se encuentra previo al Parador Chico, parece estar en buen estado sin ocasionar grandes problemáticas en la costa.



*Figura 4-50. Descarga 5.*

- Descarga 6: Descarga que se encuentra inmediatamente al oeste del Parador Chico, es una tubería de 800 mm de diámetro que cuenta con diversas problemáticas: la captación está por encima de la cota de zampeado de la cuneta lo que indica que el

agua se acumula en la cuneta hasta que alcanza la cota para escurrir por la alcantarilla, y a su vez deja agua estancada luego de cada lluvia hasta que se infiltra al terreno. Además, en la descarga presenta erosión localizada que provoca el descalce de la estructura hasta su derrumbe, por lo cual se diagnostica que es una descarga para actuar en la brevedad.



Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas  
Consortio Istec Ingeniería | Dica & Asociados  
Mayo 2024

*Figura 4-51. Descarga pluvial 6. En orden: captación, descarga y cuenco.*

Por otro lado, es notorio que las zonas del balneario que no quedan comprendidas en dichas cuencas descargan a lo largo de la barranca, creando zonas erosionadas en la barranca, pie de talud o en la calzada, en ningún caso se constató que alcanzara la berma de la playa. También se constata que la escorrentía pluvial que provoca la erosión en las calzadas de balasto, generando cárcavas de importantes dimensiones y cortes o zanjas debido al flujo preferencial del agua, son debido a varias razones, por ejemplo, por las pendientes longitudinales de las calles y la deficiencia o ausencia de infraestructura de drenaje. Esta problemática queda por fuera de los alcances de este proyecto ya que sería de competencia vial. La zona indicada con un recuadro de color naranja en la Figura 4-44 indica el sector del balneario que presenta estas problemáticas.



*Figura 4-52. Fotos de cárcavas presentes en la calzada por causa de la escorrentía pluvial.*

De todas maneras, si bien se constata erosión en las calzadas, a lo largo de la playa no se observó presencia de balasto, esto parece ser producto de la depuración que se da en la vegetación presente en la barranca la cual evita que los residuos arrastrados contaminen la arena.

## 4.9.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 4.9.2.1. Determinación de caudales

Como se puede observar en la Figura 4-44, se tomaron 6 cuencas definidas en el área de estudio. Dado que hay dos descargas en las cuencas 2 y 3, se subdividieron en a y b respectivamente.

Se utilizó el software QGIS para determinar el área de cada cuenca. A su vez, con procesamiento de imágenes RGBI tomadas del IDE se determinó el área impermeable y permeable de cada cuenca.

Dada las características hidrológicas de las mismas, se optó por aplicar el método de Kirpich para calcular el tiempo de concentración de cada una, verificando que cumpla un mínimo para estar del lado de la seguridad de 5 minutos.

Tabla 4-3. Características hidrológicas de la cuenca

Cuenca	1	2-este	2-oeste	3-este	3-oeste	4	5	6
Área (km <sup>2</sup> )	0,089	0,027	0,047	0,040	0,149	0,044	0,028	0,107
Área impermeable (km <sup>2</sup> )	0,011	0,010	0,014	0,013	0,041	0,007	0,002	0,011
Área permeable (km <sup>2</sup> )	0,078	0,017	0,033	0,027	0,108	0,037	0,026	0,096
<b>Cauce principal</b>								
Largo total (m)	653	519	848	403	799	339	332	446
Diferencia de altura (m)	23,2	19,0	23,4	6,6	12,9	24,5	36,1	36,3
Pendiente total (m/m)	0,036	0,037	0,028	0,016	0,016	0,072	0,11	0,081
Tiempo de concentración (min)	10,6	8,8	14,3	9,9	16,8	5,0	5,0	5,8

Dado que los tiempos de concentración son menores a 20 minutos, se utilizó el Método Racional para determinar los respectivos caudales.

Los coeficientes de escorrentía asociados correspondientes son adaptados del trabajo de Ven Te Chow (2004) en 'Hidráulica de Canales Abiertos' (McGraw Hill, p. 511). Se indican en la tabla a continuación.

Tabla 4-4. Coeficientes de escorrentía utilizados.

Superficie	Tr=2 años	Tr=10 años	Tr=20 años	Tr=100 años
Asfalto	0,73	0,81	0,843	0,95
Concreto/Techo	0,75	0,83	0,863	0,97
Zonas verdes 0-2%	0,25	0,30	0,326	0,41
Zonas verdes 2-7%	0,33	0,38	0,406	0,49

Tabla 4-5. Caudales máximos de cada cuenca según los diferentes períodos de retorno

Cuenca	1	2-este	2-oeste	3-este	3-oeste	4	5	6
TR	Q máx (m³/s)							
2 años	0,78	0,33	0,41	0,44	1,18	0,58	0,34	1,24
10 años	1,37	0,57	0,72	0,77	2,07	1,03	0,60	2,20
20 años	1,65	0,68	0,87	0,92	2,48	1,24	0,72	2,65
100 años	2,49	1,01	1,29	1,36	3,69	1,86	1,10	4,01

## 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>16</sup>, las medidas de gestión orientadas a la protección y adaptación de la costa frente a los efectos del cambio climático pueden clasificarse en

- 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.

<sup>16</sup> Ver: <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategias-proteccion-costa/>

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:

- **no hacer nada,**
- **retiro,**
- **mantener la línea de costa,**
- **avanzar la línea de costa,**
- **intervenciones limitadas,**

las cuales se presentan en forma esquemática en la Figura 4-53. Claramente esta última clasificación se enmarca en 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.

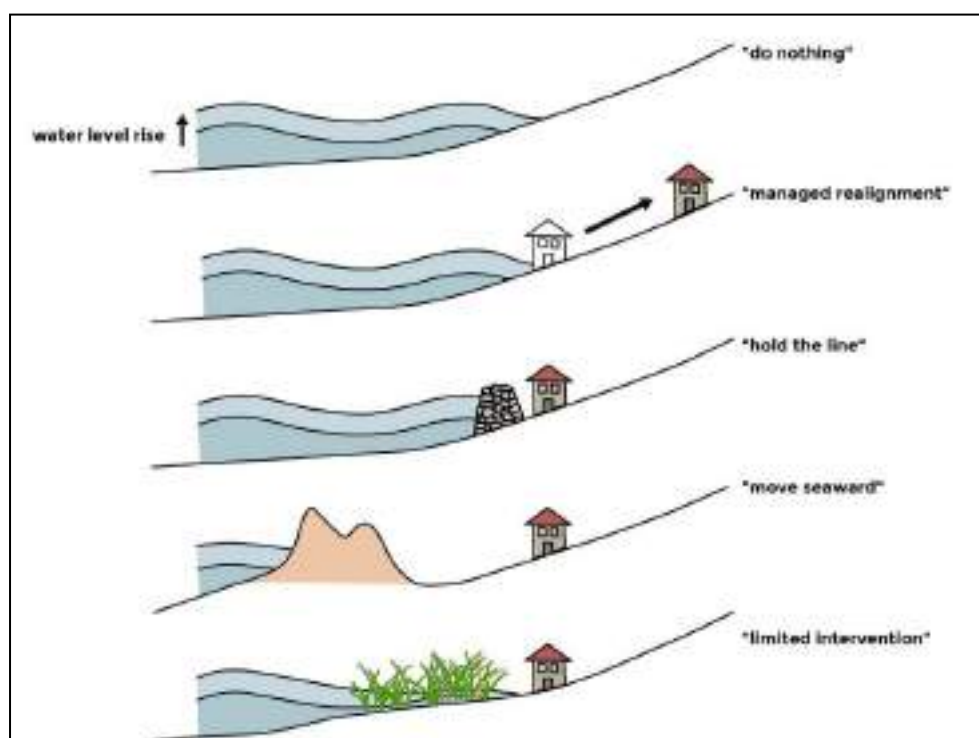


Figura 4-53. Esquema de estrategias de defensa de la costa, tomado de Stelljes et al. (2018)<sup>17</sup>

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>18</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>17</sup> Stelljes, N., Martinez, 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>18</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 recientemente publicado “International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management” (Bridges et al. 2021)<sup>19</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>20</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 4-54).

---

<sup>19</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.erdcren.mil/jspui/handle/11681/41946>

<sup>20</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.

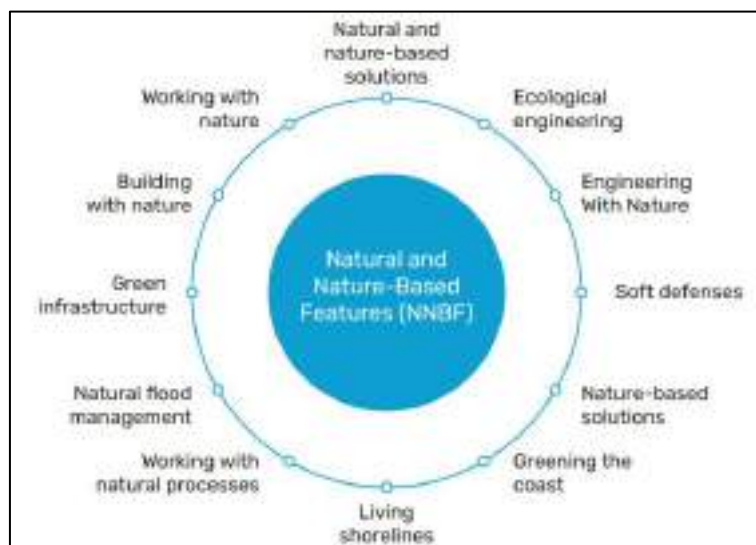


Figura 4-54. Términos usados en la bibliografía en la que se abordan las soluciones basadas en la naturaleza (Figure 1.1 de Bridges et al. 2021).

#### 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).
- Los objetivos de la intervención son la reducción del nivel de amenaza de erosión costera y la mantención del espacio de playa disponible priorizando el entorno de las principales bajadas.

#### 4.10.2. ALTERNATIVA DE BASE

En base al diagnóstico, donde se identifica que en el entorno de la desembocadura del arroyo Mauricio se depositan en promedio aprox. 6300 m<sup>3</sup> de arena por año, se propone el refulado de arena desde esta zona de deposición natural hacia 4 zonas centradas en los principales accesos a la playa de Kiyú-Ordeig (ver esquema de la Figura 4-55). De esta forma, se provee de arena suficiente para que este tramo de costa se adapte al aumento proyectado del nivel medio del mar, sin que esto suponga tanto una pérdida del espacio de playa como un aumento del nivel de riesgo de erosión costera.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

En primera instancia, se propone un refulado de 161.000 m<sup>3</sup> cuya disposición se reparte entre las cuatro zonas intervenidas de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 4-6. Para el cálculo del volumen se consideró: un avance inicial de la posición media de la línea de costa de 10 m en cada una de las zonas intervenidas, una altura del perfil activo de playa de 5 m (3.6 m de profundidad de cierre + 1.4 m de altura de berma) y una estimación de pérdidas del 40 % del volumen movilizado basado en el criterio holandés<sup>21</sup>.

En el mosaico de imágenes de la Figura 4-56 se presenta la configuración de la posición media de la línea de costa a generar con el relleno. Esta consiste en un avance uniforme de 10 m y se contemplan 100 m longitudinales (50 m a cada lado) como transición entre las zonas en que se interviene directamente y los tramos adyacentes.



*Figura 4-55. Referencias de la zona de préstamo (i.e. círculo azul) y recepción (segmentos amarillos) de la arena en el esquema de refulado propuesto. Los puntos violetas indican los principales accesos a la playa.*

<sup>21</sup> Verhagen, H.J., "Method for Artificial Beach Nourishment," Proc. 23rd Intl. Conf. Coastal Eng., ASCE, Venice, 2474–2485, 1992

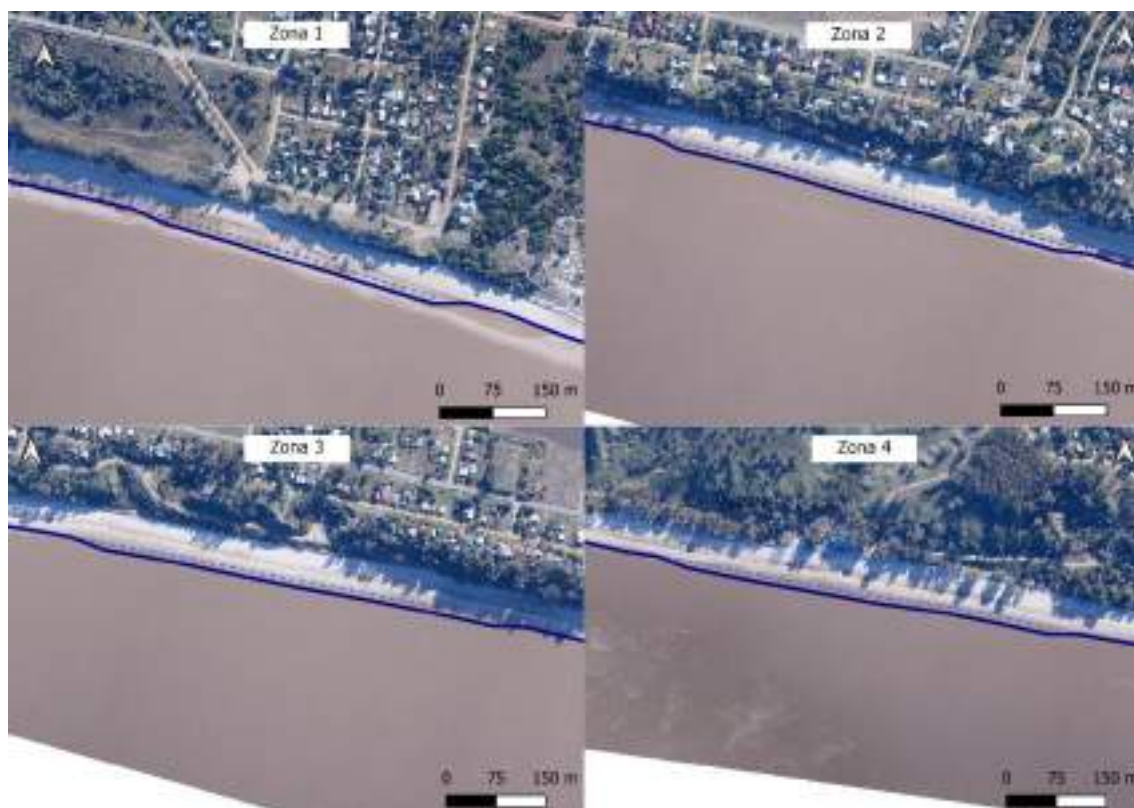


Figura 4-56. Configuración en planta esperada de la posición media de la línea de costa (línea azul continua) luego del relleno inicial. La línea discontinua indica la posición media actual de la línea de costa.

Tabla 4-6. Características de los rellenos iniciales propuestos. \*Incluye el tramo que avanza 10 m y los 100 m de transición laterales. \*\*Contempla un 40% de pérdidas.

	Avance inicial (m)	Longitud de costa intervenida* (m)	Volumen de arena movilizado** (m <sup>3</sup> )	Distancia de referencia a la zona de préstamo (km)
<b>Zona 1</b>	10	500	31.500	1
<b>Zona 2</b>	10	650	42.000	2
<b>Zona 3</b>	10	700	45.500	3.3
<b>Zona 4</b>	10	650	42.000	5.5

Las salientes generadas, no son configuraciones estables, y por ende se dará un proceso de dispersión de sedimentos hacia los laterales, que por un lado recargará los tramos de costa no intervenidos directamente, pero implicará la necesidad de recargas de mantenimiento en

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

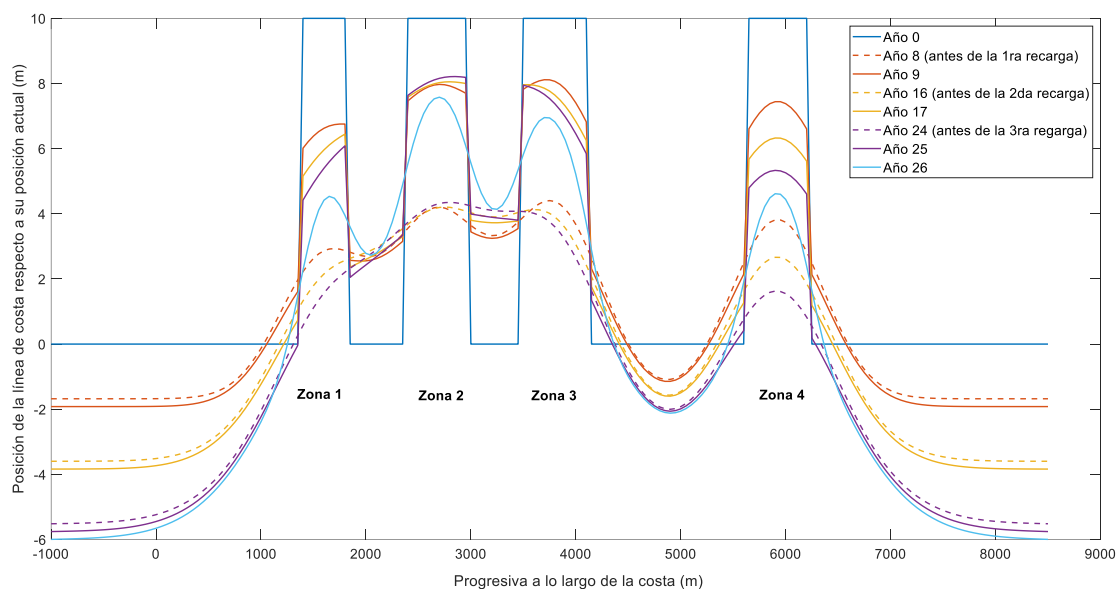
Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

las zonas intervenidas para mantener el objetivo de adaptarse al aumento de nivel medio del mar sin incrementar el riesgo de erosión costera y mantener el espacio de playa actual.

Los rellenos de mantenimiento se plantean cada 8 años movilizándolo un volumen de 50.000 m<sup>3</sup>, repartidos de la siguiente forma: 10.000 m<sup>3</sup> en la zona 1, 13.000 m<sup>3</sup> en las zonas 2 y 4 y 14.000 m<sup>3</sup> en la zona 3. Se observa que estos volúmenes son compatibles con la recarga de arena de la zona de préstamo a la tasa estimada en las secciones 4.4 y 4.5.

La verificación de que, durante un horizonte temporal de 25 años, contemplando una tasa de aumento de nivel medio del mar correspondiente al escenario RCP8.5, la estrategia propuesta cumple el objetivo perseguido, se realizó con el modelo de una línea cuyos detalles se presentan en el Anexo 1. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 4-1.



*Figura 4-57.- Evolución de la línea de costa esperada luego del relleno inicial y las recargas de mantenimiento. Resultados de simulación con modelo de una línea.*

Se aprecia que con la alternativa propuesta se consigue que la mayoría del tramo de costa objetivo se adapte a un aumento del nivel medio del mar sin que aumente el riesgo de erosión costera y sin que esto suponga una pérdida de playa. Esto no se consigue en el tramo comprendido entre la zona 3 y 4, donde si bien no se tiene el retroceso esperado sin intervención (i.e. 6m ver sección 4.7.1) se tiene un retroceso de 2m. De todas formas, se considera que esto es tolerable dado que se trata de un tramo donde por delante de la barranca hay una duna con vegetación abundante (ver Figura 4-58), no hay bajada a la playa

y la caminería está a una distancia de 20 m del borde de la barranca en su punto más próximo (ver Figura 4-59).



*Figura 4-58.- Foto del tramo entre la zona 3 y 4 tomada en la salida de campo realizada el 24/1/2024.*



*Figura 4-59.- Imagen satelital del tramo entre la zona 3 y 4. Se aprecia que el punto de la caminería más próximo al borde de la barranca se encuentra a 20 m aprox.*

#### **4.10.3. ALTERNATIVAS COMPLEMENTARIAS ESPECÍFICAS PARA LA ZONA 4 (“PARADOR CHICO”)**

Intervenir con relleno y recargas en la zona 4 tiene un impacto en los costos totales de la intervención por ser la zona que está significativamente más distante de la zona de préstamo (ver Tabla 4-6). Por lo tanto, para esta zona específica se plantean las siguientes alternativas:

- Estabilizar el relleno inicial con obras.
- Protección del parador chico.

Como obras de estabilización del relleno se pueden considerar, o bien dos espigones que confinen y mantengan estable un tramo de costa entorno al parador chico, o bien un dique exento que promueva y mantenga estable una saliente delante del parador chico. En este caso, el dique exento presenta ventajas sobre los espigones, en particular, no afecta la continuidad de la playa, ni la dinámica lateral en las adyacencias de la zona intervenida (en el caso de construir espigones se produciría un corte o disminución sensible en el transporte litoral, que tiene el potencial de producir efectos erosivos en las zonas de costa adyacentes a los espigones). Además, considerando que es plausible construir el dique exento desde tierra, lo cual implica un orden de costos similar a la construcción de dos espigones, se opta por proponer la evaluación de este último. A su vez, la intervención con el dique exento puede considerarse una experiencia piloto plausible de replicarse en las otras tres zonas en la medida que surjan inconvenientes para sostener en el tiempo las recargas de mantenimiento. Por el contrario, replicar la intervención con espigones conduciría a un campo de espigones que cambiaría significativamente la fisionomía actual de la playa Kiyú-Ordeig.

El dique exento se lo propone semisumergido (i.e. coronado en 0mWh), centrado en el Parador Chico, paralelo a la costa a una distancia de 100 m de la posición media de la línea de costa actual y que tenga 75 m de longitud. La saliente esperada se estimó a partir de la parábola de equilibrio de Hsu y Evans<sup>22</sup> recurriendo al software MepBay<sup>23</sup>. El resultado obtenido se presenta en la Figura 4-60 junto a la disposición en planta del dique propuesto.

---

<sup>22</sup> Hsu, J. R., Yu, M., Lee, F., & Benedet, L. (2010). Static bay beach concept for scientists and engineers : A review. *Coastal Engineering*, 57(2), 76–91. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2009.09.004>

<sup>23</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 S. *Computers & Geosciences*, 29, 1249–1257. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2003.08.002>

En cuanto a su tipología, se propone un dique en talud de enrocado de pendiente 1V:1.5H. Considerando una estimación primaria con rocas de 1m de diámetro<sup>24</sup> se establece un ancho de coronamiento de 3 m. Por otro lado, de acuerdo con la batimetría realizada en el presente proyecto, el dique estaría fundado a -3 mWh, dejando a los bancos de arena presentes en el lugar<sup>25</sup> entre el dique y la línea de costa. Un esquema de la sección transversal del dique se presenta en la Figura 4-61.

Alternativamente a la estabilización del relleno, se puede optar por la protección directa del Parador Chico frente a la erosión costera. Para ello se propone reforzar la duna delante del parador con un núcleo de geotubo. Esto implicaría 120 m lineales de geotubo que quedarían inmersos en la duna, y expuestos cuando esta se erosione durante un evento extremo, protegiendo que la erosión no avance y genere daños en el Parador Chico.

Por otro lado, otra medida de adaptación sería retirar el Parador Chico lo necesario para no ser alcanzado por los eventos extremos y dejar retroceder la línea de costa.

---

<sup>24</sup> Este cálculo se realizará con mayor detalle para el anteproyecto (i.e. producto 3), en caso de que se opte por esta opción.

<sup>25</sup> Detectados en el relevamiento batimétrico y visibles en algunas de las imágenes satelitales correspondientes a bajantes del Río de la Plata en esta zona.

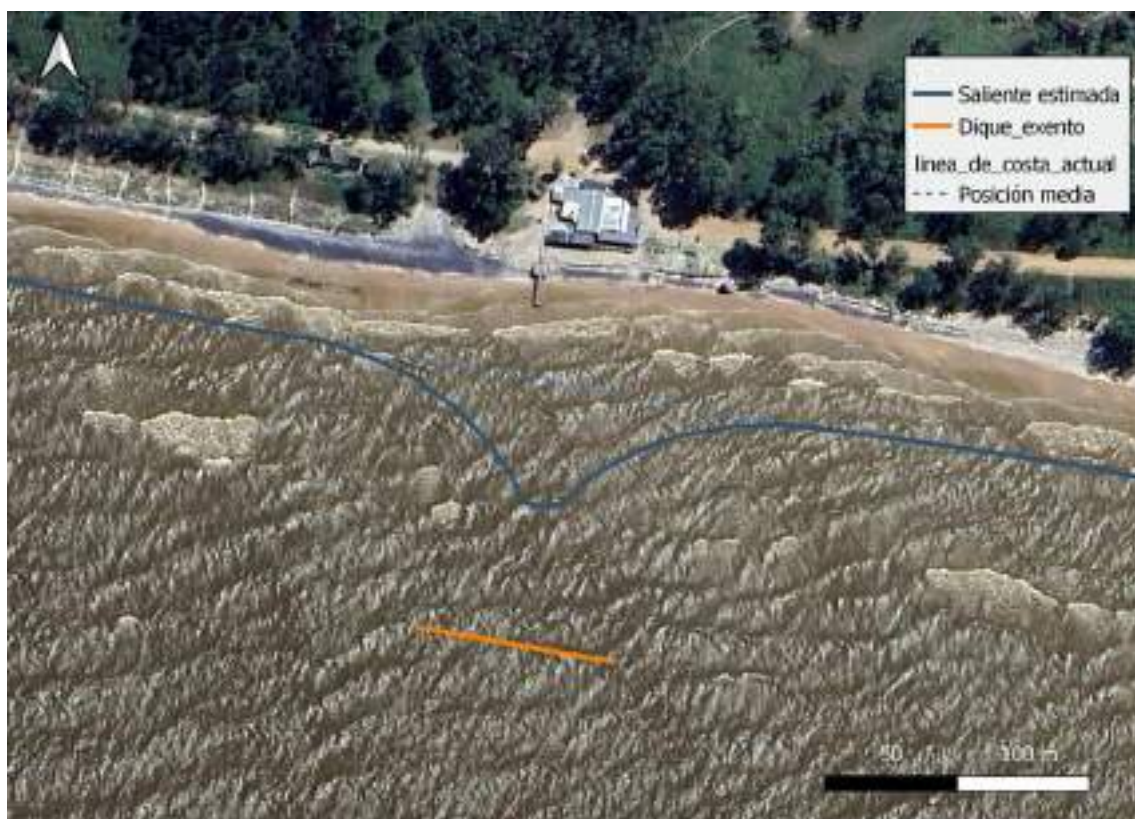


Figura 4-60.- Configuración en planta del dique exento y de la saliente esperada detrás del mismo.

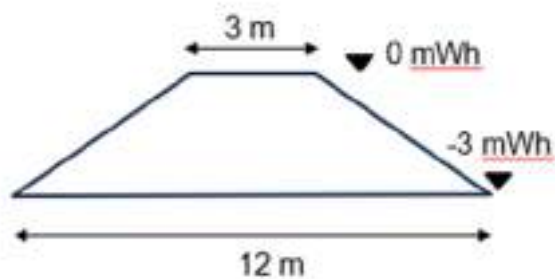


Figura 4-61.- Esquema de la sección transversal del dique exento.

#### 4.10.4. POSIBLES NBS A SER IMPLEMENTADAS EN LA ZONA

Se identifican una serie de medidas NbS que permiten conservar el ecosistema costero en la zona de Kiyú. Estas medidas se basan en experiencias realizadas en distintos sitios de la

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

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 de la zona costera.

En particular en la zona de Kiyú, 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).
- b) Acciones realizadas en el marco de proyecto GEF por Comisión de Balneario Kiyú y Municipio de Libertad.
- c) 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
- d) 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.

En base a esto se proponen cercas captoras en peine y la regeneración del bosque costero, con manejo de exóticas y plantación de especies nativas.

#### **4.10.5. CONSIDERACIONES GENERALES A NIVEL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

En la presente sección se plantean y analizan las condiciones del ordenamiento territorial vigente para el área costera de Kiyú (playas Ordeig, Vista Mar y Kiyú), objeto de estudio de la consultoría, a efectos de considerar algunas de sus disposiciones que, desde este punto de vista, aportarían al encare integrado de los problemas actuales y previsibles de drenaje pluvial, inundación y erosión costera.

##### **4.10.5.1. Modelo territorial**

El modelo territorial para los balnearios comprendidos en la denominación general de Kiyú (Ordeig, Vista Mar y Kiyú) está planteado por el Decreto N° 3075 de 2012 (Plan Local de Kiyú y sus Vecindades), el que, a su vez, se encuadra en el Decreto N° 3091 de 2013 (Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible).

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

Este modelo está sustentado en una operativa simple adoptada en base a tres grandes unidades de paisaje cultural, una de las cuales son las barrancas y médanos costeros. Para esta unidad de paisaje se trata de una frágil interfaz terrestre - marina, en un delicado proceso de transformación y que juegan como figura y fondo escénico singular de la playa, ya que dentro de la misma se encuentran algunas áreas de especial valor ecológico.

Para su protección, dispone que las barrancas y médanos costeros e reconocerán como frágiles ecosistemas y como ámbitos territoriales privilegiados de antropización limitada, admitiéndose y regulándose las actividades sobre los mismos si son compatibles con una adecuada conservación ambiental, en base a:

- Poner en valor tales áreas y paisajes que le dan marca e identidad a Kiyú, haciéndolo de modo compatible con su gran vulnerabilidad ambiental.
- Proceder a la conservación de los barrancos costeros y ámbitos dunares.
- Minimizar la realización de nuevas obras públicas y privadas sobre las mismas.
- Promover la conservación de su cobertura vegetal, en especial de aquellas áreas ecológicamente de mayor valor como algunos chircales y relictos de monte psamófilo.
- Gestionar la contención, rehabilitación y mitigación ambiental de los puntos más críticos.
- Poner en valor las actuales 'bajadas' vehiculares a la playa, no abriéndose nuevas.
- Velar estrictamente por la no circulación de vehículos particulares por la playa y a campo traviesa por los barrancos costeros.
- Habilitar nuevas 'bajadas' peatonales, como escaleras, rampas y sendas amigables, de bajo impacto ambiental adverso, resueltas en las localizaciones con suelo más estable y menos procesos erosivos locales.
- Restringir la apertura de nuevos fraccionamientos de naturaleza urbana sobre la Faja de Defensa de Costas del Río de la Plata a lo largo de todo el ámbito (Artículo 8°).

Las definiciones generales que definen el modelo territorial parecen adecuadamente alineadas con las necesidades de sostenibilidad de erosión costera, drenaje pluvial e inundación.

La principal excepción está constituida por las 'bajadas' de la parte alta del barranco hacia la playa. Como criterio debiera revisarse lo establecido para facilitar las medidas de adaptación, por ello se propone modificar el punto y establecer como estrategia general:

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

- Limitar el uso de las actuales ‘bajadas’ vehiculares a la playa y analizar su permanencia, considerando la eventual limitación de los estacionamientos, no abriéndose nuevas caminerías y velar estrictamente por la no circulación de vehículos por la playa y a campo traviesa por los barrancos costeros.

#### **4.10.5.2. Zonificación**

El Plan Local encara dos escalas de aproximación: ‘Kiyú y sus vecindades’ y ‘Kiyú chico’ (que corresponde con los sectores fraccionados balnearios Ordeig, Vista Mar y Kiyú) y establece, en la primera, una zonificación en Zona Litoral, Zona Balnearia y Zona Rural, subrayada por la categorización del suelo en: Urbana No Consolidada, Suburbana, Rural Natural y Rural Productiva.

La Zona Litoral es categorizada como Rural Natural, junto con los arroyos Mauricio y San Gregorio y sus planicies de inundación. En la subcategorización, esta Zona es además calificada como Subcategoría de Suelo de Atención Especial.

Dentro de la Zona Balnearia, los fraccionamientos existentes son categorizados como Urbana No Consolidada. También en esta zona, pequeños sectores se categorizan como Suburbana, uno de ellos sobre la costa, al sur del balneario Vista Mar, al sur de la calle Ibirapitá. El sector este del balneario Ordeig, recibe de la subcategoría De Atención Especial, dentro del suelo categoría Urbana No Consolidada.

También en la Zona Balnearia, dos sectores de suelo de categoría Rural Productiva, al norte del suelo de categoría Urbana No Consolidada, reciben el Atributo de Potencialmente Transformable a categoría Suburbana Predominantemente Turística.

A su vez, en el suelo de categoría Rural Natural se distinguen cuatro zonas, siendo una de ellas, la Z2 ‘Barrancas de Mauricio y San Gregorio’, la que, aunque más extensa hacia el oeste, coincide con la franja costera de los balnearios Ordeig, Vista Mar y Kiyú.

En tanto, en la Z2 se identifican seis Áreas de Alta Singularidad, que se desenvuelven parcialmente en ella. Cuatro de estas Áreas están fuera del ámbito de este estudio. Dos se localizan en el área de análisis: ‘Boca del Arroyo Mauricio’ y ‘Chircal del Camino del Indio’.

- El Área ‘Boca del Arroyo Mauricio’ se localiza al suroeste del balneario Ordeig.
- El Área ‘Chircal del Camino del Indio’ está en el extremo oeste del balneario Kiyú, en el área costera no fraccionada.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

Las Áreas de Alta Singularidad son ámbitos territoriales de gran especificidad, sea por sus valores ecológicos, su potencial arqueológico y/o su fragilidad geológica e hidrodinámica.

#### 4.10.5.3. Parámetros de ocupación de suelo

El Plan vigente establece los parámetros clásicos con los límites máximos de ocupación de suelo: FOS, FOT y FIS.

Los valores de los parámetros se definen para las zonas que el Plan delimita: C1 Zona Litoral (suelo categoría rural natural); C2 Zona Balnearia (suelo categoría urbana) en general de los Balnearios Kiyú, Vista Mar y Ordeig, C3 Zona Balnearia (suelo categoría urbana) al este de Balneario Ordeig; C4 Zona Balnearia (suelo categoría suburbana) en el oeste y un padrón costero en este, de Balneario Kiyú; C7 Zona Balnearia (suelo categoría rural) al oeste de Balneario Kiyú y C8 Zona Rural (suelo categoría rural natural y rural productivo).

Tabla 4-7. Parámetros Urbanísticos - Área costera de Ordeig, Vista Mar y Kiyú

Zona	Categoría de suelo	Área mín. m <sup>2</sup>	Frente mín. m	FOS máx. %	FOT máx. %	Permeab FIS mín. %	Altura máx. m
C1	R Natural	50.000	100	200m <sup>2</sup>		<b>99</b>	8,30
C2	Urbano	450	14	<b>30</b>	80	<b>65</b>	8,30
C3	Urbano	500	17	40	60	55	8,30
C4	Urbano	500	25	40	40	55	8,30
C7	Rural	5.000	50	20	30	<b>75</b>	8,30
C8	Rural	50.000	100	500+500m <sup>2</sup>		<b>95</b>	8,30

Fuente: Elaboración propia sobre Plan Local de Kiyú y sus Vecindades

Tal como surge del cuadro adjunto, la escala de valores de FIS se infiere directamente de los valores de FOS, los que no se propone modificar. Lo que sí se observa una dificultad de aplicación para el factor de impermeabilización de suelo (70%) con relación al factor de ocupación de suelo (40%) dispuestos para la zona C2, lo que se propone rectificar. También se sugiere incorporar valores de FIS en las zonas que se omitieron.

Cabe destacar, al respecto, las disposiciones que establecen la voluntad de desalentar la expansión urbana continua sobre el litoral del Río de la Plata, promoviéndose a futuro la eventual apertura en otros puntos de la costa de San José, así como la pauta rectora que dispone únicamente habilitar de modo gradual nuevos fraccionamientos urbanos “interiores”,

promoviéndose su apertura fundada en una demanda real y efectiva del mercado y su concordancia con la sostenibilidad ambiental del conjunto (artículo 11).

Se sugiere incorporar normas específicas para los padrones de gran tamaño que podrán ser amanzanados y fraccionados, comprendidos en el perímetro urbanizable costero.

En el caso del balneario Ordeig, dada la existencia de una extensa superficie de suelo, categorizado por el Plan con la “categoría de suelo rural natural” y “subcategoría de atención especial”, resulta trascendente asegurar que no será fraccionado y mantendrá la categoría de suelo actual en caso de revisión del Plan.

Para el frente del balneario Vista Mar, cualquier gestión para la modificación de la situación actual, debe restringirse al padrón suburbano de gran superficie. En su eventual amanzanamiento y apertura de calles, todas las acciones deben incluirse en el interior de éste, sin afectar el padrón rural natural costero.

#### **4.10.5.4. Normas para la edificación**

También, por el mismo artículo 11, se dispone la reducción del impacto hidrológico dentro del conjunto del fraccionamiento, resolviéndose dentro del mismo de los drenajes pluviales.

El Plan consignado registra algunos parámetros adicionales para las edificaciones, pautados para las zonas delimitadas.

En la Zona Litoral (C1, de suelo categoría rural natural), los usos condicionados a un reducido “presunto” (sic) impacto ambiental negativo son: parador de playa y clubes sociales y deportivos, seguridad pública, vivienda permanente (para la cual dispone un número máximo de hasta 3 unidades de alojamiento por predio) y estacionamientos y miradores elevados.

Entre los usos no conformes se encuentran: el Camping Organizado, levantado con anterioridad a la puesta en vigencia de esta norma y el asentamiento pesquero artesanal, para los que se producirá la Declaración automática de fuera de ordenamiento territorial.

También se establece que, por razones de conservación de la costa y de seguridad pública, dentro de la Faja de Defensa de Costa no podrán circular vehículos particulares no autorizados y que no se autorizarán nuevas “bajadas” peatonales o vehiculares, rellenos o defensas costeras y de protección de las barrancas que no formen parte de actuaciones fundadas de rehabilitación ambiental y de seguridad.

Resulta oportuno sugerir la revisión de los contenidos del Plan en este capítulo. En particular respecto a los usos condicionados, para los cuales debiera considerarse, como mínimo, la eliminación del alojamiento (vivienda permanente y cualquier otro tipo de residencia) y los estacionamientos.

Las disposiciones para la Zona Balnearia (C2 a C7) establecen parámetros previsibles y coherentes en el marco de las disposiciones generales del Plan.

#### Protección en zonas bajas

Las normativas de edificación, en general y con el ajuste en el FIS propuesto, se pueden considerar adecuadas para la consideración del drenaje pluvial. A pesar de ello, como se ha verificado, el balneario Ordeig tiene amplios sectores ya afectados actualmente por inundaciones, cuya superficie afectada se verá sustancialmente ampliada en un horizonte temporal próximo. Por ello se sugiere incorporar disposiciones específicas a la normativa actualmente vigente.

En consideración de las previsiones fundadas sobre las condiciones de inundabilidad, se entiende necesario implementar un capítulo normativo específico para la edificación en las zonas alcanzadas por las crecientes de arroyo Mauricio y en su desembocadura, a efectos de garantizar el adecuado uso del suelo con un adecuado nivel de seguridad, tanto en el caso de nuevas construcciones para emprendimientos privados o públicos, como en el caso de edificaciones existentes sobre las que se plantee actuar, incluyendo los casos en que se proyecte cualquier tipo de transformación.

Para ello se propone incorporar a la normativa departamental de San José la denominada 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, toda nueva edificación que se construya amplíe o reforme, 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 a definir en conjunto con la contraparte.

Esta determinación es de aplicación también para toda edificación para la que se proyecte una modificación, física o en el uso.

Resulta imprescindible que se establezcan condiciones y recomendaciones para las circulaciones entre el espacio público, particularmente desde la calzada vehicular, y la planta principal de acceso a las edificaciones, tanto para los peatones como para los vehículos, de forma de lograr la menor superficie inundada en éstas.

Será, asimismo, necesario regular las posibles construcciones por debajo de la Cota de Bajo Riesgo, en particular estableciendo condiciones para que el acceso a éstas se produzca exclusivamente desde un nivel por encima de la Cota de Bajo Riesgo y que materialmente presenten resistencia a la acción de la inundación.

Con similar objeto, deberán incorporarse normas para las instalaciones sanitarias internas, asegurando la no contaminación en caso de inundación.

En particular, los desagües de las del agua 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.

Especialmente deben restringirse totalmente los rellenos generales y, en general, deberían profundizarse 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.

Deberán quedar sometidos a las disposiciones de la presente propuesta normativa los predios con números de Padrón: 84, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 124, 130, 135, 137, 138, 141, 142, 157, 158, 159, 166,

167, 223, 224, 225, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 288, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 351, 352, 353 y 354, del fraccionamiento Ordeig.

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.

### **Protección del barranco**

Otro asunto necesario de un capítulo normativo y de gestión, específicos, está constituido con la protección de los barrancos, en particular para los padrones que tienen su límite posterior o lateral con frente al barranco.

En estos casos, el drenaje del agua de origen pluvial, de todas las superficies impermeables (techos, azoteas, terrazas, balcones o pavimentos en general), del interior de los predios, deberá ser desaguado obligatoriamente hacia la vía pública en el frente del padrón. En ningún caso será admitido el vertimiento de agua de drenaje de superficies impermeables hacia el barranco en el fondo del predio.

Asimismo, deberá establecerse que quedan absolutamente prohibidas todas las intervenciones, de cualquier tipo o naturaleza (lo que incluye: construcciones, plantaciones y cualquier tipo de modificación del relieve existente), en el barranco y en la parte superior de coronamiento a menos de 3 (tres) metros de su borde actual.

En este marco y como una de sus consecuencias, deberán resultar radicalmente prohibidas las escaleras y cualquier otro mecanismo para salvar el desnivel del barranco, con objeto de acceso directo a la playa desde los predios privados. Los dispositivos precarios existentes deberán ser retirados.

Quedarán sometidos a las disposiciones de la presente propuesta normativa los predios con números de Padrón: 1, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 217, 260, 376, 778 y 828, del fraccionamiento Kiyú.

#### 4.10.5.5. Análisis y propuestas urbanas por zonas

En el marco la importante unidad de paisaje dada por la fuerza e impacto del barranco, resulta posible identificar tramos, con cierta diferenciación, en el espacio costero comprendido en la presente consultoría, de unos 7 kilómetros, entre el arroyo Mauricio al este y el camino La Guitarra, en el oeste. Entre el camino La Guitarra y la desembocadura del arroyo San Gregorio se extiende territorio rural en producción hasta el borde del barranco. Las desembocaduras de los arroyos Mauricio y San Gregorio distan unos 9 kilómetros y medio, entre sí.

A efectos de la formulación de propuestas, debe tenerse en cuenta la diversa realidad, particularmente la condición del barranco, coincidente con el sector de mayor intensidad de urbanización, así como el área dunar y el barranco escalonado, que se encuentran en ambos extremos del espacio considerado.

Simultáneamente debe atenderse la existencia de puntos clave o hitos, observables en el sector territorial, tanto a los efectos de formular lineamientos generales de propuesta como para encarar las situaciones particulares. Es a partir de éstos que deberá considerarse el diseño concreto.

Hitos o puntos clave:

- escaleras y otras circulaciones de acceso a la playa, especialmente en las condiciones del importante desnivel existente;
- localización de casetas de guardavidas en la playa, que generan polos de atracción con mayor afluencia de público en la playa;
- paradas de ómnibus urbanos;
- paradores “chiringuitos”, servicios higiénicos y otros servicios similares, que son atractores de público;
- estacionamientos vehiculares, para los cuales se plantea la necesidad mejorar su delimitación, en función de la conservación ecosistémica del área costera;
- explanadas peatonales, como las plazas “El Paseo de Omar” y “Plazoleta de las Escritoras”, el deck próximo al Parador Grande y los miradores: el Ordeig, a la altura del Parador del Medio y en el Parador Chico, los que constituyen hitos de interés en la faja costera;

- lugar de “bajada” y botadura de las barcas para la actividad productiva pesquera artesanal.

Resulta oportuno subrayar que no todos estos hitos tienen su localización fija y si bien su actual ubicación responde seguramente a las condiciones del momento de su implantación y, aunque se haya incorporado a la memoria urbana del colectivo social, podrían relocalizarse y esta opción deberá estar presente en las etapas de proyecto.

### **Costa de Ordeig**

La zona en el extremo este, costa del fraccionamiento Ordeig, se caracteriza por ser un área de dunas que generan un relieve sumamente irregular, al tiempo que salvan el desnivel existente, muy afectadas por la erosión de la circulación peatonal y vehicular, junto con los drenajes de pluviales, concentrados por la vialidad formal e informal. Pocos grandes árboles de forestación exótica (básicamente eucaliptos) se alternan con ejemplares de especies invasoras (acacias y otras), las que alternan con alguna vegetación nativa. Las dunas dan paso a barranco costero hacia el oeste, en el sector urbanizado oeste del balneario Ordeig.

El amanzanado, sumamente irregular, deja grandes vacíos constituidos por los remanentes de un padrón rural de importante superficie (más de 38 Hectáreas). Entre estos remanentes se generan dos áreas amanzanadas y fraccionadas: una muy regular al oeste, separado por el gran padrón rural del fraccionamiento Kiyú, y otra, más irregular, al este y más alejada del borde costero.

En la posible modificación de las actuales condiciones de los remanentes del padrón rural, deberá, entre otras condiciones, especialmente respetar la cesión de los 150 metros a espacio público costero y la no realización de intervenciones en esa área. Por ello, la eventual apertura de calzada vehicular paralela a la costa deberá dar continuidad a la calle Lagarto hacia el este hasta la calle Los Pinos y hacia el oeste hasta la calle 17 Metros, en las proximidades de la calle Quito Velásquez (y en ningún caso prolongar la Costanera del Oeste hacia el este).

En los 500 metros del extremo este se forma una laguna costera, producto de la deriva en la desembocadura del arroyo Mauricio. Regularmente se realiza la apertura artificial de la barra a efectos de canalizar la vertiente al río en forma directa. Las posibles actuaciones urbanas producto de las modificaciones en la desembocadura del arroyo no forman parte de los alcances del presente trabajo.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

Excepto en las dos manzanas del oeste (en unos 200 metros), las características del frente costero del balneario Ordeig facilitan numerosos ingresos informales a la playa, con gran deterioro del sistema dunar. El único acceso formalizado está constituido por la trinchera de circulación peatonal, en el eje de la calle Al Cura.

Resulta clara la necesidad de reducir el número de accesos a la playa, formalizándolos mediante infraestructura adecuada, que permita la reconstrucción del sistema de dunas. En la actualidad existen cinco ‘bajadas’ a la playa en el frente costero del balneario Ordeig (siendo el más al oeste compartido con el frente costero del balneario Vista Mar).

Existen tres lugares desde los cuales se producen los accesos informales, atravesando el sistema dunar, en la prolongación de las calles: Carancho, Surí y Tucu Tucu. En particular el correspondiente a la calle Surí es intensamente utilizado por numerosos pescadores artesanales para la botadura de sus embarcaciones, mediante tractores, en períodos de zafra, lo que origina enorme afectación de las dunas. En oportunidades de gran saturación, algún pescador opta por acceder en el de la calle Carancho.

Sin duda, deberá proyectarse un acceso vehicular para la botadura de las embarcaciones de pesca artesanal, para lo cual se considera adecuada su localización próxima al cul de sac de la calle Los Pinos, en la prolongación de la calle Luis I. Ordeig, en el extremo este del balneario.

Esta actuación permitirá limitar los accesos descritos a su uso peatonal. Además, para estos sitios, se diseñan sendas pasarelas de madera, con accesibilidad universal, a efectos de proteger las dunas, lo que se deberá ser acompañado con trabajos para su recuperación y fijación mediante vegetación autóctona.

Los otros dos accesos a la playa en este frente, ya se encuentran formalizados. Uno en la prolongación de la calle 17 Metros, mediante un largo conjunto de hormigón compuesto por una escalera, de diversos tramos, y una rampa pegada a ésta, con elevadas pendientes que no resultan en accesibilidad universal. El otro, en la prolongación del Camino A Mauricio, en su intersección con la Avenida Vista Mar, constituido por una pasarela con piezas de madera y baranda parcial del mismo material.

Tanto en el caso de las pasarelas para formalizar los accesos a través de las dunas como en los dos accesos ya construidos, la actuación deberá complementarse con la debida delimitación de áreas de estacionamiento, con reservas de sitios para discapacitados.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

Asimismo, se deberán incorporar equipamientos de duchas, lavapiés, cartelería de información y otros mobiliarios urbanos en el punto alto de cada acceso.

### **Frente de Vista Mar en Kiyú**

Al sur del fraccionamiento Vista Mar se encuentra un padrón rural natural costero de más de dos hectáreas. El frente costero de este padrón corresponde con el inicio del primer tramo del barranco hacia el oeste.

Detrás de este padrón, se localiza un padrón suburbano de gran superficie (más de 30 mil metros cuadrados), que es recortado en forma sesgada noroeste-sureste por la doble vía de la avenida Vista Mar (o Costanera Del Oeste), lo que deja una pequeña manzana triangular fraccionada en 15 padrones de unos 450 m<sup>2</sup> cada uno, que no se encuentran delimitados ni ocupados.

Para la apertura de una eventual calzada vehicular paralela a la costa, en el posible amanzanamiento y fraccionamiento del padrón suburbano mencionado, deberá cuidarse el padrón categorizado rural natural, por lo que, la vialidad y otras intervenciones, deberán localizarse integralmente dentro del actual padrón suburbano. Así, el vial deberá ser la continuidad de la calle Quito Velásquez hacia el oeste de la diagonal Avenida Vista Mar (y, en ningún caso, de la Costanera del Oeste), hasta su encuentro con la calle Patí.

Como se describió más arriba, en la confluencia del Camino Mauricio, la Avenida Vista Mar y la Costanera Del Oeste, se registra un acceso a la playa en una zona en que la conformación del barranco lo facilita. Sin duda, se trata de un lugar propicio para la incorporación de una mejora en la infraestructura de circulación peatonal que proteja el barranco, ya que se trata de la última alternativa de bajada a la playa hasta el acceso del Parador del Medio, localizado a más de un kilómetro de barranco hacia el oeste.

Resulta oportuno considerar, en este sector, las mismas indicaciones que se detallaron anteriormente, tanto para el actual acceso compartido con Ordeig como en cualquier desarrollo urbanizador futuro, particularmente respecto a las necesidades de estacionamiento vehicular como de equipamiento urbano.

### **Balneario Kiyú**

El frente costero del balneario Kiyú es el más extenso, con unos 3,5 kilómetros de longitud, entre los grandes padrones rurales: el ya mencionado frente al balneario Vista Mar, en el este,

y el gran predio del Camino del Indio, en el oeste. Coincide, además, con el tramo continuo más importante y extenso del barranco de Mauricio.

En el desarrollo del barranco se producen dos tramos intermedios en que éste se escalona, lo que ha sido aprovechado para construir circulaciones vehiculares que permiten descender acercándose casi hasta el nivel de la playa.

Para acceder a la zona baja, más al este, la circulación vehicular es de un único sentido (de este a oeste) con sendos puntos altos vinculados a la trama vial, en sus extremos. En el punto más bajo es donde se localiza el Parador del Medio (actualmente con el nombre comercial de “Tequila”) y una batería de servicios higiénicos, con su playa de estacionamiento. En ese punto existe una escalera doble (en parte de hormigón y en partes de madera) para salvar el desnivel restante y acceder a la playa.

El acceso a la zona baja, más al oeste, se realiza con una calzada vehicular en cul de sac, muy angosta y con notorios problemas de drenaje pluvial. Por ella es posible, además, bajar embarcaciones hasta la playa. En un punto intermedio de este ramal vehicular se encuentra una playa de estacionamiento.

Se producen dos circulaciones peatonales para el descenso a la playa: una a mitad de camino de la calzada vehicular y otra frente a la playa de estacionamiento, dotada de una escalera de madera. Para el primer caso se propone la mejora de la actual escalera de madera y para el segundo la sustitución por una pasarela de madera con accesibilidad universal. Asimismo, se deberán incorporar equipamientos de duchas, lavapiés y otros mobiliarios urbanos en el punto alto de cada acceso.

Esta zona, del ramal circulatorio en cul de sac, coincide con el único espacio público del balneario en lo alto del barranco: la plazoleta De las Escritoras y el Paseo de Omar, a lo largo de la calle Mbiguá.

En los dos casos de calzadas vehiculares mencionadas, resulta oportuno revisar y ajustar el diseño de las circulaciones, para analizar la pertinencia de la circulación vehicular, su regulación o aún su eventual eliminación, así como la dotación de estacionamiento, con previsión de sitios para discapacitados, próximos a los puntos de bajada a la playa.

En cualquier caso, resulta aconsejable proceder al rediseño vial, a efectos de un manejo adecuado del drenaje pluvial y evitar el deterioro del barranco. En la llegada vehicular a la

playa, se sugiere la realización de un proyecto específico que asegure la protección del sistema dunar y del barranco.

Deben analizarse también, para su revisión y eventual eliminación o rediseño, caso a caso, los dispositivos informales de descenso por el barranco, tanto los existentes desde el espacio público como, muy especialmente, los implantados desde predios privados con fondo hacia la playa, en general sumamente precarios. Para éstos se sugiere la adopción de una normativa específica que los impida, procediendo al retiro de los existentes.

### **Camino del Indio en Kiyú**

En el extremo oeste, en la confluencia de la calle Mbiguá y la calle Casa del Tío Juan, el fraccionamiento del balneario Kiyú se aleja de la costa, dando lugar al gran padrón rural mencionado, donde se desarrolla el parque y sendero eco-arqueológico Camino del Indio.

Es en esa confluencia vial que se inicia la Rambla Mainumbí, la que desciende hacia el oeste llegando casi el nivel de la playa en la localización del Parador Chico, la batería de servicios higiénicos y su playa de estacionamiento.

Si bien se han planteado alternativas para la protección de las construcciones del edificio del parador y sus espacios exteriores propios, para enfrentar la acción de río en la perspectiva del cambio climático, resulta pertinente considerar su sustitución. Para ello, se plantea hacerlo dentro del mismo padrón suburbano N° 876 en que se encuentra actualmente. Simplemente se podría reconstruir al otro lado de la calzada vehicular hacia el norte, en el claro del monte existente, apenas un metro más alto, lo que aseguraría su conservación al margen de las crecidas del río previsibles.

Al oeste del parador existe una pasarela de madera, perpendicular a la costa, para acceso a la playa, frecuentemente afectada por el oleaje en las crecidas del río. En futuras acciones de mantenimiento, resulta recomendable encarar el diseño en forma transversal.

El escaso desnivel con la arena de la playa y la ausencia de obstáculos, lleva a que se produzcan numerosos accesos informales a través de la duna en reconstrucción, a pesar de la existencia de un acceso formalizado, tal vez demasiado identificado con el parador. Se plantea la necesidad de establecer un límite físico que reduzca las posibilidades de acceso informal a la playa y la posible incorporación de una nueva bajada, próxima al extremo este de la playa de estacionamiento vehicular, con accesibilidad universal.

En esta zona, el barranco va perdiendo potencia y se aleja de la playa. La denominada Rambla Mainumbí se prolonga más de un kilómetro hacia el oeste.

En este gran predio rural, al oeste del Parador Chico, se encuentra un área de camping, con una batería de servicios para los acampantes. También se desarrollan senderos de interpretación, uno de ellos a través de una gran escalera que trepa el barranco hacia la confluencia de las calles Ibirapitá y Luz Marina.

#### 4.10.6. ACCESOS A LA PLAYA

En la siguiente tabla se resumen los accesos a la playa y las propuestas de alternativa para cada caso.

Tabla 4-8. Accesos a la playa.

Balneario	Localización	Situación actual	Propuesta
ORDEIG	Calle Los Pinos	inexistente	sugerencia de reperfilado de sistema dunar, rampa para botadura de embarcaciones
	Calle Carancho	senda informal atravesando dunas, a veces usada por pescadores en zafra	recuperación de dunas, pasarela de madera con accesibilidad universal
	Calle Surí	senda informal atravesando dunas, utilizada por pescadores en zafra	recuperación de dunas, pasarela de madera con accesibilidad universal
	Calle Tucu Tucu	varias sendas informales atravesando dunas, alejada de viviendas	recuperación de dunas
	Calle 17 Metros	escalera de hormigón armado	-
FRENTE VISTA MAR	Camino A Mauricio Avenida Vista Mar	bajada mejorada con escalones y barandas de madera	-

Balneario	Localización	Situación actual	Propuesta
KIYÚ	tramo entre Calle Ipé y eje Avenida Los Hibiscos	diversas escaleras precarias en los fondos de los padrones privados	sugerencia normativa para eliminar
	Parador del Medio ("Tequila")	sistema complejo con escaleras de hormigón y de madera	-
	tramo entre Calle Tié y eje Calle Maracaná	diversas escaleras precarias en los fondos de los padrones privados	sugerencia normativa para eliminar
	Bajada Rambla Mainumbí	llegada a la arena de calzada vehicular de material granular, en mal estado	sugerencia de mejorar calzada y resolver atravesamiento de la duna
	Estacionamiento Rambla Mainumbí	escalera de madera	sustituir por pasarela de madera con accesibilidad universal
	Rambla Mainumbí y Calle Mbiguá	senda informal atravesando el monte	-
CAMINO DEL INDIO	Parador Chico	escalera de madera	nueva pasarela con accesibilidad universal, próxima al este del estacionamiento

#### 4.10.7. ALTERNATIVAS DE DRENAJE PLUVIAL

En base al diagnóstico realizado de las descargas pluviales del balneario en estudio se proponen las siguientes actuaciones:

- Descarga 1: No se identifica erosión localizada a causa del escurrimiento pluvial, monitorear y en caso de requerir actuación realizar una "escalera" de gaviones con protección de pie, similar a la propuesta de la descarga 2-Oeste.
- Descarga 2 – Este: Cámara de captación en la descarga de la tubería de 500 mm de diámetro existente para generar el salto dentro de la cámara y posteriormente descargar en la playa por medio de un dissipador de energía.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

- Descarga 2 – Oeste: Protección de la barranca y mitigación de la erosión en pie de talud por medio de bajada con “escalera” de gaviones y protección en el pie de talud.
- Descarga 3: Buen estado de las descargas, no se proponen actuaciones.
- Descarga 4 y 5: No se constatan problemática por lo que no se proponen actuaciones.
- Descarga 6: Se propone reconstruir la descarga de la alcantarilla, con el repavimentado necesario en la cuneta aguas arriba de la captación. En la descarga se deberá construir un cabezal con aletas y diente anti-socavación tipo cabezales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), con dissipador de energía por medio de enrocado y cuenco de infiltración en el espacio disponible naturalmente.

#### 4.10.8. ASPECTOS ECONÓMICOS

Se realiza una estimación de costos preliminar considerando los principales componentes de la alternativa propuesta.

Tabla 4-9. Rubrado de la alternativa propuesta para Kiyú.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO UYU	PRECIO TOTAL UYU
1.1	Relleno de playa zonas 1, 2 y 3 año 1	235.000	m3	585	137.475.000
1.2	Relleno de playa zonas 1, 2 y 3 año 8	50.000	m3	585	29.250.000
1.5	Cateos y estudios granulométricos de la zona de préstamo	1	gl	200.000	200.000
<b>2</b>	<b>DIQUE EXENTO</b>				
2.1	Dique exento de 75 m de longitud, fundado a -3 mWh, 1700 m3 enrocado	1	un	27.000.000	27.000.000
2.2	Relleno de playa zona 4 año 1	33.000	m3	702	23.166.000
<b>3</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)</b>				
3.1	Cerca captoras de arena	2.000	ml	3.000	6.000.000
3.2	Bosque costero (manejo exóticas y plantación)	113.300	m2	500	56.650.000
3.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	5.000	m2	500	2.500.000
<b>4</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO</b>				
4.1	Accesos a la costa (4 pasarelas de madera)	1	gl	5.758.000	5.758.000
<b>5</b>	<b>MONITOREO en los primeros 8 años de la obra</b>				
5.1	Campaña de relevamiento de perfiles de playa (8 perfiles por campaña)	13	Unidad	600.000	7.800.000
5.2	Ensayo granulométrico en perfiles de playa (3 muestras por perfil)	8	Unidad	60.000	480.000
5.3	Fotografías aéreas	6	Unidad	70.000	420.000
5.4	Coordinación e informe general de monitoreo	8	Unidad	400.000	3.200.000
<b>6</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

RUBRO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO UYU	PRECIO TOTAL UYU
6.1	Reconstrucción de la descarga N°6 y generación de cuenco de infiltración	1	gl	1.920.000	1.920.000
6.2	Actuaciones en la descarga N°2 Este (cámaras de captación)	1	gl	1.500.000	1.500.000
6.3	Actuaciones en la descarga N°2 Oeste (disipador tipo "escalera" de gaviones)	1	gl	1.120.000	1.120.000
<b>NOTAS</b>  Precio de oficina en pesos uruguayos  Se suponen solo un 10% de imprevistos  Se presenta el total con leyes pero SIN iva		SUBTOTAL SIN LEYES			304.439.000
		IMPREVISTOS		10%	30.443.900
		TOTAL SIN LEYES			334.882.900
		LEYES		14%	46.883.606
		IVA		22%	66.976.580
		TOTAL CON LEYES S/IVA			381.766.506

Este rubrado contempla los rubros y cantidades determinadas en el anteproyecto que se presenta a continuación, pero tiene incorporada la obra del dique exento que es la alternativa propuesta como alternativa.

#### 4.11. ALTERNATIVA A DESARROLLAR

En conjunto con la contraparte de la consultoría (Ministerio de Ambiente e Intendencia de San José) se optó por realizar el anteproyecto de la siguiente alternativa:

- Relleno de playa de las zonas indicadas como 1 (Av. Vista mar), 2 (Parador Tequila) y 3 ("Bajada del medio"), realizado mediante el refulado de arena desde la desembocadura del arroyo Mauricio, acompañado por cercas captoras de arena, vegetación, intervención en las descargas pluviales, etc.

Esta medida tiene las siguientes ventajas:

- 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. el monitoreo de esta solución generará un banco de datos que permitirá en el futuro, si se requiere, estudiar otras alternativas y/o ajustar los volúmenes de recarga periódica al relleno de playa.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

- c. la dispersión del material de relleno colabora en el avance de la línea de playa en todo el balneario Kiyú-Ordeig
  - d. Si la fuente de sedimentos, luego de los estudios que se deben realizar en proyecto ejecutivo, es la desembocadura del arroyo Mauricio, se trataría de una obra de redistribución de sedimentos dentro del propio sistema
- Protección del Parador Chico por medio de una duna reforzada con núcleo de geotubos, en conjunto con medidas verdes (cercas captoras de arena, vegetación, etc.). Esta definición se basó en las siguientes consideraciones:
    - a. se protege la infraestructura existente de los eventos extremos,
    - b. genera un espacio de tiempo de algunos años para evaluar los pasos a seguir a más largo plazo, sin afectar la posibilidad de en un futuro optar por estrategias de retiro del Parador Chico o de un relleno de playa con obras de estabilización como, por ejemplo, un dique exento.

Además, a lo largo del balneario se proyecta construir/acondicionar cuatro accesos a la costa con accesibilidad universal.

## 4.12. ANTEPROYECTO

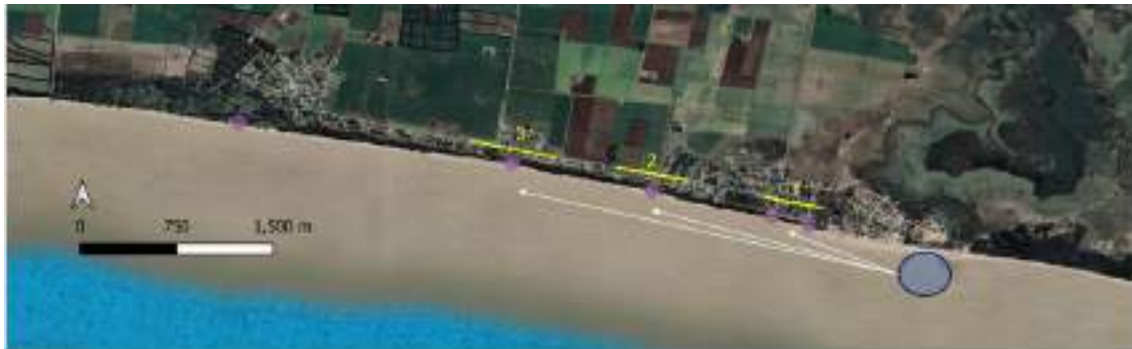
A continuación, se detallan las intervenciones proyectadas a nivel de anteproyecto, con su presupuesto de oficina y la línea de vida de las obras.

### 4.12.1. RELLENO DE PLAYA

El objetivo de esta intervención es proveer de arena a la playa de Kiyú para que la respuesta ante los aumentos proyectados del nivel medio del mar no implique una disminución del ancho de playa actual, y así evitar el consecuente aumento del riesgo de erosión de la barranca por acción del mar. Se toma como referencia que el ancho de playa actual y su rango de variabilidad han sido mayormente efectivos para controlar la erosión de la barranca por acción marítima. De todas formas, se busca aumentarlo, con los propósitos de: aumentar la protección de la barranca frente a la acción marítima, proveer más espacio y disponibilidad de sedimentos que favorezcan un desarrollo dunar al pie de la barranca y generar más espacio de playa focalizado en las zonas de mayor uso.

#### 4.12.1.1. Configuración en planta

La alternativa de base presentada en el producto 2, se la ajustó para que finalmente los rellenos se concentren en las zonas 1, 2 y 3 (ver Figura 4-62).



*Figura 4-62.- Referencias de la zona de préstamo (i.e. círculo azul) y recepción (segmentos amarillos) de la arena en el esquema de refulado propuesto. Los puntos violetas indican los principales accesos a la playa.*

En la Figura 4-63 se muestra los resultados de la evolución esperada de la línea de costa bajo una estrategia de avanzar inicialmente 10 m el ancho de playa en las zonas 1, 2 y 3 y luego realizar recargas de 50.000 m<sup>3</sup> cada 8 años en esas mismas zonas.

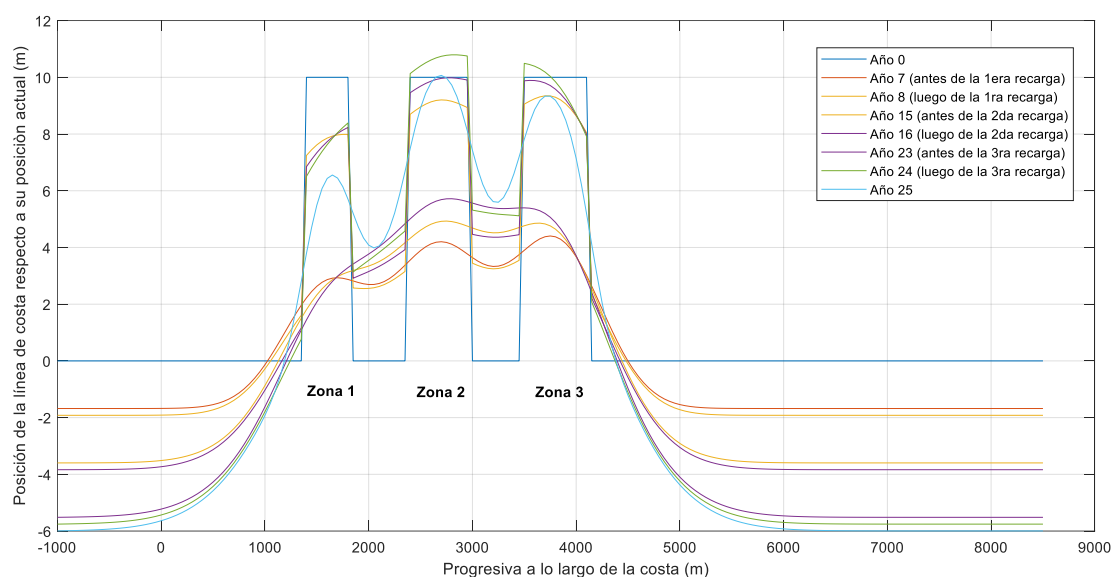


Figura 4-63.- Evolución de la línea de costa esperada luego del relleno inicial y las recargas de mantenimiento.  
Resultados de simulación con modelo de una línea.

Se aprecia que se consigue que el tramo de costa objetivo (zona 1 a 3) se adapte a un aumento del nivel medio del mar sin que aumente el riesgo de erosión costera y sin que esto suponga una pérdida de playa.

#### 4.12.1.2. Perfil tipo del relleno de arena

Para un cálculo más detallado del volumen de arena que es necesario refular para lograr el avance de 10 m planteado, se estimó el perfil objetivo del relleno recurriendo a los siguientes pasos:

- La posición correspondiente al nivel medio del mar actual (i.e. 1 mWh) se la traslada 10 m hacia el mar (Avance buscado de 10 m en la posición media de la línea de costa)
- Para la zona emergida del perfil (i.e  $z \geq 1\text{mWh}$ ) se considera una pendiente de 6% hasta encontrar la cota de berma ( $Z_b=3\text{mWh}$ ). La pendiente y cota de berma consideradas surgen de analizar los resultados del relevamiento topo-batimétrico del sitio.
- Para la zona sumergida del perfil, se considera un perfil de equilibrio correspondiente a una arena de tamaño medio  $D_{50}=0.22^{26}$  mm, el cual se lo considera válido hasta la profundidad de cierre ( $Z_c=-2.6$  mWh).

<sup>26</sup> Valor que sale de ensayos granulométricos a muestras de arena en la zona de la desembocadura del arroyo Mauricio.

- Finalmente, a mayores profundidades que la profundidad de cierre se compatibiliza el perfil objetivo con el perfil de base con una pendiente 1V:3H

Para construir el perfil de base se promediaron los perfiles transversales relevados en el marco del presente proyecto. Este perfil promedio se lo considera como representativo del perfil actual para todo el tramo intervenido. La comparación del perfil objetivo y el perfil de base se presenta en la Figura 4-64.

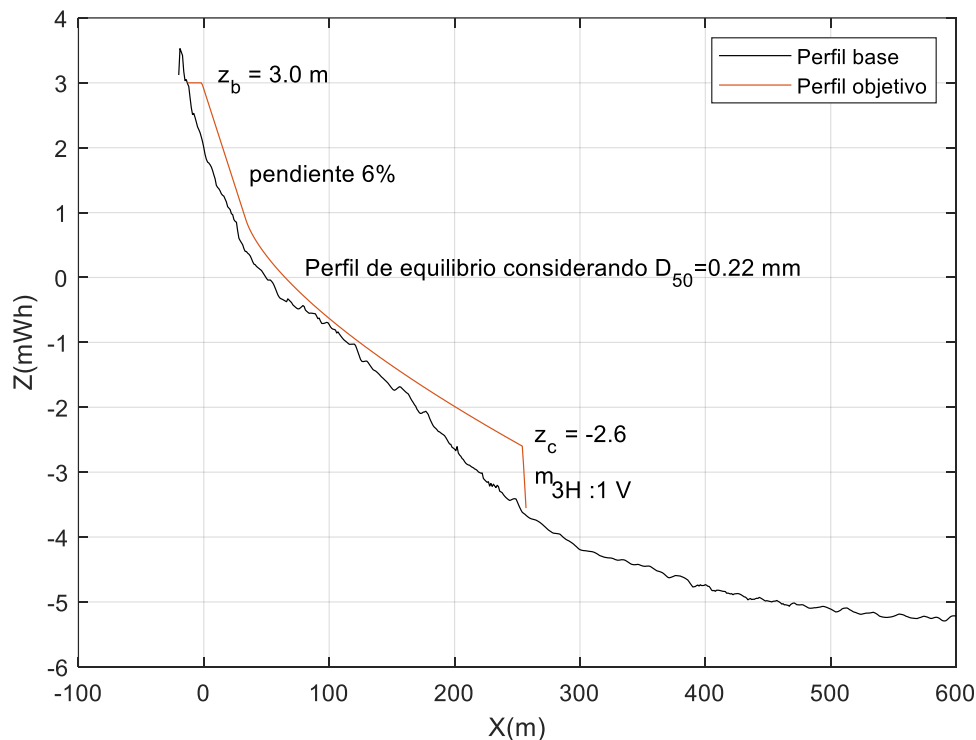


Figura 4-64.- Perfil objetivo del relleno sobre el perfil de base obtenido del relevamiento.

El volumen colocado en sitio surge de la diferencia entre el perfil objetivo y el perfil de base. Esta diferencia es de 127 m<sup>3</sup> por metro de frente de playa. Multiplicando por los 1850 m de playa a intervenir, el volumen resulta de **235.000 m<sup>3</sup>**.

#### 4.12.1.3. Procedimiento constructivo y perfil de relleno

Asumiendo que el material será dragado de la zona de influencia de la desembocadura del arroyo Mauricio y bombeado hasta la playa como una suspensión de agua y arena, 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 4-65).

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  $++3.0$  m Wh. y tendrá una pendiente de playa en torno a 1:15, hasta alcanzar el perfil actual (ver ejemplo en Figura 4-66).

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 4-65 – Ejemplo de proceso constructivo de relleno de playas (tomado de <https://www.nps.gov/articles/beach-nourishment.htm>).*

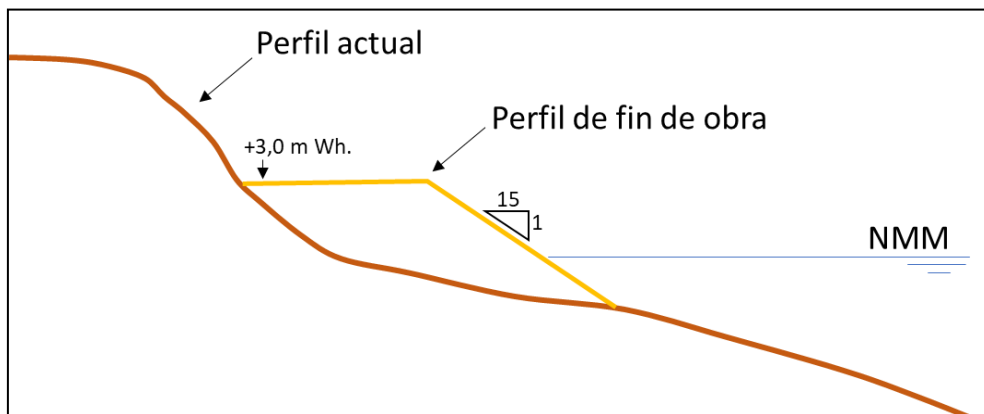


Figura 4-66 – Esquema del perfil objetivo a fin de obra considerando que la granulometría en la zona de préstamos es similar a la de la playa.

#### 4.12.2. ZONA DEL PARADOR CHICO

En esta zona, en el estudio de alternativas se propuso realizar un relleno de playa al igual que en las zonas 1, 2 y 3 pero con una obra de estabilización por medio de un dique exento, debido a que es una medida de gran porte y alto costo para proteger solamente el acceso al camping y la estructura del Parador Chico se resolvió proyectar medidas de menor impacto y costo.

La medida propuesta consiste en realizar una regeneración dunar con núcleo reforzado por medio de un geotubo acompañado con medidas verdes, es decir, cercas captoras de arena y revegetación dunar. Con esta medida se busca que durante un evento extremo quede protegido el Parador Chico ya que la erosión se mitiga en el núcleo duro de la duna.

Posterior a los eventos extremos es necesario realizar mantenimiento de la obra, en particular se deberá cubrir con arena el geotubo que quedó expuesto en la tormenta. Esta arena será extraída de las zonas circundantes, sin generar pozos.

Estas intervenciones serán monitoreadas a lo largo de los años, si el costo-beneficio de las tareas de mantenimiento no son lo esperado, y/o se considera que no es una solución que pueda ser ejecutada con buenas prácticas por medio del organismo competente, se aconseja retirar o desplazar hacia el continente la infraestructura existente. En caso de optar por correr el Parador Chico y/o el camping, se debe retroceder al menos unos 50 m.

A continuación, se presentan los estudios realizados para la zona.

#### 4.12.2.1. Duna con núcleo reforzado

Como fue descrito antes, como protección del Parado Chico y del acceso al camping, se propone realizar una duna reforzada por medio de un núcleo de geotubo.

La duna reforzada tendrá un largo de 120 metros. Deberá cubrirse con arena del sitio, y colocar un sistema de cercas captoras de arena para promover su regeneración y fijación. A su vez, una vez que la duna este regenerada se plantarán herbáceas dunares con el fin de colaborar en la fijación de la arena.

También se colocará una hilera de arbustivas contra el Parador Chico para evitar que la arena voladora ingrese al mismo provocando obstrucciones.

En los eventos extremos el mar puede alcanzar y dejar a la vista los geotubos, por lo que posterior a las tormentas severas, se deberán hacer las tareas de mantenimiento necesarias para cubrir de arena los geotubos.

En los planos anexos se presentan detalles.

#### 4.12.2.2. Consideraciones respecto al retiro del Parador Chico

Se realizó a partir del modelo XBeach<sup>27</sup> la estimación de la respuesta del perfil de playa frente al parador chico ante un evento de 100 años de período de retorno.

El perfil se obtuvo del relevamiento topo-batimétrico realizado en el marco del presente proyecto (Figura 4-67) y se lo extendió hacia el continente con cota 5 mWh.

Contrastando datos concomitantes de Nivel de mar (NM) y altura de ola significativa (Hs) en la zona de estudio (Figura 4-68) se asume la hipótesis conservadora de que estas dos variables están correlacionadas. Por lo tanto, para el evento evaluado se consideró un pico tanto para Hs como para NM de 100 años de período de retorno. Estos valores son  $H_{s,Tr100}=2.82$  y  $NM_{s,Tr100}= 4.4$ .

Para construir la tormenta de diseño se tomaron las siguientes consideraciones:

- 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>27</sup> <https://oss.deltares.nl/web/xbeach/>

- que los valores al inicio y fin de la tormenta para estas dos variables son 1,0 m y +1,8 m Wh., respectivamente
- que el periodo medio espectral del oleaje ( $T_m$ ) se mantiene a lo largo de la tormenta en 6s.
- que el oleaje incide de forma normal a la playa durante toda la tormenta.

El resultado obtenido se presenta en la Figura 4-69. Se aprecia un retroceso de 40 m. En base a esto y sumando los retrocesos esperados por aumento de nivel medio del mar, se recomienda que, si el parador es trasladado hacia tierra para evitar problemas de erosión costera, este retiro debe ser de como mínimo 50 m.

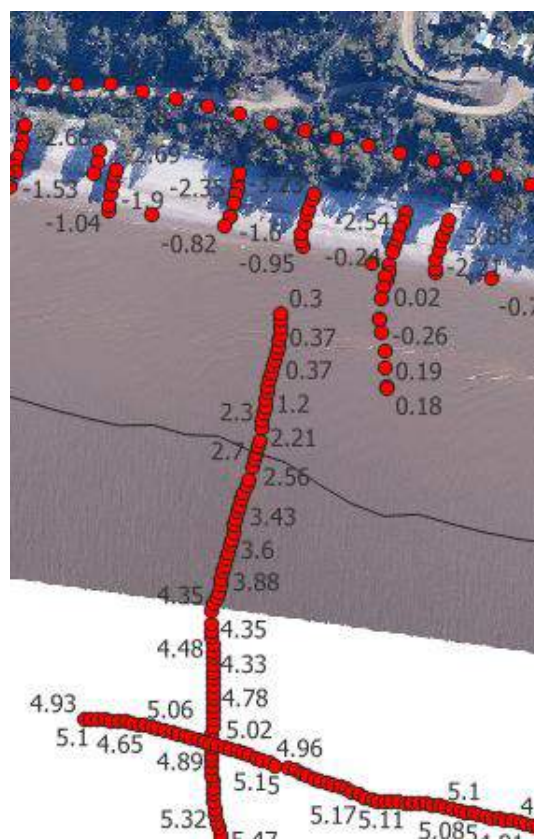


Figura 4-67. Relevamiento topo-batimétrico frente al Parador Chico.

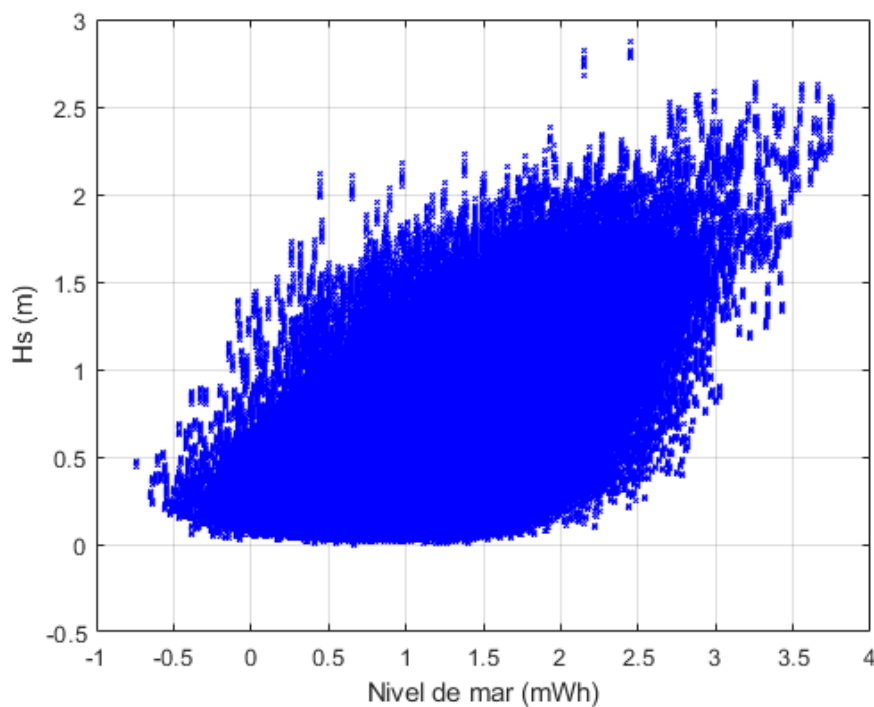


Figura 4-68.- Diagrama de dispersión  $H_s$  vs NM en Kiyú

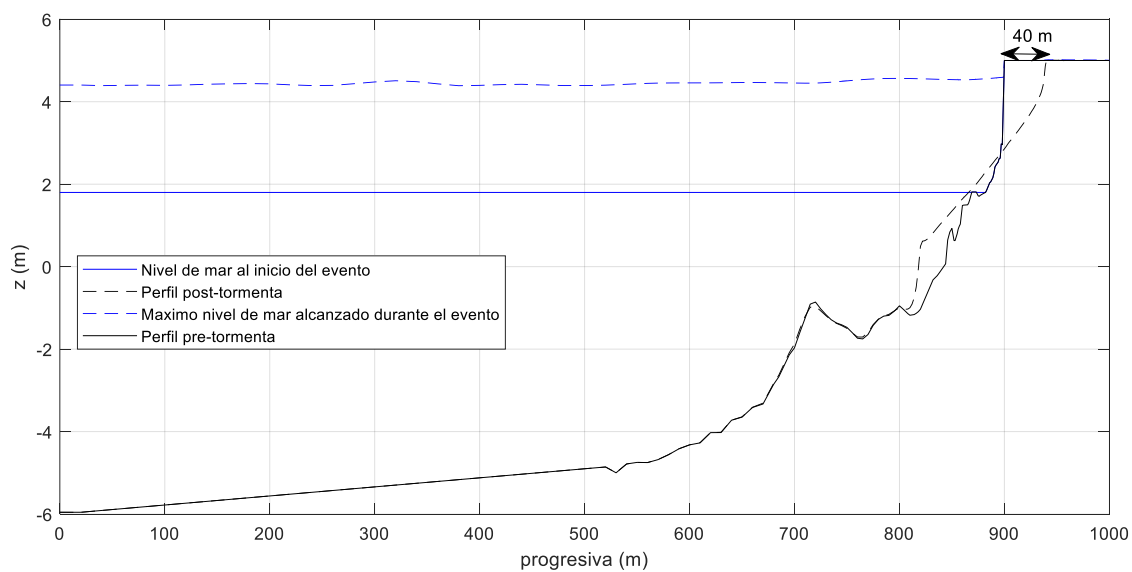


Figura 4-69.-Resultado del modelo XBeach aplicado al perfil de playa del Parador Chico y una tormenta  $Tr$  100.

### 4.12.3. MEDIDAS BASADAS EN LA NATURALEZA

#### 4.12.3.1. Cercas captoras de arena

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

Las playas del balneario Kiyú al oeste de la zona conocida como “La Guitarra” presentan un alto nivel de naturalidad y ostentan un sistema dunar bien definido que está limitando por el lado norte con un monte de especies en su mayoría nativas de bosque costero. Para el tramo (lado oeste) se considera que no es necesario realizar intervenciones sobre los atributos ecosistémicos presentes. Se considera oportuno monitorear en forma periódica el potencial avance de especies exóticas sobre el bosque nativo y la zona dunar. Lo mismo se sugiere para las zonas que no se sugieren cercas captoras entre Parador chico y Playa del Medio y entre esta y Bella Vista.

En la zona de Parador chico, donde se ubica dicho parador y un camping, se plantea la implementación de cercas captoras. Es una zona donde ya antiguamente se había evidenciado la necesidad de mantener acciones de recarga de arena mediante este método, luego del impacto sufrido tras el temporal anteriormente citado del año 2012.

Luego se plantea la colocación de cercas captoras en la zona conocida como playa del medio y en las playas de la zona de Parador Grande y Bella Vista (extremo este del proyecto). Estas zonas presentan afluencia de público e incluso de bajada de lanchas (playa del medio) debido a lo cual la presión de uso plantea la necesidad de fortalecer el componente dunar mediante acciones de reconstrucción con 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. Los restos vegetales serán de podas de ramas recién cortadas, para que tengan abundante follaje lo que facilita la captación de arena.

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.

El diseño de las cercas captoras o pantallas de arena, en el caso de Kiyú se realizará **en peine**. Se construye una sección de cerca en **forma paralela** playa, dispuesta al pie del cordón dunar en caso de que lo haya y luego se sujetan al piso con hilo tipo sisal. Las estructuras de cercas **se rematan formando un ángulo de 90°** aproximadamente con la porción de cerca paralela a la playa. De esta manera, se busca optimizar la captación de los vientos del oeste, especialmente en los tramos de playa más angosta y con menos volúmenes de arena.

Para evitar el movimiento de las cercas captoras frente a fuertes vientos o posible embate del oleaje, 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 4-70 y Figura 4-71). Con las pantallas se busca regenerar el cordón dunar, conectando las secciones de duna discontinuas. Se trabaja entonces en la construcción de pantallas en peine, con salientes hacia la costa en dirección suroeste, que se disponen en forma consecutiva (Figura 4-72 y Figura 4-73).



*Figura 4-70. Detalles de los trozos de madera que se utilizan para asegurar la poda (tomado de ficha técnica n°6 proyecto URU/07/2013)*



*Figura 4-71. Atado de las podas y vista del detalle de cercas captoras (tomado de ficha técnica n°6 proyecto URU/07/2013)*



*Figura 4-72. Construcción de cercas en peine realizadas en Kiyú 2018 y Ciudad de la Costa 2022 (proyecto Municipio Ciudad de la Costa, Organización local Guardianes de la Costa)*

Además del diseño **en peine** antes descrito, las extensiones en forma de “espiga” hacia la costa deberán considerar una sección de cercas en **forma paralela** playa, dispuesta al pie del cordón dunar en caso de que lo haya y luego se sujetan al piso con hilo tipo sisal. Las estructuras de cercas **se rematan formando un ángulo de 90°** aproximadamente con la porción de cerca paralela a la playa. De esta manera, se busca optimizar la captación de los vientos del oeste, especialmente en los tramos de playa más angosta y con menos volúmenes de arena.



*Figura 4-73. Cercas captoras en peine realizadas en Parador chico, Kiyú 2016*

La disposición y ubicación de las cercas captoras reconocen la accesibilidad a la zona de playa, evitando su colocación delante accesos, desagües pluviales y buscando la optimización la captación dunar en zonas circundantes a los ingresos para evitar su soterramiento. Parte del ajuste de la colocación ser realizarán *in situ*, durante la fase ejecutiva del proyecto y en coordinación con el resto de las infraestructuras proyectadas. Se considera la colocación de cercas captoras ubicadas al pie de la barranca, de forma de ampliar el potencial de captación de arena proveniente del transporte eólico y para disminuir el impacto del oleaje sobre la barranca. En las acciones previamente realizadas en Kiyú, las cercas captoras mostraron una doble función de recarga, capturando el caudal eólico de arena y a su vez, el sedimento depositado por el oleaje entre las cercas ubicadas al pie de la barranca y la pared de la misma.

Se define la colocación de 1.498 metros lineales de cercas captoras, incluyendo las salientes en peine descritas en los anexos gráficos. Las acciones de colocación de cercas captoras se monitorearán como se indica más adelante en otro apartado. A partir de este seguimiento, se evaluará la reposición, colocación de nuevas cercas, en caso de que sea necesario.



*Figura 4-74. Resultados antes y después de colocación de cercas en Kiyú. Proyecto: (PNUD-GEF URU/07/2013).*

#### **Metodología de intervención paso a paso:**

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 (troncos) 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 4-75. 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 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.

La Intendencia Departamental de San José, así como el Municipio de Libertad, tienen una vasta experiencia en materia de restauración dunar.

Basado en estos antecedentes, se plantea la realización de 1.498 metros de cercas captoras en el tramo de playa definido por el proyecto. Las cercas deberán ser realizadas en forma periódica de forma de fortalecer y conservar zonas con dunas preexistentes; restaurar el sistema de dunas en base a parches dunares preexistentes en varios tramos de playa del proyecto.

La construcción de cercas captoras que permitan la recarga de arena, implica una protección extra del pie de barranca frente al efecto del oleaje y también permitirá generar un parche de bosque costero detrás de su estructura. Las especies de bosque costero que crecen naturalmente en la zona de Kiyú (Acacia mansa, ceibo, curupí) ofrecen un sostén extra para el sistema dunar y protegen el pie de la barranca de mejorando la capacidad de amortiguación del ecosistema durante eventos extremos de precipitaciones de lluvia y oleaje.

#### 4.12.3.2. Bosque costero

Esta alternativa persigue 2 componentes de adaptación. Por un lado, disminuir el impacto negativo del sombreado de los árboles existentes sobre las barrancas y mejorar la performance de los parches de bosque ya existentes al pie de la barranca ante eventos extremos (viento y lluvia). El manejo de los ejemplares exóticos sobre la barranca, mayoritariamente Eucaliptus, disminuyen su riesgo de caída y procesos de erosión que se desencadenan a partir de su caída durante eventos extremos de viento.

Para estas acciones se recurrirá a especies de bosque nativo litoral y psamófilo que ya han sido utilizados en experiencias anteriores por la Intendencia Departamental de San José y el Municipio de Libertad, las especies son compartidas en las intervenciones realizadas en la costa de Colonia.

Estas acciones además de ser una ventaja para minimizar efectos de la erosión frente a eventos extremos, representa la jerarquización el bosque nativo litoral y psamófilo, un ecosistema de alta fragilidad y cada vez más fragmentado en la faja costera a escala nacional.

Bosque costero (manejo exóticas y plantación)	11,33 hectáreas
---	-----------------

#### 4.12.4. ACONDICIONAMIENTO DE DRENAJE PLUVIAL

En las descargas pluviales del balneario se proponen las siguientes actuaciones:

- Descarga 2 – Este: cámara de captación en la descarga de la tubería de 500 mm de diámetro existente para generar el salto dentro de la cámara y posteriormente descargar en la playa por medio de un dissipador de energía.
- Descarga 2 – Oeste: se propone proteger la barranca y mitigar de la erosión en pie de talud por medio de bajada con “escalera” de gaviones y protección en el pie de talud por medio de enrocado.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

- Descarga 6: Se propone reconstruir la descarga de la alcantarilla, con el reperfilado necesario en la cuneta aguas arriba de la captación. En la descarga se deberá construir un cabezal con aletas y diente anti-socavación tipo cabezales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), con dissipador de energía por medio de enrocado y cuenco de infiltración en el espacio disponible naturalmente.

Tabla 4-10. Caudales de diseño en cada descarga para 2 y 10 años de período de retorno.

Descarga	2 Este	2 Oeste	6
TR	Q máx (m³/s)		
2 años	0,33	0,41	1,24
10 años	0,57	0,72	2,20

#### 4.12.4.1. Descarga 2 – Este

La descarga este actualmente descarga libre en la barranca desde una tubería de 500 mm de diámetro.

Se propone captar la tubería existente en caso de que este en condiciones adecuadas, se deberá al menos determinar exactamente su pendiente previo al proyecto ejecutivo y desobstruir antes de realizar las obras proyectadas.

La captación será en un registro de inspección tipo registro de saneamiento de la Intendencia de Montevideo. En este registro saltará el flujo sin perjudicar la barranca y descargará a un segundo registro para salvar la diferencia de alturas. Luego descargará a la playa por medio de una tubería de 1000 mm de diámetro y de un dissipador de energía tipo “Rip-Rap Apron” diseñado siguiendo los lineamientos del HEC 14.

Con esta estructura (registros de captación y salto, y dissipador de energía) se busca evitar la erosión de la barranca y de la playa. Cabe destacar que, en caso de solamente hacer el registro, el flujo concentrado y sumado al desnivel que debe salvar erosionaría la playa con gran impacto incluso en eventos de tormenta recurrentes.

A continuación, se detallan los cálculos realizados para el diseño del dissipador de energía de descarga, y en los planos correspondientes se detallan el esquema de diseño.

## 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.

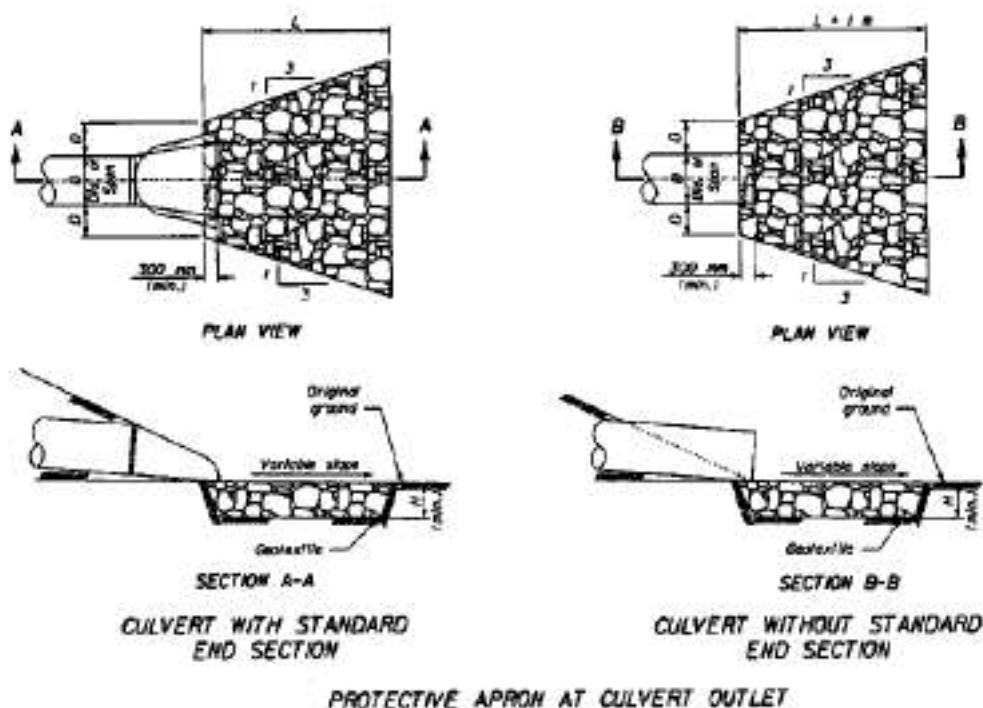


Figura 4-76. Esquema de protección rip rap apron.

Para tuberías circulares se recomienda la siguiente ecuación:

$$D_{50} = 0.2D \left( \frac{Q}{\sqrt{g} D^{2.5}} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{D}{TW}$$

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:

$$D' = \frac{D + y_n}{2}$$

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

Donde  $D'$  es el diámetro ajustado e  $y_n$  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.

### Resultados:

Tabla 4-11. Disipador de energía - descarga N°2 este.

Cuenca 2 - este	
Parámetro (m)	Valor
D (m)	1,0
Q (m³/s)	0,57
D50 (m)	0,40
Largo plataforma (m)	7,0
Profundidad plataforma (m)	0,8
Ancho min plataforma (m)	4,1
Ancho máx, plataforma (m)	8,8

#### 4.12.4.1. Descarga 2 – Oeste

La descarga oeste al Parador Tequila, frente a los baños municipales, actualmente es libre a través de la barranca, lo que provoca su erosión, es notorio su deterioro actual, por lo que se propone proteger la barranca por medio de una estructura de disipación y conducción por medio de gaviones.

Se proyecta tipo “escalera” con gaviones con colchón de pie en la descarga a la playa. De esta manera se evita la erosión de la barranca y del pie. A su vez, se propone revegetar esta zona para que no quede la estructura expuesta y así integrarlo al paisaje o hacerle una cubierta de mortero, para preservar la estructura, en caso de ser pisada.

Si bien este punto de la barranca no será alcanzado por el Río de la Plata, los gaviones deberán ser de un material tal que no se corroa por su exposición.

A continuación, se muestra, a modo de ejemplo, una serie de esquemas e imágenes representativas:



*Figura 4-77. Ejemplo de gaviones colocados para disipar energía.*

Se presentan planos de detalle con la propuesta para el punto de la barranca costera a proteger. Además, en caso de ser una solución que mejore la situación y se vean a lo largo del tiempo buenos resultados, puede ser replicada en otros puntos que se erosionen por drenaje con los estudios y permisos previos necesarios.

#### 4.12.4.1. Descarga 6

En proyecto ejecutivo de esta intervención, en primer lugar, se deberá tener un relevamiento ajustado para determinar el largo y pendiente exacta de la alcantarilla existente, si con estos valores, se verifica que la capacidad de la tubería de 800 mm de diámetro es suficiente, no

deberá reemplazar por completo, sino que las obras consistirían en re-perfilar la cuneta aguas arriba de la conducción y se reemplazará el cabezal de descarga, siguiendo los planos de cabezales tipo “Z” del MTOP.

Para este anteproyecto, se supone una pendiente de 1% por lo que se proyecta reconstruir la alcantarilla de cruce, con una tubería de 1000 mm de diámetro y 7 m de largo determinada a partir del caudal de diseño para 2 años de período de retorno.

Tabla 4-12. Alcantarilla descarga N°6.

So	L	n	Q diseño	D	y	v	% capacidad
m/m	m		m³/s	mm	m	m/s	
0,01	7	0,015	1,24	1000	0,56	2,76	56

Luego de la descarga, se propone generar un dissipador de energía tipo “Rip Rap Apron” y un cuenco para propiciar la infiltración.

La metodología para determinar el dissipador de energía es análoga a la explicada previamente y sus resultados son los siguientes:

Tabla 4-13. Dissipador de energía - descarga N°6.

Cuenca 6	
Parámetro (m)	Valor
D (m)	1,0
Q (m³/s)	2,2
D50 (m)	0,4
Largo plataforma (m)	6,0
Profundidad plataforma (m)	0,8
Ancho min plataforma (m)	4,1
Ancho máx, plataforma (m)	8,8

Posterior al dissipador de energía se proyecta realizar un cuenco de infiltración, esta medida es basada en la naturaleza y se busca promover y regenerar este tipo de cuencos que se

presentan en las costas de manera natural, incluso, en la descarga N°6 existente se presenta una depresión característica de esta medida de adaptación natural, pero seca y sin vegetación.

Esta medida tiene como objetivo promover la infiltración del escurrimiento al terreno para los eventos de período de retorno de baja recurrencia (lluvias frecuentes), a su vez, se regenera el ecosistema de tipo bañado con vegetación adecuada. Por otro lado, esta medida colabora en evitar cortes de la playa y erosión en la misma en eventos de lluvia recurrente, en los eventos de lluvia extremos el flujo cortará la berma para llegar a descargar en el Río de la Plata, como lo hace actualmente.

El cuenco filtrante se materializa con una capa de entre 30 a 60 cm de piedra partida (tamaño aproximado de 2-4cm) rodeada de geotextil sobre la cual se coloca una capa de 30 cm de arena y rocas rematada superiormente con vegetación, en particular especies hidrófilas herbáceas y arborescentes.

El caudal de diseño se determina a partir de los caudales específicos de estiaje máximos presentados en “Regionalización de estadísticas de caudales” (DINAGUA, 2019) para las cuencas de nivel 2. La cuenca que incluye a Kiyú corresponde a la N°24.

*Tabla 4-14. Caudal específico para la cuenca N°24.*

	Mínimo - Enero	Máximo - octubre
Q específico (l/s/km <sup>2</sup> )	3,1	16,9

Para calcular el área en planta necesaria para infiltrar los caudales de estiaje, se debe considerar la tasa de infiltración del suelo en el cual se implantará el sistema, ya que será el estrato que limite la infiltración (permeabilidad menor a la de la roca del manto filtrante y del geotextil).

Se considera una tasa de infiltración de  $10^{-4}$  m/s, tomando como referencia el valor medio del rango de tasas de infiltración de la arena según la bibliografía empleada<sup>28</sup> que va desde  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$  m/s. Cabe señalar que en etapa de proyecto se deberá realizar un estudio de

<sup>28</sup> Taller de sistemas Urbanos de -drenaje Sostenible (SuDS) Intendencia de Montevideo – BID, Mayo 2020.

permeabilidad de la arena del sitio, para obtener la tasa de infiltración real, así como la verificación mediante cateos de que en el sitio existe una potencia de arena suficiente que permita aceptar la hipótesis de que la infiltración es gobernada por la arena y que no exista un estrato impermeable que impida la infiltración a la tasa estimada.

Con dicha área y el ancho disponible, se calcula el largo del cuenco.

Finalmente, se calcula el área transversal necesaria para que la velocidad del flujo en este escenario sea menor o igual que 0,8 m/s (velocidad máxima para evitar el arrastre de la vegetación). Con dicha área y el ancho disponible, se verifica que el tirante del flujo sea del orden de milímetros (lámina de agua para caudales de estiaje).

En proyecto ejecutivo se debe determinar la altura de la napa freática debido a que si está por encima de la cota de fondo del cuenco no tendría efecto esta medida y no sería ejecutada.

Tabla 4-15. Resultados cuenco de infiltración - Descarga N°6.

A cuenca	Q estiaje mínimo	Q estiaje máximo	Área cuenco min	Área cuenco máx	Velocidad máxima	Área transversal	Ancho cuenco	tirante calculado	Largo mínimo
km2	m3/s	m3/s	m2	m2	m/s	m2	m	m	m
0,11	0,00033	0,00181	3,3	18,1	0,8	0,00226	6,00	0,0004	3,01

#### 4.12.5. ACCESOS A LA PLAYA

En la siguiente tabla se resumen los accesos a la playa y las propuestas de intervención para cada caso que a su vez son detalladas en planos.

Tabla 4-16. Accesos a la playa.

Balneario	Localización	Situación actual	Propuesta
ORDEIG	Calle Carancho	senda informal atravesando dunas, a veces usada por pescadores en zafrá	recuperación de dunas, pasarela de madera con accesibilidad universal
	Calle Surí	senda informal atravesando dunas, utilizada por pescadores en zafrá	recuperación de dunas, pasarela de madera con accesibilidad universal

KIYÚ	Estacionamiento Rambla Mainumbí	escalera de madera	sustituir por pasarela de madera con accesibilidad universal
CAMINO DEL INDIO	Parador Chico	escalera de madera	nueva pasarela con accesibilidad universal, próxima al este del estacionamiento

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.

#### 4.12.5.1. Accesibilidad al acceso de la playa

##### 1. Transporte público

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.

#### **4.12.5.2. 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 cartelera 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).

## 4.12.6. PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

### 4.12.6.1. Relleno de playa

El plan de monitoreo de la obra deberá tener **como mínimo** los elementos y periodicidad que se detallan en la Tabla 4-17. A continuación, se comentan algunas especificaciones mínimas para cada uno de los componentes del plan de monitoreo. Esta estrategia debe repetirse luego de las recargas de mantenimiento.

*Tabla 4-17 – 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	-	-

### Perfiles de playa

Se deberá realizar un levantamiento del perfil de playa desde la rambla hasta 250 m aguas adentro de la línea de costa. Se definirán al menos dos perfiles en cada una de las 3 zonas intervenidas y dos perfiles fuera de ellas, uno aguas abajo (frente al parador chico) y otro

aguas arriba (en la zona de dunas de Ordeig) según la corriente litoral. La ubicación específica de estos perfiles 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 topo-batimétrico de los perfiles no debe dejar tramos sin levantar (la Figura 4-78 muestra un ejemplo de esta problemática). En caso de que el relevamiento deba hacerse desde mar y desde tierra deberá asegurarse que hay solape entre los dos relevamientos.



Figura 4-78 – Ejemplo de levantamientos topobatimétricos en que hay entre 50 m y 100 m de perfil de playa sin relevar.

### **Granulometría de arena**

Se recomienda tomar tres muestras en cada uno de los perfiles relevados: una en la berma, 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.

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

### **Fotografías aéreas**

Las fotografías deberán estar georreferenciadas y podrán ser obtenidas mediante vuelos de dron. El área para cubrir por las fotografías será como mínimo las zonas intervenidas, aunque se recomienda cubrir **toda la extensión del balneario**.

Se recomienda explorar la posibilidad de realizar reconstrucción batimétrica 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.

### **Oleaje y nivel de mar**

El nivel de mar se mide en los puertos de Montevideo y Juan Lacaze, por lo que no se considera necesario establecer nuevas estaciones de medición en la zona. En caso de que estas mediciones se vean interrumpidas se deberá instalar un mareógrafo en la zona de estudio.

Para la medición del oleaje se recomienda el fondeo de una boya de pequeñas dimensiones con transmisión remota y que funcione mediante paneles solares (e.g. boyas GPS de Sofar o Datawell). En cualquier caso, deberá preverse al menos una campaña de mantenimiento anual para esta boya. El fondeo y las campañas de mantenimiento podrá realizarse con pequeñas embarcaciones desde el arroyo Mauricio.

### **Batimetrías de la zona de préstamo**

Se recomienda realizar una batimetría previa y posterior a los dragados de la zona de la desembocadura del arroyo Mauricio que se utilizará como zona de préstamo. A su vez se recomiendan batimetrías con frecuencia anual para monitorear la tasa de recarga de esta zona.

#### **4.12.6.2. Duna reforzada en el Parador Chico**

En la zona del Parador Chico se deberá monitorear la situación con el fin de definir las actuaciones futuras.

A partir de las imágenes satelitales se evaluará el avance de la línea de costa como toma de decisiones. Además, es de interés tener una serie de perfiles de playa relevados para conocer la evolución del sistema dunar regenerado.

Además, posterior a cada evento extremo se deberán hacer las tareas de mantenimiento y se deberá llevar un registro de las actuaciones que sean necesarias a lo largo del año para determinar el costo-beneficio de las tareas. Al igual que con las cercas captoras de arena que se deberán monitorear y mantener permanentemente.

#### 4.12.6.3. Medidas basadas en la naturaleza implementadas

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.

#### 4.12.7. ASPECTOS ECONÓMICOS

A continuación, se presenta el presupuesto de oficina para la propuesta de anteproyecto:

RUBRO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO UYU	PRECIO TOTAL UYU
1	RELLENO DE ARENA				
1.1	Relleno de playa zonas 1, 2 y 3 año 1	235.000	m3	585	137.475.000
1.2	Relleno de playa zonas 1, 2 y 3 año 8	50.000	m3	585	29.250.000

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

RUBRO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO UYU	PRECIO TOTAL UYU
1.5	Cateos y estudios granulométricos de la zona de préstamo	1	gl	200.000	200.000
<b>2</b>	<b>DUNA REFORZADA EN PARADOR CHICO</b>				
2.1	Geotubo para núcleo reforzado (cada unidad es de 20 m de largo)	12	un	70.310	843.725
2.2	Manta antisocavacion	1.560	m2	382	595.140
2.3	Cubierta de arena inicial a los geotubos	5.000	m3	350	1.750.000
<b>3</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)</b>				
3.1	Cerca captoras de arena	2.000	ml	3.000	6.000.000
3.2	Bosque costero (manejo exóticas y plantación)	113.300	m2	500	56.650.000
3.3	Ecosistema dunar - Plantaciones herbáceas	5.000	m2	500	2.500.000
<b>4</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO</b>				
4.1	Accesos a la costa (4 pasarelas de madera)	1	gl	5.758.000	5.758.000
<b>5</b>	<b>MONITOREO en los primeros 8 años de la obra</b>				
5.1	Campaña de relevamiento de perfiles de playa (8 perfiles por campaña)	13	Unidad	600.000	7.800.000
5.2	Ensayo granulométrico en perfiles de playa (3 muestras por perfil)	8	Unidad	60.000	480.000
5.3	Fotografías aéreas	6	Unidad	70.000	420.000
5.4	Coordinación e informe general de monitoreo	8	Unidad	400.000	3.200.000
<b>6</b>	<b>DESCARGAS PLUVIALES</b>				
6.1	Reconstrucción de la descarga N°6 y generación de cuenco de infiltración				
6.1.1	Alcantarilla f1000	7	ml	38.000	266.000
6.1.2	Cabezales tipo "Z" del MTOP f1000	2	un	27.000	54.000
6.1.3	Disipador de energía de enrocado	1	gl	1.000.000	1.000.000
6.1.4	Cuenco de infiltración	1	gl	600.000	600.000
6.2	Actuaciones en la descarga N°2 Este (cámaras de captación)	1	gl	1.500.000	1.500.000
6.3	Actuaciones en la descarga N°2 Oeste (disipador tipo "escalera" de gaviones)	1	gl	1.120.000	1.120.000
<b>NOTAS</b>  Precio de oficina en pesos uruguayos  Se suponen solo un 10% de imprevistos		<b>SUBTOTAL SIN LEYES</b>			257.461.865
		<b>IMPREVISTOS</b>		10%	25.746.187
		<b>TOTAL SIN LEYES</b>			283.208.052
		<b>LEYES</b>		14%	39.649.127
		<b>IVA</b>		22%	56.641.610
		<b>TOTAL CON LEYES S/IVA</b>			322.857.179

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

RUBRO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO UYU	PRECIO TOTAL UYU
		TOTAL CON LEYES CON IVA		379.498.790	

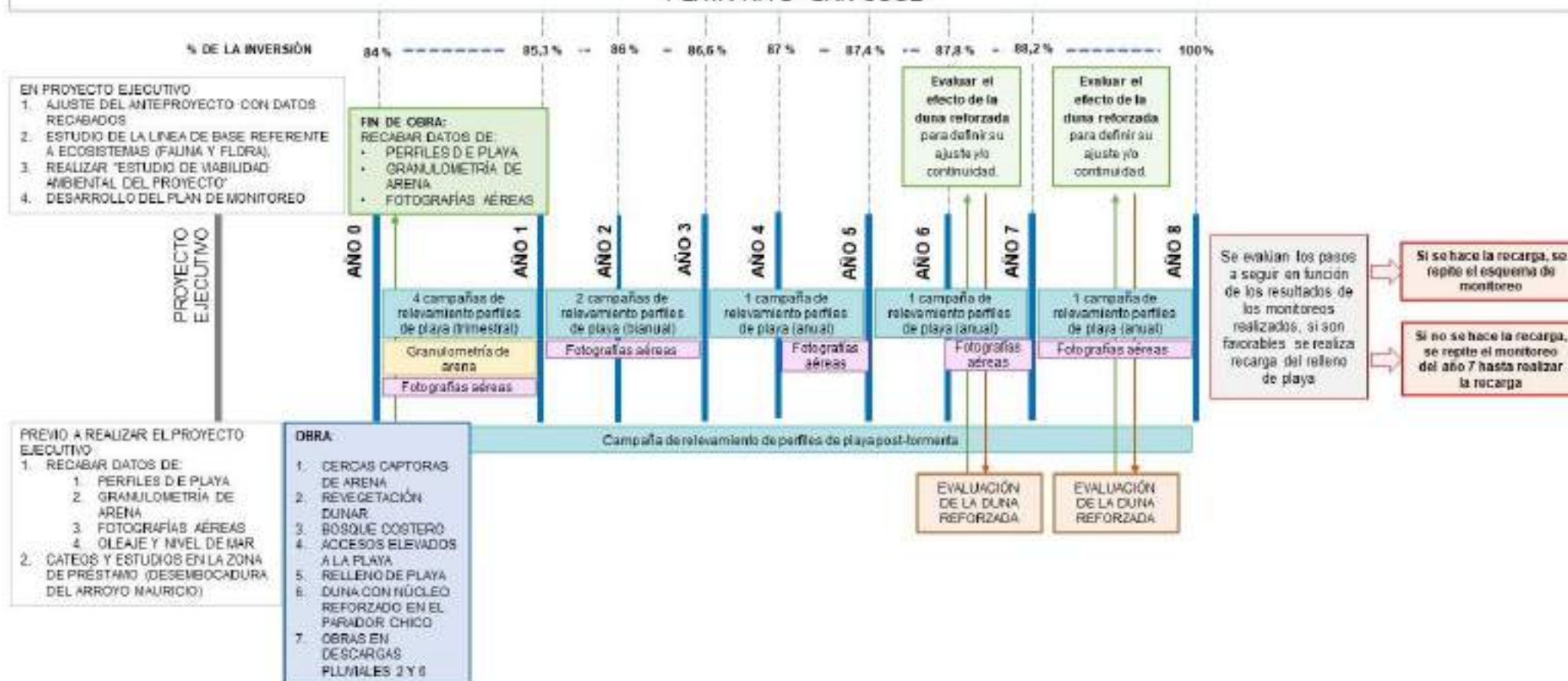
A modo resumen se presentan los precios por rubro:

RUBRO	DETALLE		PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos	INCIDENCIA SOBRE EL TOTAL SIN LEYES
1	RELLENO DE ARENA		166.925.000	59%
2	DUNA REFORZADA EN PARADOR CHICO		3.188.865	1%
3	RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS (Inversión)		65.150.000	23%
4	ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO		5.758.000	2%
5	MONITOREO en los primeros 8 años de la obra		11.900.000	4%
6	DESCARGAS PLUVIALES		4.540.000	2%
	SUBTOTAL SIN LEYES		257.461.865	
	IMPREVISTOS	10%	25.746.187	
	TOTAL SIN LEYES		283.208.052	
	LEYES	14%	39.649.127	
	IVA	22%	56.641.610	
	TOTAL CON LEYES CON IVA	UYU	379.498.790	
	TOTAL CON LEYES CON IVA	USD	9.487.470	

#### 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.

# PLAYA KIYÚ- SAN JOSÉ



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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

#### **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.

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.

Tabla 4-18. Identificación de los impactos ambientales.

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
		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
		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
	Generación de residuos asimilables a domésticos	Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos
	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
Operación	Presencia física de la obra	Dinámica costera	Modificación de la dinámica costera (procesos de transporte de sedimentos, batimetría y perfil de playa)
		Uso de la playa	Restricción temporal al uso recreativo de la playa por operación de tapado de geotubos y/o relleno de playa
		Uso de la playa	Mantenimiento y aumento del área de playa por lo que se sucede un aumento de actividades con fines recreativas y comerciales (parador)

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

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Mayo 2024

Fase	Aspecto	Factor	Impacto
		Fauna ictícola	Afectación a fauna ictícola debido a la modificación de la dinámica costera
		Paisaje	Modificación del paisaje debido al aumento de ancho de playa, por la presencia de mayor vegetación dunar así como debido a las modificaciones en las descargas pluviales

#### **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 áreas y mediciones de oleaje y nivel de mar para ajustar el anteproyecto en función de dichos datos. Además, se deben caracterizar la zona de préstamo propuesta (desembocadura del arroyo Mauricio) 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 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.