COSTASY PUERTOS

Eivissa, 8 y 9 de mayo del 2024

- PALACIO DE CONGRESOS - SANTA EULÀRIA DES RIU -

LIBRO DE RESÚMENES



XVII Jornadas españolas de ingeniería de Costas y Puertos

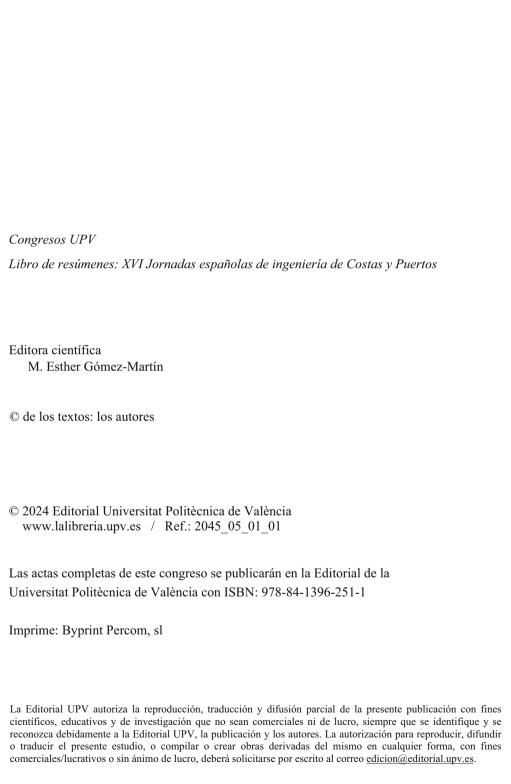
Libro de resúmenes

Ibiza, 8 y 9 de mayo de 2024

Editora científica

M. Esther Gómez-Martín





Impreso en España



COSTAS Y PUERTOS

Eivissa, 8 y 9 de mayo del 2024

- PALACIO DE CONGRESOS - SANTA EULÀRIA DES RIU -

COMITÉS

Comité Permanente

Secretario Permanente: Raúl Medina Santamaría, Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria
Ana Patricia García Fletcher, Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar
Gonzalo Gómez Barquín, Puertos del Estado
M. Esther Gómez Martín, Universitat Politécnica de Valencia
José Manuel González Herrero, ACCIONA Ingeniería, S.A.
José María Grassa Garrido, CEDEX
Josep Ramón Medina Folgado, Universitat Politécnica de Valencia

Adolfo Uriarte Villalba, Dirección de Patrimonio Natural y Cambio Climático

Comité Organizador

Presidentes

Almudena Domínguez Garcés, Demarcación de Costas en Illes Balears Javier Sanz Fernández, Autoridad Portuaria de Baleares

Vocales

Lluís Gomez-Pujol, Universitat de les Illes Balears

Sara Lobato Rubio, Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Illes Balears

Antonio Ginard López, Autoridad Portuaria de Baleares

Alejandro Orfila Förster, IMEDEA

Joaquín Tintoré Subirana, SOCIB

Ana Yáñez Chapinal, Demarcación de Costas en Illes Balears



COSTAS Y PUERTOS

Eivissa, 8 y 9 de mayo del 2024

= PALACIO DE CONGRESOS - SANTA EULÀRIA DES RIU =

TEMAS

Para el Comité Organizador Permanente de las Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos, es un honor daros la bienvenida a la XVII edición, que tiene lugar en Ibiza los días 8 y 9 de mayo de 2024.

La gestión de las zonas costeras requiere de unos conocimientos técnicos cada vez más complejos de manera que se garantice la sostenibilidad de sus recursos. La planificación de los usos y recursos es, por lo tanto, una responsabilidad que comparten Administraciones públicas, Autoridades portuarias, Consultoras, Constructoras, Centros de I+D y Universidades.

Las Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos que se celebran desde 1992 bienalmente, reúnen a los mejores expertos, nacionales e internacionales tanto de las universidades como de las administraciones y empresas. Se abordan, a través de ponencias y sesiones de posters, temas de máximo interés relacionados con las infraestructuras portuarias y con la gestión y protección del litoral.

Estamos seguros de que estas XVII Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos serán un evento que todos recordaremos tanto por las novedades técnicas que se presentarán como por todas las personas que con sus comunicaciones, presentaciones y colaboraciones harán del mismo un hito inolvidable.

Bienvenidos a las XVII Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos.

Medio Ambiente, vertidos y calidad del agua marina
Obras y estructuras marítimas
Procesos litorales y actuaciones en la costa
Planificación y gestión de puertos
Gestión integrada del litoral y planificación espacial marina
Cambio climático y medidas de adaptación en puertos y costas
Energías renovables marinas



COSTAS Y PUERTOS

Eivissa, 8 y 9 de mayo del 2024

= PALACIO DE CONGRESOS - SANTA EULÀRIA DES RIU =

PROGRAMA

MIÉRCOLES 8 DE MAYO 2024

08:00h.	Recogida de documentación
08:30-09:30h.	Conferencia Inaugural. Homenaje a D. Miguel A. Losada Rodríguez
09:30-11:10h.	Sesión 1 (5 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)
11:10-11:40h.	Pausa Café
11:40-13:40h.	Sesión 2 (6 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)
13:40-16:00h.	Comida
16:00-17:40h.	Sesión 3 (5 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)
17:40-18:00h.	Pausa Café
18:00-19:00h.	Sesión 4 (3 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)

JUEVES 9 DE MAYO 2024

09:00-11:00h.	Sesión 5 (6 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)
11:00-11:30h.	Pausa Café
11:30-13:30h.	Sesión 6 (6 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)
13:30-14:00h.	Conferencia de Clausura. Entrega de premios
14:00-16:00h.	Comida
16:00-18:00h.	Visita Técnica. Puerto de Ibiza

ÍNDICE

I. SESIÓN 1: 08/05 9:30-11:10

1.1. C	Obras Marítimas - Ensayos Físicos (Auditorio)
1.1.1.	Modelo físico en canal de oleaje de una estructura GBS para almacenamiento de hidrógeno
	David Gallach Sánchez, Alberto López Pecharromán, José María Valdés Fernández de Alarcón, José Manuel González Herrero
1.1.2.	Comportamiento hidráulico de diques homogéneos de baja cota para la protección de playas en zonas coralinas
1.1.3.	Ensayos en modelo físico 3D de agitación y buques atracados
1.1.4.	Experimento multiplataforma y modelado físico 3D para el mantenimiento predictivo inteligente de infraestructuras costeras
1.1.5.	Ensayos de estabilidad de mantas articuladas de hormigón biopotenciador para la protección antisocavación y estabilización de cimentaciones, cables y emisarios submarinos
1.2. P	lanificación y Gestión de Puertos. Optimización (Sala Eivissa)
1.2.1.	Optimización del tráfico de cruceros en el puerto de Eivissa
1.2.2.	Optimización del diseño del nuevo balcón gastronómico situado en el Port Olímpic (Barcelona). Estudio combinado de modelo físico 3D y numérico 13 José Sande, Cristina Vila, Andrés Figuero, Enrique Peña, Javier Escartín, Jordi Mercadé, Adriana Male, Juan Carlos Montiel
1.2.3.	Estudio de viabilidad de la segregación de tráficos de embarcaciones de recreo y embarcaciones comerciales en los puertos de Eivissa y La Savina
1.2.4.	Planificación del complejo industrialo-portuario de Nador West Med – Análisis de flujo de actividades y de transferencia de mercancías

1.2.5.	Identificación de los umbrales operativos y predicción de la operatividad en líneas de atraque y amarre mediante el uso información operacional histórica	19
	Rafael Molina, Álvaro Campos, David Rodríguez, Beatriz Díaz, Eva Romano, Gabriel Díaz, Antonio Tomás, José María Terrés-Nicoli, Jesús Medina, Juan Gonzá	
1.3. A	actuaciones en la Costa (Sala Posidonia)	
1.3.1.	Remodelación y regeneración costera y terrestre en el litoral urbano de Altea	21
	José Iván Trujillo Córcoles, Rafael Belchí Saura	
1.3.2.	Proyecto de recuperación de la playa de Les Deveses, Dénia (Alicante) Rafael Belchí Saura, Víctor Navarro Condal	23
1.3.3.	Obras de regeneración de las playas de l'Arbre del Gos, Saler y Garrofera	25
	(València)	23
1.3.4.	Un manual para el control de obras de regeneración de playas	27
1.3.5.	Metodología para la aplicación de técnicas de recuperación asistida de playas	29
	Erica Pellón, Patricio Poullet, Mauricio González, Raúl Medina	
1.4. C	Clima Marítimo I (Sala Q1)	
1.4.1.	Hindcast y proyecciones de oleaje en el mar Mediterráneo: implicaciones par la gestión de Puertos y Costas	
1.4.2.	Análisis extremal del nivel del mar en el archipiélago de Vanuatu	33
1.4.3.	Avances en la caracterización estadística multivariada de eventos extremos: aplicaciones en ingeniería de costas y puertos	35
1.4.4.	Análisis del evento extremo de oleaje en Melilla en abril de 2022: causas e impacto dentro del puerto	37
1.4.5.	Caracterización de los sistemas de oleaje que alcanzan la isla de Ibiza Ottavio Mattia Mazzaretto, Melisa Menéndez, Héctor Lobeto	39

1.5. C	ambio Climático – Puertos (Sala P4)
1.5.1.	Preparando los puertos para un futuro incierto: el observatorio de cambio climático
1.5.2.	Refuerzo de los diques de abrigo de la CAPV con criterios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático
1.5.3.	Riesgos y oportunidades de origen climático en el sistema portuario
1.5.4.	Metodologías para la adaptación de infraestructuras costeras y portuarias al cambio climático
1.5.5.	Desarrollo de planes de adaptación para infraestrucutras portuarias por efecto del cambio climático: casos de éxito
II. SE	SIÓN 2: 08/05 11:40-13:40
2.1. O	bras Marítimas - Muelles (Auditorio)
2.1.1.	Solución innovadora para el refuerzo y profundización del muelle de la terminal de contenedores APMT para albergar la 2ª generación de portacontenedores Triple-E
2.1.2.	Rehabilitación y acondicionamiento de muelles
2.1.3.	Muelle de Raos 6. Pantalla de tablestacas en terrenos deformables con escasa capacidad portante
2.1.4.	Rehabilitación tramo 1-4 Muelle de Maliaño. Puerto de Santander
2.1.5.	Proyecto de ejecución de un nuevo muelle de hidrocarburos en la Ría de Huelva-Muelle Sur (Tartessos)
2.1.6.	Proyecto de adecuación del Muelle de Raíces a nuevos tráficos en el Puerto de Avilés. Fase 1

2.2. P	Planificación y Gestión de Puertos: Estudios (Sala Eivissa)
2.2.1.	Estudios de paisaje en el ámbito portuario
2.2.2.	Estudios náuticos para la evaluación de la operación de remolque de una megaestructura offshore en el Puerto de Sevilla
2.2.3.	Estudio de viabilidad de las operaciones marítimas asociadas a las solicitudes de concesión para el puerto de Granadilla
2.2.4.	Desarrollo de un módulo de predicción del oleaje para operaciones portuarias sostenibles y captación de energía
2.2.5.	Sistema de predicción multivariable del riesgo operativo en el atraque 71 Andrés Figuero, Raquel Costas, José Sande, Humberto Carro, Cristina Vila, Alberto Alvarellos, Enrique Peña, Andrés Guerra, Juan Diego Pérez
2.2.6.	Daño por fatiga en las conexiones de diques flotantes modulares
2.3. P	Procesos Litorales. I (Sala Posidonia)
2.3.1.	Diagnóstico preliminar del equilibrio sedimentario en la costa continental europea
2.3.2.	Estudio de situación en regresión grave del tramo de DPMT de la desembocadura del río Vélez, T.M. Vélez-Málaga (Málaga)
2.3.3.	Estimación del grado de afección a la dinámica litoral atribuible a las edificaciones en playas: caso de estudio en El Pinet y La Marina
2.3.4.	Modelado de la evolución del frente costero en costas complejas mediante IH-LANSloc
2.3.5.	Proyecciones de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía para el s. XXI: un enfoque probabilista
2.3.6.	Reconstrucción histórica de niveles de riesgo de inundación y erosión en una playa abierta mediante un modelo de downscaling híbrido en la zona de rompientes

2.4. C	Clima Marítimo II (Sala Q1)	
2.4.1.	Jupyter Notebooks en la nube para la emulación de parámetros meteo-oceánicos en el diseño de plataformas eólicas marinas en un clima cambiante	87
	Valvanuz Fernández Quiruelas, Fernando Mendez, Laura Cagigal, Paula Camus, Antonio S. Cofiño	
2.4.2.	Impacto de la resolución espacio temporal en la simulación de las storm surges en las costas Europeas	89
2.4.3.	TIAMAT: un observatorio marino para el cambio climático en los parques nacionales	91
2.4.4.	Desarrollo de un sistema predictivo de apoyo a la toma de decisiones para la planificación naval, operaciones y maniobras de la Armada Española: proyect SIAAMETOC	cto
2.4.5.	Modelo de transferencia de viento a escala local: aplicación a la estación de Tarifa y la duna de Valdevaqueros	95
2.4.6.	Impacto de los tsunamis generados por volcanes en buques amarrados en puertos: incidente de Tonga 2022	
2.5. C	Cambio Climático - Adaptación Costera (Sala P4)	
2.5.1.	Evaluación de las necesidades de espacio para el diseño de estrategias de adaptación costera	99
2.5.2.	Una solución sistémica e integrada para la adaptación al cambio climático del frente litoral de La Pineda	01
2.5.3.	Adaptación de las playas urbanas al cambio climático: marco de gobernanza para la selección de medidas basadas en la ciencia y la naturaleza en Cala Millor (Mallorca)	03
2.5.4.	TRANSCLIMA: nuevos desafíos en la adaptación al cambio climático 1 Itxaso Odériz, Íñigo J. Losada	05

XVII Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos Ibiza, 8 y 9 de mayo de 2024
2.5.5. Metodología para el análisis de riesgo y adaptación de los asentamientos urbanos costeros por efecto del cambio climático
2.5.6. Análisis de riesgo y estrategias de adaptación flexibles frente a las inundaciones costeras debidas al cambio climático en las zonas urbanas costeras de la Macaronesia y su aplicación en Garachico (Tenerife). Proyecto LIFE GARACHICO
María F. Álvarez de Eulate, Javier L. Lara, Alberto Fernández, David Lucio, Iñigo J. Losada, Gustavo Pestana, Laura Comes, Christine Bezic, Juan Carlos González, Raquel de la Cruz-Modino, Carla González
III. SESIÓN 3: 08/05 16:00-17:40
3.1. Obras Marítimas - Modelos Numéricos (Auditorio)
3.1.1. REBECOS: método numérico 3D para la construcción realista de diques 111 <i>Josep R. Medina, Jorge Molines, Sergio Muñoz-Palao, M. Esther Gómez-Martín</i>
3.1.2. Colocación numérica de piezas de manto: simulación realista de la construcción de diques homogéneos de baja cota de coronación
3.1.3. Metodología híbrida para la caracterización de pérdidas de carga y coeficientes de arrastre en infraestructuras costeras
3.1.4. Consideración numérica de elementos flotantes en el modelo CELERIS _{BASE} : primeros pasos
3.1.5. Valor característico de los parámetros geotécnicos en los métodos de fiabilidad. Aplicación al diseño del nuevo muelle en Nigg Bay-Escocia 119 <i>Manuel Jesús Bueno Aguado, Félix Escolano Sánchez</i>
3.2. Gestión Ambiental Portuaria y Costera. I (Sala Eivissa)

3.2.1. Gestión ambiental y sostenibilidad en los puertos de la Autoridad

3.2.2. Sistema de monitorización de la calidad del aire y plataforma ambiental

Jorge Martín Jiménez, Edurne Ibarrola-Ulzurrun, José Manuel Vellón Graña

A. Hernández Cabrera

XII

3.2.3.	Vigilancia ambiental del proyecto de extracción de arenas en la Zona II del Puerto de Bilbao: 8 años de seguimiento	
3.2.4.	Seguimiento a medio plazo de las comunidades de macrofauna bentónica de fondo blando en una zona afectada por extracciones de arena frente al Puerto de Bilbao	27
3.2.5.	e-POLREP Costa	29
~	Jonás Iglesias Area	
	eguimiento Playas con Imágenes Satélite (Sala Posidonia)	
3.3.1.	Evolución de la costa con imágenes satelitales y software libre en la provincia de Valencia tras el paso de la Borrasca Gloria en enero de 2020	
3.3.2.	Monitorización de las playas tras las actuaciones de ingeniería costera en Almenara (Castellón) empleando imágenes de satélite	33
3.3.3.	Evaluación de la efectividad de las aportaciones de sedimentos en las playas Sitges (Barcelona) mediante imágenes satelitales	
3.3.4.	Análisis de la intermitencia de desembocaduras fluviales mediante técnicas de teledetección. Aplicación al litoral andaluz	37
3.3.5.	Seguimiento morfológico de las playas del entorno del Puerto de Bilbao mediante técnicas de videometría	39
3.4. C	Clima Marítimo y Cambio Climático (Sala Q1)	
3.4.1.	Cambios en el oleaje de la Gran Barrera de Coral hasta el año 2100	41
3.4.2.	Análisis hidráulico y diseño estructural frente a riesgos derivados del Cambio Climático para la protección del edificio multiusos del Puerto de Luarca, Asturias	43

3.4.3. Influencia del cambio climático en el oleaje de diseño. Aplicación a proyectos de ingeniería costera	45
3.4.4. Evaluación de riesgos y adaptación al Cambio Climático – Integración en proyectos costeros	47
3.4.5. Estudios de inundación de zonas costeras como consecuencia de la acción de temporales	49
3.5. Soluciones Basadas en la Naturaleza (Sala P4)	
3.5.1. Barreras y oportunidades para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza y medidas de acomodación y deconstrucción en la costa catalana	51
Míriam Villares, Elsa Giffard, Montserrat Badia, Elisabet Roca	<i>J</i> 1
3.5.2. Análisis de la protección costera proporcionada por praderas de Posidonia oceánica en la costa de Mataró	53
3.5.3. Análisis de soluciones híbridas para la protección costera combinando modelado físico y modelado numérico CFD	55
3.5.4. Avances en la modelización e implementación de soluciones basadas en la naturaleza como medidas de protección costera	57
3.5.5. Los ecosistemas marinos y costeros en el futuro Reglamento de la Unión Europea sobre restauración de la naturaleza	59
IV. SESIÓN 4: 08/05 18:00-19:00	
4.1. Obras Marítimas - Living Breakwaters (Auditorio)	
4.1.1. Puerto de Vigo, "Living Ports": resultados de infraestructuras diseñadas para fomentar la biodiversidad marina	61
4.1.2. Living Breakwaters (Nueva York): diques diseñados para fomentar la biodiversidad marina y proteger la costa	63
4.1.3. Diseño de estructuras flotantes antirreflejantes de ecohormigón	

4.2. C	Obras Marítimas - Rebase (Sala Eivssa)
4.2.1.	Uso del modelo numérico SPH para el estudio del rebase, aplicado al Paseo de la Segunda Playa del Sardinero
4.2.2.	Volúmenes máximos de rebase sobre diques en talud
4.2.3.	Integración de AI, ML y modelización numérica para el mantenimiento predictivo en dique de escollera: un ejemplo en las costas españolas
4.3. P	rocesos Litorales. DPMT (Sala Posidonia)
4.3.1.	Recuperación del DPMT ocupado por el antiguo hotel Arenales en la playa de Arenales del T.M. de Elche (Alicante)
4.3.2.	Recuperación de dominio público marítimo-terrestre en la playa de Babilonia del T.M. de Guardamar del Segura (Alicante)
4.3.3.	El cálculo del límite interior de la zona marítimo-terrestre en la normativa de costas: lecciones aprendidas
4.4. Iı	nundación y Erosión Costera (Sala Q1)
4.4.1.	ONA Toolbox: prototipo de gemelo digital para inundación costera y erosión de playas en Baleares
4.4.2.	Análisis de la inundación costera en Europa
4.4.3.	Evaluación probabilística de la erosión costera en el litoral catalán bajo la subida del nivel del mar
4.5. N	Ionitorización de la Costa (Sala P4)
4.5.1.	Monitorización y gestión democratizada de playas: impacto y aplicaciones de CoastSnap Baleares

5.2.4.	El modelado numérico como herramienta de apoyo en la respuesta al vertido de pellets del buque Toconao: del corto plazo al medio plazo	
5.2.5.	Sistema de ayuda a la toma de decisiones para la gestión de la calidad del agua y contaminación marina en zonas costeras y estuarios	
5.2.6.	Análisis de los efectos de los vertidos de sistemas de saneamiento en áreas estuarinas fuertemente antropizadas. Caso de la Ría de Bilbao	213
5.3. P	rocesos Litorales. II (Sala Posidonia)	
5.3.1.	Ingeniería marítima en tramos en los que el transporte transversal es predominante	215
	Leonardo Monzonís Forner, Fernando Pérez Burgos, María Josefa Solernou Sanz, Miguel Angel Aragón Babiloni, David Aragón Balague.	
5.3.2.	Pedagogía de la costa a ingenieros de agua dulce y secano	217
5.3.3.		219
	Patricia Lopez-Garcia, Juan J. Muñoz-Perez, Antonio Contreras, Francisco Contre Jeanette Romero-Cozar, Pilar Diaz-Carrasco, Bismarck Jigena-Antelo	eras
5.3.4.	Los problemas del ábaco de James y una solución alternativa	221
5.3.5.	Desarrollo de una metodología híbrida para estimar el comportamiento de la cuña salina en ambientes estuarinos	
5.4. Iı	nundaciones Costeras Causadas por Eventos Compuestos (Sala Q1)	
5.4.1.	Emulador climático basado en tipos de tiempo para la evaluación del riesgo por inundación compuesta	225
5.4.2.	Clasificación sinóptica de eventos compuestos extremos de lluvia y oleaje en el Mediterráneo Peninsular: evolución de tipos de tiempo en eventos persistentes y efemérides	227
5.4.3.	Caracterización de eventos compuestos lluvia-olas a lo largo de la costa Mediterránea	229

5.4.4.	Estudio de inundaciones por eventos compuestos en estuarios: aplicación de un metamodelo	231
5.4.5.	Análisis de inundaciones compuestas en estuarios y ríos costeros del noroeste de España	233
5.4.6.	Relevancia de la morfología intermareal en la inundación compuesta en estuarios (caso del Oka, Costa Vasca)	235
5.5. 0	GIZC y MSP (Sala P4)	
5.5.1.	La gobernanza del litoral: ejemplo de aplicación en la desembocadura del río Bidasoa	237
552	Plan Bahía: una oportunidad de planificación GIZC en la bahía de	
3.3.2.	Santander	239
5.5.3.	Oportunidades de multi-uso en el mar Mediterráneo: Acuicultura y energías renovables marinas	241
5.5.4.	Guía para la elaboración de los estudios de dinámica litoral y cambio climático establecidos en el Reglamento General de Costas	
5.5.5.	Estimación de la capacidad de carga náutica diaria y riesgo de saturación en zonas de fondeo	245
5.5.6.	Plan estratégico nacional para la protección de la costa española, considerando los efectos del cambio climático	
VI. S	ESIÓN 6: 09/05 11:30-13:30	
6.1. C	Obras Marítimas (Auditorio)	
6.1.1.	Nuevo dique exterior del puerto de Génova (Italia)	249
6.1.2.	Proyecto y construcción de las obras marinas de la desaladora de	251

6.1.3.	Diseño hidráulico de los espigones para la apertura de la desembocadura del río Comoe en Grand Bassam (Costa de Marfil)	253
6.1.4.	Acondicionamiento y mejora estructural del muelle de pasajeros en el puerto de Mahón (isla de Menorca)	255
6.1.5.	Recomendaciones para mejorar la durabilidad de espaldones de diques de hormigón armado	257
6.1.6.	Infraestructura de conexión eléctrica a ferries en el muelle de Paraires, en el puerto de Palma	259
6.2. 6	Gestión Ambiental de Puertos y Costas. II (Sala Eivissa)	
6.2.1.	Variabilidad espacial de tiempos de renovación en ambientes portuarios mediante modelos lagrangianos	261
6.2.2.	Análisis de riesgo por derrames accidentales de hidrocarburos y de sustancias químicas en zonas portuarias	263
6.2.3.	Translocación masiva de colonias de <i>Cladocora Caespitosa</i> afectadas por una obra marítima en la isla de Menorca	265
6.2.4.	Control y erradicación de plantas exóticas invasoras: el caso de <i>Baccharis Halimifolia</i> en la costa asturiana	267
6.2.5.	Canal IH-VEGETA: Modelado físico para analizar la influencia de los productores primarios ubicados en marismas sobre los procesos de transporte y dispersión en estuarios	269
6.2.6.	Mejorando la actividad antifouling de pinturas comerciales utilizando extractos de plantas	271

6.3. A	ctuaciones en la Costa. Vigilancia Ambiental (O Burgo) (Sala Posidonia	ı)
6.3.1.	El proyecto de dragado y programa de vigilancia ambiental de la Ría de O Burgo	273
	Carlos Gil Villar, Rafael Eimil Apenela, Ricardo Babío-Arcay, Ana Lloret Capote, Miguel Nieto Matamoros, Antonio Durán Maciñeira, Victoriano de la Torre-Canc José Antonio Martínez Prieto	
6.3.2.	Evaluación de la eficiencia y toxicidad en relación con el uso combinado de floculantes y tubos geotextiles en el proyecto de dragado ambiental de la ría de O Burgo.	275
	Ricardo Obispo Esteban, María Plaza Arroyo, Carlos Gil Villar	
6.3.3.	Equipos marítimos en aguas someras. DRAGADO RIA O BURGO un caso singular	277
	Antonio Durán Maciñeira	
6.3.4.	Trasplante de la fanerógama <i>Zostera noltii L</i> . en el proyecto de dragado ambiental de la Ría de O Burgo, en A Coruña	279
	Guillermo Bouza Bouza, Carlo Tidu, Alexandre García, Carlos Gil Villar, Victoriano de la Torre Cancelo, Pablo Seoane Sánchez, José Antonio Martínez Pri	ieto
6.3.5.	Descontaminación de la playa de Sant Adrià de Besòs (Barcelona)	281
6.3.6.	Programa de vigilancia ambiental integral de las obras de estabilización de playa en Premià de Mar (Maresme, Barcelona)	
6.4. E	nergías Renovables Marinas (Sala Q1)	
6.4.1.	Retos de ingeniería para la energía marina y oceánica	285
6.4.2.	Prospecciones geofísicas y geotécnicas para el diseño de cables submarinos y anclajes para eólica offshore flotante	
6.4.3.	Análisis experimental de la socavación libre y diferentes medidas de protección sobre una plataforma de gravedad para eólica marina	291
6.4.4.	Proyecto MAR+: Gemelo digital de la planta de energía undimotriz de columna de agua oscilante (OWC) de Mutriku	293
6.4.5.	Desarrollo de una herramienta para la simulación de plataformas flotantes multi-uso con captadores de energía eólica y undimotriz	

6.4.6.	Uso de túnel de viento de capa límite para evaluación de condiciones ambientales en ensayos de eólica offshore	297
6.5. N	Iiscelánea (Sala P4)	
6.5.1.	Caracterización del riesgo asociado a la erosión y la inundación en la costa andaluza en el s. XXI	299
6.5.2.	Adaptación costera frente al cambio climático: implementación de metodologías de IA con un enfoque probabilístico	301
6.5.3.	Análisis de tráfico marítimo en la Demarcación Levantino Balear y en la Demarcación Marina Canaria Año 2022	
6.5.4.	Proyecto "Bosque Marino Autoridad Portuaria de Cartagena"	
6.5.5.	Modelo hidrodinámico en marismas confinadas. Estudio del caso de la Ensenada de Mera, en la Ría de Ortigueira (A Coruña)	307
2. PÓ	STERS	
7.1. C	Cambio climático y medidas de adaptación en puertos y costas	
7.1.1.	Metodología para la caracterización de la incertidumbre asociada a la estimación del riesgo de inundación costera en infraestructuras críticas Esther Barrios, Saúl Torres, Pedro Díaz	309
7.1.2.	Estudio para la resiliencia de zonas costeras en las provincias de Cádiz y Málaga, ante el desafío del cambio climático	311
7.1.3.	Descarbonización: avances en el sector marítimo frente a los desafíos portuarios en el control de las emisiones	313
7.1.4.	Adaptación de la Regla de Bruun para aumentar su rango de aplicación y su implementación en la costa andaluza	

7.1.5.	Estimación basada en IA de los tiempos de navegación y la presión acústica submarina para optimizar la logística marítima	317
7.1.6.	Plataformas portuarias flotantes para la producción industrial de turbinas eólicas marinas	319
7.1.7.	La restauración estuarina como medida de adaptación al cambio climático en el litoral	321
7.2. (Clima marítimo y oceanografía física	
7.2.1.	Servicios mete-oceánicos personalizados para aplicaciones ingenieriles de IHData	323
	Adrián Acevedo, Melisa Menéndez, Stefano Susini	
7.2.2.	Downscaling eficiente de oleaje espectral de alta resolución en Cantabria: un enfoque híbrido con BinWaves	
7.2.3.	Superficie de Referencia Vertical para Hidrografia (SRVH). Un hito en la hidrografia española	
7.2.4.	Integrando la bimodalidad de los estados de mar en un modelo híbrido de predicción de parámetros hidrodinámicos en la zona de rompientes	329
7.3 E	nergías renovables marinas	
	Metodología para la caracterización histórica y predicción a corto plazo del recurso energético undimotriz en zonas costeras y portuarias. Aplicación en Mutriku	331
	Eva Romano-Moreno, Antonio Tomás, Alejandro González Valle, Gabriel Díaz- Hernández, Raúl Guanche, Jon Lekube, Laura Zubiate, Yago Torre-Enciso, Endika Aldaiturriaga	
7.4. 0	Gestión integrada del litoral y planificación espacial marina	
7.4.1.	Explorando el modelo SWAN en Delft3D para la evaluación de la resiliencia Costera en el Pacífico Colombiano: un estudio de caso en Tumaco, Nariño	333
	Andrés Mauricio Enríquez Hidalgo, Andrés Vargas Luna, Andrés Torres	555
7.5. N	Aedio Ambiente, vertidos y calidad del agua marina	
7.5.1.	IH-TESEO: Evolución de un sistema de modelado lagrangiano de	225
	contaminación marina y elementos a la deriva	333

7.5.2.	Seguimiento de la calidad de las aguas y los sedimentos en una zona afectar por extracciones de arena para rellenos portuarios (Puerto de Bilbao)	
7.5.3.	Análisis mediante modelado físico de la dilución de infraestructuras de vert no convencionales con efluentes de flotabilidad variable (DILUTO)	339
7.5.4.	Aplicación de la visión por ordenador para un sistema de gestión de vertido en puertos. El proyecto SPILLCONTROL	
7.5.5.	Posidonia oceánica como sumidero de carbono. Aplicación metodológica con sísmica de reflexión para la valoración ecosistémica de praderas de Posidonia oceánica	343
7.6. C	Obras y estructuras marítimas	
7.6.1.	Estimación del campo de velocidades generadas por tsunamis con el software PIVlab	345
7.6.2.	Seguimiento de avifauna en el programa de vigilancia ambiental del Dragado Ambiental de los Sedimentos de la Ría de O Burgo (A Coruña) Carlos Gil Villar, Ricardo Babío Arcay, Jordi Solans Oste, Victoriano de la Torre Cancelo	347
7.6.3.	Diseño ecológico de piezas de hormigón para la construcción de rompeolas	349
7.6.4.	Estructuras portuarias contra la socavación del lecho marino	351
7.6.5.	Estudio del parámetro alternativo de similaridad modificado en fórmulas de remonte	353
7.6.6.	Obra de la apertura del canal de Deusto en Bilbao	355
7.7. P	lanificación y gestión de puertos	
7.7.1.	Tramitaciones portuarias ante la Dirección General de la Costa y el Mar del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	357
7.7.2.	GEMMINIS, generación de inventarios digitales geolocalizados de activos urbanos e interurbanos mediante inteligencia artificial	359

7.7.3.	AT para la comprobación de la batimetría e inspección de infraestructuras de atraque y embarque/desembarque de los puertos que gestiona la APB en Baleares (P.O. 35.22)	361
7.7.4.	Sistema de diseño y construcción de gangway sobre monopilote para servici a dos muelles simultáneos (Bahía Blanca, Argentina)	
7.8. P	Procesos litorales y actuaciones en la costa	
7.8.1.	Estabilización de las playas de Premià a poniente de su puerto. Estrategia de actuación en el Maresme	365
7.8.2.	Mejorando el modelado costero: calibración no estacionaria para modelos tendentes al equilibrio	367
7.8.3.	Fortaleciendo la resiliencia de las playas barrera con dunas embrionarias : Manuel Espino, Buckle Subbiah Elavazhagan, Xavier Sánchez-Artús, Vicente Grac Manel Grifoll, Antoni Espanya, Agustín Sánchez-Arcilla	
7.8.4.	Cala Millor (NE Mallorca): un laboratorio natural para el estudio de las play carbonatadas micromareales del Mediterráneo. 25 años de observaciones, 1998-2023	as 371
7.8.5.	Protección costera racional y eficiente. Empleo de módulos de mallas de acero de alta resistencia e inoxidable dúplex	373
7.8.6.	Fracaso de una regeneración costera: caso del Portet de Moraira	375
7.8.7.	Erosión Costera en América Latina: Desafíos y Perspectivas Futuras	377



Modelo físico en canal de oleaje de una estructura GBS para almacenamiento de hidrógeno

David Gallach Sánchez^a, Alberto López Pecharromán^b, José María Valdés Fernández de Alarcón^c, José Manuel González Herrero^d

^a Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, D, david.gallach@cedex.es; ^b Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, alberto.lopez@cedex.es; c Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, jose.m.valdes@cedex.es: d Acciona Ingeniería, igherrer ext@acciona.com.

1. Introducción

Como parte del proyecto OCEANH2, se ha realizado un modelo físico a escala 1:40 de una estructura GBS (gravity-based structure) offshore para el almacenamiento de hidrógeno en el canal de oleaje de 6.5 m de ancho del Centro de Estudios de Puertos y Costas del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX (ver Figura 1).

El proyecto OCEANH2 se centra en la investigación y desarrollo de la primera planta de hidrógeno verde offshore en España, con el objetivo de emplear energías renovables como la eólica y la fotovoltaica flotante para producir hidrógeno a partir del agua de mar. El proyecto es coordinado por Acciona y ha sido financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (CDTI), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, por contribuir a los objetivos de sostenibilidad y neutralidad climática de España.



Fig. 1. Vista general del canal de oleaje de 6.5 m de ancho del Centro de Estudios de Puertos y Costas, con el modelo físico de la estructura GBS instalado en su interior

2. Estructura GBS

La estructura GBS se ubicará en la costa de Telde (Gran Canaria), en la zona donde se encuentra ubicada la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN), a 30 m de profundidad y 1250 m de la costa, aproximadamente. La estructura está formada por una banqueta de cimentación compuesta por todo uno 50-100 kg protegido por escollera de 1 t y 1.5 m de espesor; un cajón de hormigón armado de 65.85 m de largo por 33.3 m de ancho con coronación a la cota +7 m; tres espaldones en los lados más expuestos al oleaje, coronados a la cota +17.80 m en los lados NNO y ENE, y a la cota +8.5 m en el lado SSE; y una zona de depósitos de hidrógeno con cubierta metálica.

3. Condiciones de diseño

Las condiciones de diseño de la estructura GBS se han obtenido a partir de un estudio del régimen extremal del oleaje en la zona de Telde (Gran Canaria). El diseño de la banqueta de cimentación y del cajón se realiza para un periodo de retorno (T_r) de 500 años, lo que corresponde con una altura de ola significante $H_s = 5.11$ m (banda de confianza del 90%), un periodo de ola pico $T_p = 12$ s y una dirección NNE del oleaje. Para la cota de coronación de los espaldones se tiene en cuenta el rebase, que se calcula para un periodo de retorno de 50 años correspondiente a H_s = 4.83 m (banda de confianza del 90%), T_p = 11 s y una dirección NNE del oleaje.

4. Modelo físico

El modelo físico de la estructura GBS se ha realizado a escala 1:40 de acuerdo con las dimensiones de la instalación donde se llevará a cabo el modelo. El canal de oleaje del Centro de Estudios de Puertos y Costas tiene una longitud de 46 m, un ancho de 6.5 m y una altura de 2 m, y está equipado con una pala de tipo pistón. El modelo a escala de la estructura se ubica sobre un fondo con una pendiente del 1.7%, reproduciendo la batimetría de la zona.

El objetivo del modelo físico es investigar la estabilidad de la banqueta de cimentación del cajón, el rebase que se produce en la coronación de la estructura y las presiones debidas al oleaje sobre la estructura. Para la obtención de las presiones y la subpresión que ejerce el oleaje sobre la estructura se instalan un total de 70 sensores de presión y un dinamómetro distribuidos por la base del cajón y sus cuatro caras (Figura 2).

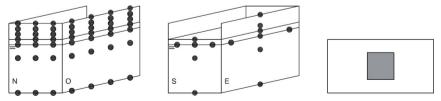


Fig. 2. Distribución de los sensores de presión y del dinamómetro en el cajón

5. Resultados a presentar

Los resultados obtenidos durante los ensayos del modelo físico de estabilidad de la banqueta de cimentación, rebases y distribución de presiones y subpresión en las caras del cajón y en su base se analizarán y se presentarán en la comunicación de las Jornadas.





Comportamiento hidráulico de diques homogéneos de baja cota para la protección de plavas en zonas coralinas

Enrique Ripolla, Jorge Molinesa, Mireille Escuderoa, Jose A. González-Esciváa y Josep R. Medina^a

^aDepartamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Univesitat Politècnica de València, enrido@upv.es; jormollo@upv.es; miescas@upv.es; jgonzale@upv.es; jrmedina@tra.upv.es

1. Introducción

Los ecosistemas costeros están enfrentando los impactos de largo plazo del cambio climático y de las actividades humanas. Los arrecifes de coral, uno de los ecosistemas con más biodiversidad del mundo, han experimentado un retroceso progresivo a una tasa anual de entre el 1% y el 2% en las últimas décadas. Los arrecifes coralinos actúan como barreras físicas naturales que protegen las playas adyacentes del oleaje y la degradación de estos corales afecta la estabilidad de dichas playas (Silva et al., 2016). A corto plazo, los arrecifes de coral protegen las playas contiguas al reducir la energía del oleaje que llega a la costa y reducen el riesgo de inundaciones durante los temporales. A largo plazo, los arrecifes son una fuente de aportación de arena biogénica, alimentando las playas y generando condiciones favorables para el arraigo de otros ecosistemas marinos.



Fig. 1. Sección transversal de diques exentos: (a) LCS convencional, y (b) HLCS de Cubípodos

Los diques convencionales de baja cota (LCS, por sus siglas en inglés) se utilizan en todo el mundo como protección contra la erosión costera. Los diques homogéneos de baja cota (HLCS) construidos con grandes escollera o elementos prefabricados de hormigón, surgen recientemente como una opción factible para la protección de playas de arena en áreas coralinas (Odériz et al., 2018). Los HLCS replican la función protectora de los LCS convencionales introduciendo varias ventajas adicionales: posibilidad de usar elementos de hormigón si no hay escollera del tamaño requerido, son fáciles de desmantelar, reutilización de elementos, alta porosidad, adecuados para la colonización y regeneración de corales, o para atraer y albergar diferentes especies de peces (Medina et al., 2020).

Proyecto HOLOBRACE

El proyecto HOLOBRACE, actualmente en marcha, se centra en: (1) caracterizar el comportamiento hidráulico de diques HLCS de Cubípodos en secciones de tronco y morro y (2) el el análisis de mallas de colocación cuadradas y triangulares, definiendo la malla óptima en términos de facilidad constructiva y comportamiento hidráulico.

Para lograr estos objetivos, se están realizando ensayos físicos 2D para secciones transversales de tronco y morro en el canal de oleaje del LPC-UPV. Se están ensayando diferentes mallas de colocación: malla de colocación cuadrada (SPG) con porosidad del 52% y malla de colocación triangular (TPG) con porosidad del 50%, tanto para tronco como para el morro, en condiciones de rotura del oleaje con profundidad limitada.

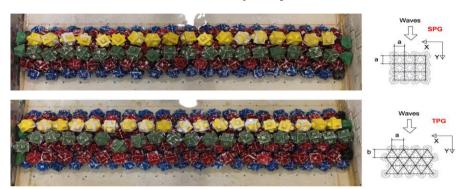


Fig. 2. Mallas de colocación del HLCS de Cubípodos ensayada en el canal de olegie 2D

Los análisis preliminares de los datos indican que la protección costera ofrecida por los diques HLCS de Cubípodos está relacionada con la disipación de energía y la transmisión del oleaie. Esto depende en gran medida del francobordo adimensional (R_o/H_{si}); cuanto mayor sea éste, menor será el coeficiente de transmisión. Asimismo, los resultados preliminares también parecen indicar que la malla de colocación rectangular (RPG) muestra una mayor facilidad constructiva y un menor daño estructural, aunque los ensayos aún están en curso. El desarrollo del proyecto incluye también la realización de simulaciones realistas de construcción para las diferentes mallas de colocación ensayadas en modelo físico. Para ello, se está utilizando software que incluye motores de físicas realistas para la simulación constructiva (Molines et al., 2021), como el utilizado en la industria de los videojuegos. Por último, se están explorando técnicas estadísticas y métodos de inteligencia artificial para desarrollar fórmulas empíricas predictivas que evalúen la respuesta hidráulica de los HLCS de Cubípodos. El objetivo final es establecer recomendaciones y criterios de diseño para estructuras HLCS que protejan de forma efectiva las playas en áreas de arrecifes de coral.

Referencias

Medina, Gómez-Martín, Mares-Nasarre, Escudero, Odériz, Mendoza & Silva (2020): Homogeneous Low-Crested Structures for Beach Protection in Coral Reef Areas. Proc. 36th International Conference on Coastal Engineering, ICCE No 36v (2020), ASCE, Papers.59.

Molines, Centi, Di Risio & Medina (2021): Estimation of layer coefficients of Cubipod homogeneous low-crested structures using physical and numerical model placement tests. Coastal Engineering, 168, 103901.

Odériz, Mendoza, Silva & Medina (2018): Hydraulic performance of a homogeneous Cubipod lowcrested mound breakwater. Proc. of the 7th International Conference on the Application of Physical Modelling in Coastal and Port Engineering and Science (Coastalab18), (in press).

Silva, Mendoza, Mariño-Tapia, Martínez & Escalante (2016): An artificial reef improves coastal protection and provides a base for coral recovery. Journal of Coastal Research, 75, 467-471.





Ensayos en modelo físico 3D de agitación y buques atracados

Juan Piñero Coloma^a, Antonio Baonza González^b, José María Valdés Fernández de Alarcón^c, Marcelo Burgos Teruel^d, Jorge Salvador Muñoz^e, Antonia Bordón Guerra^f y Ana Lopa Carvajalg

^aCEDEX-Centro de Estudios de Puertos y Costas, juan.pinero@cedex.es; ^b CEDEX-Centro de Estudios de Puertos y Costas, Antonio.Baonza@cedex.es; °CEDEX-Centro de Estudios de Puertos y Costas, jose.M.Valdes@cedex.es; dAutoridad Portuaria de Valencia, m.burgos@valenciaport.com; jsalvador@valenciaport.com; fAutoridad Portuaria de ^eAutoridad Portuaria de Valencia, las Palmas, abordon@palmasport.es; Puertos del Estado, alope@puertos.es;

1. Introducción

Distintas Autoridades Portuarias encargan al CEDEX los ensayos en modelo físico 3D de agitación y barcos atracados. En este caso se van a exponer los ensayos realizados en el Puerto de Valencia y en el Puerto de las Palmas.

- La Autoridad Portuaria de Valencia junto con Puertos del Estado, encargaron al CEDEX, los Ensayos en modelo físico 3D de agitación y barcos atracados de la nueva terminal de contenedores de la Dársena Norte.
- 2. Y la Autoridad Portuaria de Las Palmas tiene prevista la ampliación de la Dársena de África mediante la realización de tres configuraciones futuras. Se están realizando para cada una de las futuras configuraciones los ensayos en modelo físico 3D de agitación y buques atracados.



Fig. 1. Modelo 3D de la nueva Terminal de Contenedores del Puerto de Valencia y la Dársena de África. Fuente: CEDEX

2. Ensayos de agitación

En los ensayos de agitación se evalúan las condiciones de agitación en el interior y en la entrada a las dársenas. La escala que se está utilizando en los ensayos es de 1:100 y los oleajes que se están ensayando son los correspondientes al punto SIMAR más cercano.

3. Ensayos de buques atracados

El objetivo principal de los ensayos de comportamiento de buques atracados es conocer el nivel de explotación y operatividad de los muelles. Para ello se analizan las amplitudes de los movimientos de los buques así como las tensiones en las amarras y las reacciones en las defensas, cuando se encuentran sometidos a las condiciones de agitación generadas por la acción de los oleajes típicos de la zona.

Los buques ensayados fueron en el Puerto de Valencia un portacontenedores de 184 m y un crucero de 260 m de eslora y en el Puerto de las Palmas el Volcán del Teide y un Portacontenedores de 294 m de eslora.



Fig. 2. Buque ensayados. Fuente: CEDEX

4. Estudio de maniobra

Con el objeto de verificar la viabilidad de las maniobras de entrada y salida a los diferentes puestos de atraque de la futura terminal del buque de proyecto, se ha realizado un estudio de simulación de maniobra de buques que ha consistido en la validación de la disposición en planta actual y verificar la necesidad de prolongar el actual dique de abrigo.

En la segunda parte del estudio, se ha validado la seguridad de las maniobras en la nueva configuración en planta y alzado de la dársena y del canal de acceso, planteada por la APV según los resultados de las simulaciones de la primera parte.





Experimento multiplataforma y modelado físico 3D para el mantenimiento predictivo inteligente de infraestructuras costeras

Delia Regueira^a, Lohitzune Solabarrieta^b, Beatriz Rodríguez^a, Antonio Tomás^a, Manuel González^b, Pedro Liria^b, Irati Epelde^b, Iñaki de Santiago^b, Anna Rubio^b, Andrés Mendoza^a, Álvaro Álvarez^a, César Vidal^a, Javier L. Lara^a, Mario Hernáez^d y Agustín Sánchez Arcillac

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, delia.regueira@unican.es, beatriz.rodriguez@unican.es, antonio.tomas@unican.es, andres.mendoza@unican.es, alvaro.alvarez@unican.es, cesar.vidal@unican.es, lopezjav@unican.es; Research Investigación Marina, Basque and Technology Alliance (BRTA). lsolabarrieta@azti.es; mgonzalez@azti.es; pliria@azti.es; iepelde@azti.es; arubio@azti.es) ^cUniversitat Politècnica de Catalunya, Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM/UPC), agustin.arcilla@upc.edu dAutoridad Portuaria de Bilbao, mhernaez@bilbaoport.eus

1. Introducción y objetivos

El mantenimiento predictivo de infraestructuras es una estrategia tecnológica que permite una gestión más eficiente y sostenible de las infraestructuras costeras y portuarias, acotando riesgos y posibilitando prolongar el ciclo de vida de las estructuras. Para lograr establecer un método integral para la alerta predictiva (a nivel planificación) de los instantes optimos para realizar un mantenimiento ha de generarse una buena base de conocimiento del comportamiento hidraulico de las estructuras y condiciones oceanometeorológicas. En esta línea de pensamiento, el proyecto PI-BREAK (Predictive Intelligent system to optimize BREAKwater maintenance) desarrollado por LIM/UPC, AZTI, IHCantabria y APBilbao, trabaja de forma coordinada en 1) la adquisición de datos mediante la monitorización remota e in-situ; 2) la adquisición de datos mediante modelado físico; 3) la adquisición de datos mediante modelado numérico; y 4) la vertebración de un sistema inteligente de mantenimiento predictivo del dique; todo ello, aplicado a un dique característico de la costa Cantábrica. En concreto, es objeto de la presente comunicación la presentación de los principales resultados y metodologías asociados a los puntos 1) y 2) anteriormente expuestos.

2. Experimento multiplataforma con sensores remoto e in-situ

Las tecnologías emergentes de teledetección, como radares de alta frecuencia, videometría y radares de banda X, pueden medir corrientes y oleaje de forma remota incluso en condiciones extremas, complementando mediciones de dispositivos de monitoreo in-situ convencionales cuando éstos presentan huecos de información por daño o interrupción debido a condiciones climáticas adversas. En el proyecto PI-BREAK, AZTI ha diseñado un experimento multiplataforma con sensores inteligentes para integrar sensores in-situ y remotos para

monitorear oleaje, corrientes y desplazamientos de bloques del rompeolas en el puerto objeto de estudio, haciendo uso de los siguiente instrumentos y sistemas de medición: (a) Boya de oleaje direccional y ADCP para medir oleaje y corrientes in-situ.(b) Estación de videometría costera para el seguimiento de la interacción onda-estructura. (c) Tecnología de radar en banda X para monitoreo de corrientes y oleaje (d) Tecnología radar de alta frecuencia (HFR) del observatorio EUSKOOS (doi.org/10.57762/T4WH-DQ48). (e) Levantamientos topográficos LIDAR a lo largo del talud y coronación del dique para la medición de movimientos de bloques. Ver ilustración izquierda en Fig 1 (a).



Fig. 1. (a) Distribución espacial de los instrumentos instalados en la zona de estudio. Ensayos del modelo físico 3D realiados en la instalación TOD. (b) Primera actuación de mantenimiento. (c) Segunda actuación de mantenimiento

Metodología de modelización física 3D en laboratorio

Los ensayos 3D fueron realizados por IHCantabria en el tanque de oleaje direccional "TOD" de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de Santander, con el objetivo de evaluar la resiliencia de la infraestructura con y sin intervenciones de mantenimiento de la nueva infraestructura de protección planteada. En concreto tres configuraciones diferentes (situación actual, 1ª actuación de mantenimiento y 2ª actuación de mantenimiento), todas ellas a escala 1:45 y sometidas a las mismas acciones climáticas. Uno de los productos más relevantes derivados de los ensayos es la obtención de la curva de daño de las piezas situadas en el manto exterior, con y sin actuaciones de mantenimiento, y comparando además diferentes secuencias de mantenimiento (en la Fig 1 (b) y (c) se muestran las configuraciones de mantenimiento ensayadas bajo eventos extremos).

Dentro del marco del proyecto, los resultados obtenidos se pondrán al servicio de la comunidad científica y técnica del sector.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco del proyecto PI-BREAK, financiado mediante la subvención PLEC2021-007810 por la convocatoria MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea a través de los fondos NextGenerationEU/PRTR.





Ensayos de estabilidad de mantas articuladas de hormigón biopotenciador para la protección antisocavación y estabilización de cimentaciones, cables y emisarios submarinos

Vicente Negro Valdecantosª, Luis Juan Moreno Blascoª, José Luis Orts Egíoª y Sandra Garfella de Pablo^a, Jorge Gutiérrez Martínez^b, Jaime Orduña Mozo^b y Fernando Colom Joverb

^aUniversidad Politécnica de Madrid, vicente.negro@upm.es; luisjuan.moreno@upm.es; joseluis.orts@upm.es; sandra.garfella@upm.es. <u>b</u>ECOncrete, jorge@econcretetech.com;

1. Introducción

jaime@econcretetech.com; fernando@econcretetech.com.

Los compromisos ambientales de los Estados, las Conferencias de las Partes Anuales sobre Cambio Climático (COP), la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible con relación a las Energías Limpias (ODS7) y la acción por el Clima (ODS13) conducen a un desarrollo vertiginoso de las estructuras en el mar. A eso se une que la emergencia climática está provocando el aumento del nivel de los océanos y el incremento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos. La aprobación en 2021 de la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética, así como, del RD 150/2023, por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo en las cinco demarcaciones marinas españolas (POEM), abren la posibilidad del desarrollo de las energías en el mar en diferentes puntos del litoral español. Con esta preocupación, unido al compromiso ambiental de la reducción de la explotación de canteras y de obtención de materiales naturales tipo escollera, y el objetivo de conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos (vida submarina, ODS 14), se enmarcan estos ensayos donde se analiza el comportamiento de diferentes tipologías de mantas con diseño inclusivo de la naturaleza con hormigón "biopotenciador" (Mantas ECOncrete) con el objetivo de definir su estabilidad y los coeficientes de masa, elevación (lift) y arrastre (drag). Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de ECOREL – UPM durante 2023 para Estados Límites de Servicio (ELU) y Estados Límites Últimos (ELU) respectivamente.

2. Metodología

Las soluciones basadas en la naturaleza de ECOncrete ofrecen una alternativa a las soluciones de escollera tradicional facilitando la protección contra la socavación para cualquier infraestructura marina, desde protección de pie de muelles a cables submarinos y emisarios e inmisarios. Con este planteamiento se pretende maximizar la integridad estructural y la vida útil. La Fig.1 presenta el diseño de mantas propuestas con gran complejidad superficial que, junto con el aditivo biopotenciador con el que se fabrica el hormigón, permitirá favorecer el desarrollo de la vida marina, mimetizándose con el ecosistema, siendo a su vez garantía de estabilidad.







Fig. 1. Descripción de la pieza (izqda.); ejemplo de modelo de manta a escala (centro); ejemplo de manta en prototipo (dcha.). Fuente: ECOncrete

Los ensayos se realizaron en el canal de oleaje de ECOREL - UPM, que tiene una profundidad de 1,5m, una anchura de 1m y una longitud de 52m. La escala de los ensayos fue 1/20, semejanza de Froude, espectro J con factor de forma 3.30 y diferentes escalones de altura de ola y período que reproducían ELS y ELU. Se alcanzaron hasta H_{m0}=8m y T_n=18s. Todos los ensayos se realizaron con las mantas colocadas sobre un fondo plano de solera de hormigón aplicando un enfoque conservador al reducir la fricción entre el fondo y la manta. Además, se realizaron ensayos con las mantas tanto directamente sobre el fondo como colocadas sobre un tubo simulando un cableado submarino con CPS.

3. Resultados

Los resultados permitieron comparar las distintas tipologías de mantas, analizar sus potenciales desplazamientos, giros y enrollamientos y determinar el campo de velocidades en el lecho z = - h, definiendo así los coeficientes de elevación y arrastre. Un ejemplo de los ensayos se observa en la Fig.2.



Fig. 2. Visualización del sistema de control de ensayos (izqda.); fotografía inicial del ensayo (dcha.)

La principal conclusión fue que los valores teóricos de los coeficientes analizados de las mantas ECOncrete son similares a los recomendados por la normativa actual DNV y en algunos casos inferiores. Las mantas fueron estables bajo las condiciones ensayadas.





Optimización del tráfico de cruceros en el puerto de Eivissa

Javier Vaca Cabrero^a, Ignacio Revilla Alonso,^b Alberto Camarero Orive^a, Nicoletta González-Cancelasa v José Ignacio Parra Santiago^c

^a Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería del Transporte, Territorio y Urbanismo , https://orcid.org/0000-0002-0453-8989, j.vaca@upm.es; b https://orcid.org/0000-0002-0614-8714, alberto.camarero@upm.es, https://orcid.org/0009-0008-6223-1900, nicoleta.gcancelas@upm.es

1. Resumen ponencia

Temática 5: Planificación y gestión de puertos.

La pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto significativo en los puertos dedicados al sector crucerístico a nivel mundial y el puerto de Eivissa no es una excepción. Con la propagación del virus, la industria de cruceros se vio gravemente afectada, lo que repercutió directamente en la actividad de los puertos que dependen en gran medida de este sector. Durante el apogeo de la pandemia, numerosos puertos enfrentaron cierres temporales, disminución drástica de operaciones y cancelaciones masivas de escalas de cruceros. Esta situación no solo afectó a las empresas navieras y a la infraestructura portuaria, sino también a las economías locales que dependen del turismo de cruceros.

Para el puerto de Eivissa, el año 2023 ha constituido la vuelta a la normalidad total tras el Covid 19 (Figura 1), hecho que afectó de una forma directa y total al tráfico de cruceros. Tras la pandemia se han vuelto a recuperar valores tanto de cruceristas como de escalas similares, o incluso mayores, que los correspondientes al año 2019, previo al Covid 19. A falta de la consolidación de datos a la fecha de entrega de este resumen de ponencia se espera que el número de cruceristas supere el medio millón en el año 2023.

La ponencia pretende analizar la evolución de cruceros tanto en número de escalas como de pasaje en los años de pandemia y post-pandemia, el grado de ocupación de los atraques así como el cumplimiento de la "preferencia" de horarios de atraque en la Instrucción 01/22 sobre la operativa de los buques de cruceros.

^bDelegado del puerto Eivissa, AP Baleares.

^c Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval de la Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Arquitectura, Construcción y Sistemas Oceánicos y Navales, D https://orcid.org/0000-0002-8757-9814, joseignacio.parra.santiago@upm.es

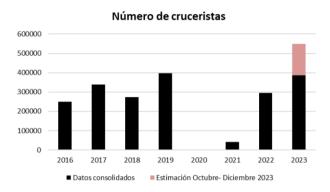


Fig. 1. Numero de crucerista en el Puerto de Eivissa. Fuente: elaboración propia a partir de datos de la AP de Baleares

En cuanto a la gestión portaura del flujo de cruceristas, se puede considerar un intervalo de intensidad de desembarque que varía entre los 2.400 y 3.200 pasajeros por hora en días de afluencia crítica. Para dar servicio a estos cruceristas, la gestión portuaria juega un rol fundamental proveyendo y coordinando los distintos modos de trasporte que prestan servicio en el puerto, desde los City Boat hasta el Port Bus o servicio de taxi. Del análisis modal realizado se extraen algunas conclusiones como: la necesidad de mejora de la sostenibilidad tanto de buques como de las instalaciones portuarias, adecuación de las infraestrucuras existentes a grandes caudales de cruceristas, mejora de la señalética y sistemas de información al pasaje, etc. Con esto se pretende buscar un reparto modal más eficiente tanto medioambiental como económico y socialmente.

Por otro lado, también se pretende analizar la simultaneidad de cruceros y buques petroleros en el dique de Botafoc (I083).

Referencias

Autoridad Portuaria de Baleares, (2022). Memoria de la Autoridad Portuaria de Baleares.

Autoridad Portuaria de Baleares, (2022). Datos estadísticos de las todas las escalas en el puerto de Eivissa del tráfico de cruceros.

Autoridad Portuaria de Baleares, (2022). Instrucción 01/22 relativa al procedimiento de planificación de atraques de los buques de cabotaje de línea regular y cruceros turísticos en el puerto de Eivissa. (con excepción a los relativos a la línea Eivissa-La Savina).

PIANC Report nº 152, (2016). Guidelines for cruise terminals. Maritime Navigation Commission.





Optimización del diseño del nuevo balcón gastronómico situado en el Port Olímpic (Barcelona). Estudio combinado de modelo físico 3D v numérico.

José Sande^a, Cristina Vila^a, Andrés Figuero^a, Enrique Peña^a, Javier Escartín^b, Jordi Mercadé^c, Adriana Male^d, Juan Carlos Montiel^c.

^aUniversidade da Coruña, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, Centro de Innovación Tecnolóxica en Edificación e Enxeñaría Civil (CITEEC). Campus de Elviña, 15071 A Coruña, España, ose.sande@udc.es, c.vilap@udc.es, andres.figuero@udc.es, enrique.penag@udc.es.

^bMarciglob Consultancy Solutions, S.L., Travessera de Gràcia 17., 2°-2ª, 08021 Barcelona España, gerencia@marciglob.com.

^cBarcelona Regional, Agència Desenvolupament Urbà. 08040. Barcelona, España, jordi.mercade@bcnregional.com, juancarlos.montiel@bcnregional.com.

^dAjuntament de Barcelona, Barcelona Serveis Municipals, 08015, Barcelona, España, amale@bsmsa.cat.

1. Introducción

El Port Olimpic de Barcelona será la sede de algunas de las competiciones de la Copa América de Vela en el 2024. Por ello, Barcelona Serveis Munipals, empresa municipal del Ajuntament de Barcelona encargada de la gestión de dicho puerto, quiere modificar la fachada marítima del mismo (Figura 1). El diseño realizado incluye, entre otras, la creación de un balcón gastronómico sobre el dique Gregal y un nuevo acceso a la playa. Para realizar el proyecto es necesario conocer la interacción oleaje-infraestructura (presiones y rebase) ya que son elementos que lo condicionan.





Fig. 1. Nueva fachada marítima del Port Olímpic

Dada la complejidad del entorno: batimetría, obras de defensa la costa (emergidas y sumergidas) que existen en las inmediaciones del puerto, así como la propia geometría del dique de abrigo y del dique Gregal, se decidió realiza un primer estudio en modelo numérico que derivó en la ejecución de un ensayo en modelo físico 3D de validación en el CITEEC.

2. Metodología

El ensayo en modelo físico se realizó en la dársena multidireccional de Puertos y Costas del CITEEC. Se construyó una batimetría de detalle, los diques y espigones existentes, así como el dique de abrigo del puerto (Figura 2). El objetivo de los ensayos era determinar las presiones y el rebase sobre el nuevo balcón gastronómico. Para ello se colocaron sensores de presión en diversas ubicaciones, así como canaletas de rebase. Las condiciones climáticas planteadas abarcaban 3 periodos de retorno (Tr= 1, 10 y 50 años) asignando a cada uno de ellos dos valores de Hs, Tp y Nivel del Mar. Además, se plantearon otros 6 escenarios adicionales de cambio climático.



Fig. 2. Modelo ensayado en el CITEEC

3. Conclusión

Los resultados obtenidos en los ensayos permitieron caracterizar el comportamiento del dique y su interacción con el oleaje. Se comprobó que a lo largo del graderío del dique Gregal se produce una ola corredera que influye en las presiones sobre los voladizos y sobre el nuevo acceso al puerto. Se estudiaron 3 alternativas para reducir este efecto optimizando los voladizos y evitando la entrada del agua, en temporal, por el nuevo acceso al puerto. Finalmente, se comprobó que el rebase por encima de los voladizos no era significativo.

Agradecimientos

Se agradece a Barcelona Serveis Municipals y Barcelona Regional por la colaboración y financiación para la ejecución de los trabajos.





segregación de tráficos Estudio de viabilidad de la de embarcaciones de recreo y embarcaciones comerciales en los puertos de Eivissa y La Savina

Jonás Sánchez Méndez^a, Gonzalo Montero Ruiz^b, Antonio Ginard López^c y Joan Gili Muletd

^aMCVALNERA, jsm@mcvalnera.com; ^bENRED, gonzalo@enredsl.com; ^cAutoridad Portuaria de Baleares, aginard@portsdebalears.com y dAutoridad Portuaria de Baleares, igili@portsdebalears.com

1. Introducción

Las líneas regulares de ferries suponen una conexión vital para las islas de Eivissa y Formentera. Cada año son empleadas por más de 2 millones de pasajeros, principalmente en la conexión entre ambas islas. El puerto de Eivissa, además, es un puerto con una elevada presencia de cruceros, y cuenta con importantes tráficos comerciales de RO-RO o graneles. Estos tráficos conviven con un sector de náutica recreativa muy dinámico, especialmente en los meses de verano, y que generan flujos de entrada y salida en los mismos canales que emplean las embarcaciones comerciales. En un contexto de incremento de tráficos, tanto comerciales como de recreo, el nivel de ocupación de las franjas de navegación en los accesos es muy elevado en algunos momentos, habiendo llegado a producirse incidentes o accidentes. Por esta razón, la Autoridad Portuaria de Baleares (APB, en adelante) promovió en 2023 la elaboración de un estudio de viabilidad de la segregación de tráficos de embarcaciones de recreo y embarcaciones comerciales en los puertos de Eivissa y La Savina.

2. Planteamiento y análisis de alternativas

La búsqueda de alternativas para la resolución de la problemática de interferencia de tráficos existente ha partido de un diagnóstico inicial de las operativas realizadas en ambos puertos, caracterizando los factores clave: clima marítimo, batimetrías, tipologías de buques y embarcaciones, dimensiones y características de las embarcaciones tipo, muelles o amarres empleados, frecuencia de escalas, planificación de infraestructuras, normativa, etc. Asimismo, se han observado soluciones similares en otros puertos a nivel global, y su operativa. Una vez alcanzado un conocimiento suficiente de la situación de partida, se han definido posibles alternativas preliminares de segregación física entre los diferentes tráficos, estableciendo como criterio de separación entre tráficos la eslora de las embarcaciones.

En el Puerto de La Savina, tanto por la ubicación de marinas y muelles, como por las dimensiones de embarcaciones y menor intensidad de tráficos, son planteables soluciones de separación física de canales que eviten casi por completo los cruzamientos entre grandes buques y embarcaciones de recreo. En el Puerto de Eivissa, sin embargo, las áreas operativas de buques comerciales y las de náutica deportiva o de recreo se encuentran desagrupadas, y se complejiza la segregación, obligando a algunas interferencias inevitables que requieren un análisis detallado. En esos casos, prevalecerá siempre la navegación de buques comerciales.

La metodología empleada para la validación funcional de las alternativas consideradas ha sido la simulación de maniobras con simulador en tiempo real. Se han simulado más de un centenar de maniobras con todos los buques tipo representativos de las operaciones en ambos puertos, esto es, diferentes tipos de buques RO-RO, ferries, graneleros, yates, etc. En las maniobras evaluadas se han identificado zonas críticas e interferencias conflictivas, y han servido para dimensionar los espacios navegables requeridos por cada buque, determinando así posibles canales de navegación diferenciada para embarcaciones de recreo o comerciales. El proceso y los resultados han sido compartidos con agentes implicados principales.





Fig. 1. Desarrollo de simulaciones (izqda.) y ej. de trayectorias en el Puerto de Eivissa (drcha)

3. Conclusiones de la búsqueda de alternativas de segregación viables

Se ha podido confirmar la viabilidad de alternativas de segregación en ambos puertos para la mejora de la seguridad en la navegación, si bien se ha puesto de manifiesto la importancia de determinados aspectos en la definición de actuaciones de este tipo, especialmente con tráficos intensos y bocanas de dimensiones moderadas. La visibilidad puede suponer un factor relevante en el diseño de los trazados, y también la velocidad de navegación o el balizamiento, tanto por su interpretación por las embarcaciones de recreo, un tráfico no profesionalizado, como por su influencia en las maniobras de buques comerciales cuando se emplean boyas físicas. La difusión de información y la claridad con la que esta se ofrezca será también fundamental en el funcionamiento del sistema. En algún caso, reasignaciones de los muelles empleados podrá favorecer la eficacia de la separación de tráficos. Por último, la definición de canales segregados podrá tener otros efectos positivos en la explotación portuaria más allá de su finalidad principal de incrementar la seguridad de la navegación.





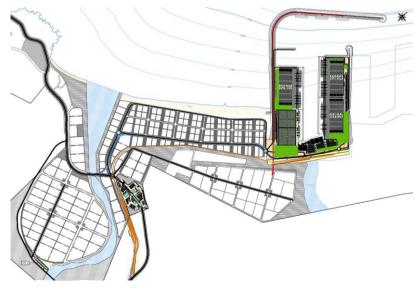
Planificación del complejo industrialo-portuario de Nador West Med - Análisis de flujo de actividades y de transferencia de mercancías

Eugènia Poveda Santiago^a, Najat Chaouq^b y José Luís Estrada^c

aSENER. Mobility S.A., eugenia.poveda@sener.es; bNador . West Med S.A., n.chaouq@nadorwestmed.ma y cEstrada Port Consulting S.L., jlestrada@estradaportconsulting.com

1. Introducción

Marruecos, de acuerdo con sus orientaciones estratégicas, ha decidido desarrollar gradualmente una plataforma industrial-portuaria en la costa mediterránea de la región Oriental, denominada Nador West Med. La plataforma contempla la construcción de un puerto con terminales de contenedores, Ro-Ro, granel sólido e hidrocarburos. Junto al puerto, se planea una plataforma para el desarrollo de zonas logísticas, energéticas e industriales. En este contexto, SENER llevó a cabo un estudio de planificación exhaustivo que abarcó varias actividades: análisis benchmark y evaluación de capacidad, análisis de modos de transferencia de mercancías y operaciones portuarias, planificación de infraestructuras y simulación de tráfico. El artículo presenta los hallazgos del estudio, que se centró en desarrollar un plan integrado para las actividades industriales y logísticas proyectadas en el futuro puerto Nador West Med.



Complejo industialo-portuario de Nador West Med. Fuente: elaboración propia

2. Contexto

El estudio realizado aborda las necesidades específicas de la plataforma industrial-portuaria. Así, mediante una comprensión integral de los requisitos y desafíos, facilita la toma de decisiones para la planificación del desarrollo de Nador West Med en una etapa temprana. Con este fin, se analizaron factores como flujos de actividad a medio y largo plazo, capacidad de las infraestructuras proyectadas, carreteras, redes eléctricas y de agua, regulaciones ambientales y requisitos de seguridad. Asimismo, se profundizó en la gestión del área de control fronterizo y el acceso al puerto para diseñar las instalaciones y optimizar las operaciones portuarias.

3. Métodología

El estudio inició con la recopilación y análisis de datos, el benchmarking del tráfico de carga, la verificación de la capacidad del puerto y la evaluación de los diseños de carreteras y redes técnicas. En base a estos datos, se desarrolló un marco operativo, considerando los distintos tipos de mercancías y modos de transporte. De acuerdo con las regulaciones, se diseñó un área de control fronterizo con circuitos de circulación a través de puertas de control, escáneres, zonas de espera y edificios de inspección. Los flujos de tráfico fueron analizados mediante técnicas de macro y micro simulación.

El estudio también incluyó el diseño conceptual del pipe rack de hidrocarburos, de la cinta transportadora de granel sólido y de los puntos de intercambio modal con el fin de reservar los espacios necesarios en la operación futura. Las garantías de servicio debían ser aseguradas a todos los niveles, por lo que se tuvieron en cuenta los requisitos futuros de agua y electricidad en base a los más elevados estándares internacionales para diseñar la arquitectura de las redes eléctricas e hidráulicas, así como una planta de desalinización y una de tratamiento de agua.

4. Resultados y Conclusiones

La metodología y los adaptaciones sugeridas pueden servir como hoja de ruta para proyectos similares de desarrollo portuario. Destacan los beneficios de la planificación integrada en la optimización de las operaciones logísticas y la importancia de garantizar el movimiento seguro y eficiente de mercancías a través del complejo portuario. Al implementar las recomendaciones del estudio, el puerto Nador West Med promoverá operaciones eficientes, un desarrollo sostenible de las infraestructuras, un crecimiento económico sostenido y asegurará el cumplimiento de las regulaciones aduaneras, ambientales y de seguridad industrial.





Identificación de los umbrales operativos y predicción de la operatividad en líneas de atraque y amarre mediante el uso información operacional histórica.

Rafael Molina^a, Álvaro Campos^a, David Rodríguez^a, Beatríz Díaz^b, Eva Romano^b, Gabriel Díaz^b, Antonio Tomás^b, José María Terrés-Nicoli^c, Jesús Medina^d y Juan González^d, ^aDpto, Ingeniería Civil. Transportes, Urbanismo y Territorio. Universidad Politécnica de Madrid (UPM), 📵 rafael.molina@upm.es; b IHCantabria-Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de beatriz.roriguez@unican.es, antonio.tomas@unican.es, Cantabria. gabriel.diaz@unican.es, 📵 eva.romano@unican.es, 📵; °Oritia&Boreas S.L (O&B), 📵, terresnicoli@oritiayboreas.com; ^dAutoridad Portuaria Bahía de Algeciras, jmedina@apba.es

1. Introducción

El concepto actual de la operatividad de un buque se centra en su comportamiento en el mar, en su maniobrabilidad, en la comodidad y seguridad de las personas a bordo, o en el diseño y análisis de maniobras singulares. En el caso de los puertos, las operaciones predominantes es el amarre del buque, que facilita los procesos de carga y descarga de mercancías y pasajeros. Los ingresos de una compañía naviera, una terminal, un puerto e incluso toda la cadena logística, dependen en gran medida del rendimiento de las operaciones de carga y descarga en las áreas portuarias. Sin embargo, están condicionados por agentes méteooceanográficos que ejercen acciones sobre las estructuras, los buques atracados y los sistemas de amarre que pueden afectar la comodidad, la eficiencia, la seguridad y el confort de las operaciones. En condiciones extremas, las operaciones pueden interrumpirse, lo que conduce a períodos de inactividad, pérdidas económicas e incluso pone en peligro la fiabilidad de la terminal. Por lo tanto, es crucial desarrollar estrategias para caracterizar y predecir la operatividad en muelles y fondeaderos.

Los estudios sobre la operatividad en barcos atracados son menos comunes y por ello las referencias técnicas y normativas son limitadas. (p.e. ROM 2.1-11) Estas referencias intentan relacionar la operatividad con los movimientos máximos permitidos de una embarcación y también con la agitación del oleaje que provoca estos movimientos. Para lograrlo, se proponen diferentes umbrales para diversas tipologías de embarcaciones basados en modelización numérica y física, y también en una experiencia de monitorización en terreno limitada. (Figuero et al. 2019).

En este sentido, Puerto del Estado en 2021, interesada en generar una base de conocimiento sobre umbrales operativos, desarrolla una herramienta de gestión del riesgo operativo (Atlas de Riesgo Operativo. http://cma.puertos.es/) que propone, en lugar de establecer umbrales operativos estándar para todos los buques, un enfoque alternativo que consiste en facilitar herramientas de toma de decisiones basadas en umbrales monoparamétricos que definen los Identificación de los umbrales operativos y predicción de la operatividad en líneas de atraque y amarre mediante el uso información operacional histórica

operadores reales, lo cual les permite acada usuario recibir información particularizada climática para tomar deciciones y a la comunidad portuaria aprender de su experiencia. Sin embargo, a pesar de ser de gran interés para el Sistema Portuario, los umbrales mencionados anteriormente tienen aplicabilidad limitada por varias razones (Molina et al. 2020). El enfoque mono paramétrico es una simplificación de un problema dinámico multidimensional.

2. Metodología

En la actualidad se está trabajando en el concepto de Caracterización multi-proceso de la operatividad portuaria (Romano, E. 2023), y proyectos como PROAS (Port Risk Optimized Advanced System. Autoridad Portuaria Bahía del Algeciras) recogen este enfoque, buscando la predicción operativa particular para cada buque que recale en un puerto. En este mismo contexto, y desde una aproximación reduccionista y como paso previo, los autores de este trabajo se plantean la posibilidad de predecir si las condiciones climáticas van a ser compatibles con la operación de un buque mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial semi-supervisada. En este trabajo se ha buscado establecer una relación entre la estancia histórica de buques con las condiciones climáticas en las que se desenvolvieron, y de este modo identificar los umbrales operativos particulares para un emplazamiento, un buque y un contexto climático. El caso práctico se ha realizado en la terminal marítima de la APBA y en el artículo y la conferencia se presentarán los resultados del estudio.

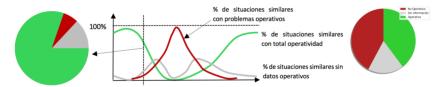


Fig. 1. Ejemplo esquemático de un resultado de inferencia operativa en el caso de disponer de registros de parada o problemas operativos

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a al Autoridad Portuaria de Bahía de Algeciras por su financiación parcial y por la información aportada para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

FIGUERO, A., SANDE, J., PEÑA, E., ALVARELLOS, A., RABUÑAL, J. R., & Maciñeira, E. (2019). Operational thresholds of moored ships at the oil terminal of inner port of A Coruña (Spain). Ocean Engineering, 172, 599

Molina-Sanchez, R., Campos, Á., de Alfonso, M., de los Santos, F. J., Rodríguez-Rubio, P., Pérez-Rubio, S., ... & Álvarez-Fanjul, E. (2020). Assessing operability on berthed ships. common approaches, present and future lines. Journal of Marine Science and Engineering, 8(4), 255.

ROMANO MORENO, E. (2023). Caracterización multi-proceso de la operatividad portuaria. https://hdl.handle.net/10902/29688





Remodelación y regeneración costera y terrestre en el litoral urbano de Altea

José Iván Truiillo Córcolesa, Rafael Belchí Saurab

^aServicio Provincial de Costas en Alicante, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, jitrujillo@miteco.es; aServicio Provincial de Costas en Alicante, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, rbelchi@miteco.es

1. Introducción

La fachada litoral del municipio de Altea ha visto la ejecución de dos actuaciones paralelas. Una marítima, destinada a proteger el litoral, regenerando la playa. Y otra, terrestre, cuyo objetivo es eliminar el parking para vehículos y crear un nuevo espacio destinado al uso y disfrute públicos, teniendo en cuenta el cambio climático y la movilidad sostenible. Ambas actuaciones se coordinaron como obra única a través de un convenio sucrito por la corporación local y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, recayendo la figura de órgano de contratación y dirección facultativa en la Dirección General de la Costa y el Mar.

2. Descripción de las actuaciones realizadas

La parte marítima: "Proyecto de rehabilitación mediambiental de la fachada costera del casco urbano de Altea (parte marítima). T.M. de Altea (Alicante). Celdas centro y sur" se redactó por la Dirección General de la Costa y el Mar, con un doble objetivo: por un lado, generar una nueva playa que proteja la zona terrestre en el tramo comprendido entre la Playa de L'Espigó (al norte) y la Playa de la Roda (al sur). Y en consecuencia con lo anterior, homogeneizar la fachada costera de Altea, en su parte marítima.



Fig. 1. Vista área de la actuación costera. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2018)

En cuanto a la parte terrestre: "Proyecto de remodelación y ampliación del paseo del Mediterráneo entre el Carreró Astilleros y la travessera Sant Pere de Altea", se redactó por el Ayuntamiento de Altea, con el objeto de eliminar el parking existente, para la urbanización del nuevo espacio vinculado con el actual Paseo del Mediterráneo. Consigue la unificación y ordenación de todo el espacio resultante.



Fig. 2. Vista área de la zona terrestre antes de la actuación. Fuente: Ayuntamiento de Altea, (2018).

Las obras realizadas constaron de las siguientes actuaciones:

Parte marítima:

- Retirada de escollera de protección y demolición del paseo existente junto al aparcamiento.
- Construcción de espigón en L (reconstrucción sobre el dique exento existente).
- Regeneración de playa con cantos rodados de origen natural, procedentes de excavación de terrenos ubicados en la zona de policía del río Algar en parcelas explotadas por procedimiento de ocupación temporal por mutuo acuerdo con los propietarios.

Parte terrestre:

- Demolición de la zona de aparcamientos y del antiguo paseo junto a línea de fachadas.
- Construcción de muro, reposición de servicios y relleno y compactación con material seleccionado.
- Ejecución de nuevo pavimento, a base de losa hormigón pulido o baldosas de hormigón, según el caso, así como bancos corridos, luminarias, dunas y zonas ajardinadas, y demás elementos que conforman el mobiliario urbano.





Proyecto de recuperación de la playa de Les Deveses, Dénia (Alicante)

Rafael Belchí Saura¹, Víctor Navarro Condal²

Director de las Obras (Servicio Provincial de Costas en Alicante) rbelchi@miteco.es; ²Jefe de Obra (Estructuras Condal S.A.) vnavarro@estructurascondal.com

1. Introducción

El litoral entre el puerto de Oliva y el puerto de Denia presenta dos tramos claramente diferenciados. El tramo situado al norte con orientación NNW-SSE característica del litoral sur del golfo de Valencia, y el tramo comprendido entre el final de la playa de les Deveses y el puerto de Denia, donde la costa experimenta un giro en su alineación, pasando de una posición NW-SE a una orientación WNW-ESE.

Los valores obtenidos en el estudio de evolución de la línea de costa evidencian la naturaleza claramente erosiva de la costa de Dénia: desde la desembocadura del río Racons (límite provincial entre Valencia y Alicante) se distingue un primer tramo con continuidad en las tasas de transporte (máximos de 35.000 m3/año) y un segundo tramo donde las tasas son decrecientes. En ese tramo de costa, la multitud de actuaciones llevadas a cabo hasta la actualidad han estado dirigidas a paliar, en mayor o menor medida, la citada erosión.

El hallazgo por parte de la Dirección General para la Sostenibilidad de la Costa y del Mar de un préstamo marino, con disponibilidad de sedimento elevada, situado frente al tercio central de la costa de la provincia de Valencia a 10 km de la misma, permite abordar la problemática existente y plantear soluciones para el correcto mantenimiento futuro de este tramo de costa de elevado valor ambiental.

2. Descripción de las actuaciones adoptadas

Las obras, ejecutadas por la adjudicataria UTE Les Deveses (Estructuras Condal S.A., Higuera Corta S.L. y Dragsur S.L.) consistieron fundamentalmente en la aportación de arena de origen marino procedente del yacimiento submarino, y la construcción de espigones que retengan la arena vertida, así como la restauración dunar, para reforzar la defensa natural de la costa, diferenciando 2 tramos.

2.1. Tramo 1 (solución de equilibrio dinámico)

Tramo independiente entre espigones nuevos.

- Construcción de espigón nº 1 en el río Racons: cota de coronación +1,50 m, 471,80 m longitud (239,30 m emergidos + 232,50 sumergidos).
- Vertido de 298.113 m3 de arenas (D50=0,30 mm).
- Anchura de diseño de playa de 45,5 m (30 m anchura mínima + 15 m por evolución, línea de costa (ELC)+ 0,50 m por aumento nivel medio del mar (n.m.m) por cambio climático.
- Recirculación del sedimento cada 5 años con un volumen de sedimento a trasvasar de 62.500 m³.

2.2. Tramo 2 (solución de rigidización costera)

- Construcción de espigón nº 2 la altura de la calle Río Grande: cota de coronación +1,00 m, 350 m longitud (106 m emergidos + 244 m sumergidos).
- Remodelación del primer espigón existente en la playa de Stella y Miarrosa (espigón nº 3): prolongación del espigón existente de 170 m finalizándolo en L (290 m + 210 m), corona a la cota + 1.50 m y tendrá una longitud total de 500 m de los cuales 410 m son emergidos y los últimos 90 m sumergidos.
- Vertido de 293.410 m3 de arenas (D50=0,30 mm).
- Anchura de diseño de 30,5 m (30 m anchura mínima + 0,50 m por aumento n.m.m por cambio climático).



Fig. 1. Estado de la playa anterior y una vez ejecutadas las obras

Adicionalmente, se ejecutó la creación de nuevos cordones dunares, donde hubieran desaparecido, o su regeneración, donde hubieran mermado los existentes, consistiendo esta actuación en la aportación de 50.195 m3 de arena (del mismo origen que la utilizada en la regeneración), la colocación de captadores, la plantación de vegetación dunar y la instalación de vallados blandos y de pasarelas de madera.



Obras de regeneración de las playas de l'Arbre del Gos, Saler y Garrofera (València)

Javier Estevan Sanchisa, Eugenio Jiménez Ferrera, Enrique Correcher Martíneza, Mark Roelofs^b, Alberto del Pino Rivera^c, v Pedro Muñoz Fora^c

^aDemarcación de Costas en Valencia, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, ^bVan Oord Dredging and Marine Contractors, B.V., ^cDravo S.A. ⁽ⁱ⁾, jesanchis@miteco.es; ejferrer@miteco.es;ecorrecher@miteco.es;mark.roelofs@vanoord.com;alberto.delpino@dravosa.com ;pedro.munoz@dravosa.com

1. Introducción

El litoral que discurre hacia el sur del puerto de Valencia se encuentra en un estado de regresión grave debido a la falta de aportes sedimentarios procedentes del río Turia y de la costa situada al norte del puerto, por los efectos barrera, también debido al efecto sombra y de difracción que provocan las obras de abrigo y al transporte de sedimentos longitudinal neto hacia el sur que producen los temporales más energéticos. Entre las playas más afectadas por estos procesos erosivos se encuentran las playas de l'Arbre del Gos, el Saler y la Garrofera, todas ellas ubicadas en la restinga de la Albufera de Valencia.

Con el crucial descubrimiento y posterior estudio de un banco de arenas marinas situado frente a la costa de Sueca y Cullera, de volumen y características ideales para la regeneración de playas, se abrió la posibilidad de realizar grandes actuaciones en las costas del óvalo valenciano.

2. Descripción de las obras

El tramo de costa objeto de las obras comprende las playas de L'Arbre de Gos (2.600 m), del Saler (2.700 m) y Garrofera (1.800 m), desde el espigón sur de la playa de Pinedo hasta la gola de Puchol, en el término municipal de Valencia, con una longitud aproximada de unos 7.100 metros.

La regeneración ha consistido en la recarga artificial de la playa con arena para conseguir un ancho entre 40 a 70 metros, aumentado la protección frente a temporales. La sección transversal constructiva adoptada es en forma de cuña, situándose la cota de la berma en 1,5 metros por encima del nivel medio del mar. El oleaje será el encargado de moldear esta sección constructiva hasta alcanzar su estabilidad transversal. El volumen de aportación, de casi 3,3 millones de m³ de arena, la sitúan en la actuación de regeneración de costa más importante realizada en España.

El subpolígono del banco de arenas empleado en esta actuación se encuentra situado a unos 20 km del tramo regenerado y a unas profundidades entre la batimétrica -65 y la -72 m.

El diseño del proyecto pretendía recuperar la línea de costa de 1965, sin embargo el replanteo previo de las obras evidenció un déficit de materiales respecto al volumen previsto en el diseño debido a la ocurrencia de importantes temporales acontecidos desde la fase de proyecto hasta el inicio de las obras.

Para las operaciones de dragado, y debido fundamentalmente a las elevadas profundidades a las que se encontraba el banco de arena, se ha empleado una draga de succión en marcha tipo mega. La draga empleada (HAM-318) es la 3ª más grande del mundo por volumen de cántara (39.467 m³) y la 1^a por eslora (227 m). El aporte de arena a las playas comenzó el 7 de septiembre y finalizó el 18 de octubre de 2023, siendo el volumen medio aportado en cada ciclo de unos 26.700 m³.

Por otro lado, previo a las operaciones de dragado y aporte de arena, se instaló una tubería sumergida de acero que fue soldada en la playa de l'Arbre del Gos (1.248 m). Esta tubería se complementó con una flotante de 666 m conectada a la draga, y otra terrestre para distribución de arena. Para completar la regeneración en todo el litoral de la actuación fue necesario posicionar la tubería sumergida en 5 secciones distintas, y la tubería terrestre en módulos de 24 metros que se iban conectando paralelos a la costa conforme se avanzaba en la regeneración.

Por último, además de la aportación de arena, se ejecutaron otros trabajos complementarios como la regeneración dunar en todo el frente de la actuación (más de 75 km de bardisas, 44.500 plantaciones dunares y 7.000 m de instalación de talanquera de protección), así como la prolongación de los espigones de la gola de Puchol, de corta longitud, para apoyar parcialmente la regeneración y facilitar, a su vez, el drenaje de la Albufera a través de la gola de Puchol.

3. Conclusiones

Las obras de regeneración de las playas de l'Arbre del Gos, Saler y Garrofera pretenden ser una solución a largo plazo frente a la erosión, y proteger uno de los humedales más importantes de España. Si bien no se está actuando sobre las principales causas del problema, mencionadas al inicio, se da respuesta a una necesidad prioritaria. Pues la protección de los humedales equivale a la nuestra.

Será el seguimiento posterior a las obras el que determine, con mayor grado de aproximación, la idoneidad de la actuación para su aplicación en situaciones similares.





Un manual para el control de obras de regeneración de playas

Patricio Poullet ^a, Antonio Contreras ^b, Patricia López, Francisco Contreras, Pilar Díaz, Bismarck Jigena y Juan J. Muñoz b

- ^a Demarcación de Costas de Andalucía Atlántico, Marianista Cubillo 7, 11071, Cádiz ppoullet@miteco.es
- ^b Grupo de investigación de Ingeniería Costera, Universidad de Cadiz, Antonio.contreras@uca.es, Patricia.lopez@uca.es , Francisco.contreras@uca.es , Pilar.diaz@uca.es , Bismarck.jigena@uca.es , juanjose.munoz@uca.es

1. Introducción

Las obras de Regeneración de Playas (RdP) gozan de unas características especiales que implican una gran especialización de las tareas de control de las mismas. Desde el dragado del placer de arena que no debe de realizarse fuera de la zona autorizada hasta el vertido en zonas acotadas en la playa, pasando por la medición en cántara y el análisis de la granulometría de las arenas durante el trayecto desde un punto a otro. Igualmente, dado que la regeneración suele compatibilizarse con el disfrute vacacional de los usuarios de la playa, deben de tenerse en cuenta medidas de seguridad específicas diferentes en gran medida de las de otros tipos de obra civil. Todo ello justifica la elaboración de un manual cuyo objetivo sea la redacción de una guía para el control de obras de dragado para RdP.

No se trata de abordar los trabajos de diseño o proyecto de una RdP, o los de seguimiento de la evolución de la playa tras su regeneración. Para ello existen ya algunos textos (nunca completos del todo) sobre el tema. Sin ánimo exhaustivo podríamos indicar por ejemplo el libro de Dean (2003), los manuales del USACE (1984, 2002) o del CUR (1987), o algunas directivas del Ministerio de Medio Ambiente (2008, 2010), hoy MITECO.

El trabajo propuesto consiste en una descripción de los aspectos teóricos a tener en cuenta en el control cuantitativo y cualitativo durante la obra, complementada con explicaciones prácticas y anejos con la documentación a utilizar. Aunque en los últimos tiempos no se hayan realizado muchas regeneraciones de playas, sí se ha seguido investigando. Baste como ejemplo la variabilidad de la granulometría dentro de la cántara o la influencia de los diferentes sistemas de tamizado (Poullet et al., 2019a, 2019b). Todo ello sin quitar la gran experiencia acumulada durante casi 40 años. En esta época de transferencia del conocimiento, los que hemos tenido la ventura de participar en este tipo de obras, deberíamos poner por escrito ese saber hacer, ese know-how y pasárlo a las nuevas generaciones. Ese conocimiento debe incluir diferentes puntos de vista. No sólo el savoir faire del empresario dragador/constructor sino el de los técnicos de las Administraciones competentes así como consultores y académicos.

Por ello, se presenta en este foro un primer documento borrador cuyo objetivo es proporcionar un texto de partida, base de discusión y, por supuesto, susceptible de complementos y mejoras. Como aperitivo para ese debate, indicaremos algunos puntos del indice:

- -Tareas de control en el buque (Equipo de dragado, Posicionamiento, Mediciones de la cántara, Partes de carga, Metodología del muestreo, análisis granulométrico a bordo, Informes, Rendimientos y plazos de ejecución...)
- -Tareas de control en playa (zonas de vertido, recolocación de arena, riesgos y medidas de seguridad, vigilancia arqueológica y ambiental...)
 - Monitorización de los trabajos, material necesario para el control, estadillos...

Referencias

- CUR (1987). Manual on artificial beach nourishment. Centre for Civil Research Codes and Specifications, Recommendation report 130. Rijkswaterstaat/Delft Hydraulics (The Netherlands)
- DEAN R.G. (2003). Beach Nourishment: Theory and Practice. Advanced Series on Ocean Engineering no.18, World Scientific Pub. https://doi.org/10.1142/2160
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2008). Directrices sobre actuaciones en playas. www.miteco.gob.es/en/costas/publicaciones.html
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE y MEDIO RURAL y MARINO (2010). Instrucción técnica para la gestión ambiental de las extracciones marinas para la obtención de arena. www.miteco.gob.es/en/costas/publicaciones.html
- POULLET, P., MUÑOZ-PEREZ, J. J., LOPEZ, P., GARCÍA-LOPEZ, S., MARTELL, R., SILVA, R., & MORENO, L. (2019). Sand size variability inside the hopper of a trailing suction dredger for beach nourishment purposes. Geo-Marine Letters, 39, 513-520.
- POULLET, P., MUÑOZ-PEREZ, J. J., POORTVLIET, G., MERA, J., CONTRERAS, A., & LOPEZ, P. (2019). Influence of different sieving methods on estimation of sand size parameters. Water, 11(5), 879.
- USACE (2002). Coastal Engineering Manual. EM 1110-2-1100, www.publications.usace.army.mil





Metodología para la aplicación de técnicas de recuperación asistida de playas

Erica Pellóna, Patricio Poulletb, Mauricio Gonzáleza y Raúl Medina

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, pellone@unican.es y bDemarcación de Costas Andalucía Atlántico.

1. Introducción

Los gestores de la costa demandan herramientas y metodologías para implementar Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) de manera efectiva, con el objetivo de mejorar la resiliencia de las playas. En esta línea de actuación, las técnicas de recuperación asistida (NABE) han sido concebidas para acelerar la acreción de arena minimizando las acciones humanas y aprovechando el trabajo realizado por la naturaleza. Estas técnicas abordan la creciente demanda de mayores anchos de playa para turismo, al tiempo que garantizan su sostenibilidad a largo plazo frente a los impactos de las grandes tormentas invernales. Este estudio se centra en las técnicas de reperfilado (Bruun, 1983) y arado (Gainza et al., 2019). La Fig. 1 describe estas técnicas y muestra ejemplos reales de aplicación. Aunque ambas técnicas son herramientas valiosas para los gestores costeros, su aplicación debe ejercerse con cautela y solo en las ubicaciones apropiadas para ello. Para evitar el uso inadecuado de esas técnicas NABE, se ha desarrollado una metodología para seleccionar y diseñar acciones para lograr los objetivos de manejo costero específicos de cada sitio.



Fig. 1. Técnicas de recuperación asistida. Izquierda: Arado. Derecha: Reperfilado

2. Metodología

La metodología para la aplicación de técnicas NABE se divide en tres pasos fundamentales.

2.1. Paso 1: Elección de la técnica NABE más apropiada mediante un árbol de decisión

Se propone un árbol de decisión para facilitar la elección de la técnica NABE más apropiada para cada sitio de estudio. La elección se realiza a través de unas preguntas sencillas sobre aspectos básicos de la playa de los que el gestor de la costa debe tener conocimiento.

2.2. Paso 2: Decisión de que días es apropiado o no aplicar una técnica NABE

Estas técnicas deben aplicarse en primavera, cuando se esperan dinámicas marinas de calma tras las acciones mecánicas. Además, se debe minimizar el impacto ecológico, para lo que es necesario realizar un estudio de las especies que tienen su hábitat en la zona o la utilizan como zona de reproducción. En las fechas que queden disponibles un sistema operacional permite verificar que no se prevean tormentas en los próximos 7 días.

2.3. Paso 3: Diseño de las acciones NABE

Cada tipo de actuación NABE requiere unos datos y un diseño específico. En la presentación se indicarán las recomendaciones de diseño para cada técnica basadas en las recomendaciones de autores previos (Carley et al., 2010) y en la experiencia adquirida mediante las investigaciones realizadas (Pellón, 2023).

3. Conclusiones

Las técnicas NABE están diseñadas para acelerar la recuperación de arena aprovechando los procesos naturales, reduciendo la dependencia de las intervenciones humanas. Estas técnicas se aplican con medios terrestres, lo que las hace económicas y fáciles de aplicar.

La aplicación del reperfilado y el arado debe limitarse a los lugares apropiados (playas arenosas, con variabilidad estacional y sin restricciones ambientales ni erosión persistente). La metodología propuesta es modulable para incorporar nuevos hallazgos basados en investigaciones futuras. Se fomenta el seguimiento y evaluación de las acciones NABE en playas prototipo para la mejora continua.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España bajo la subvención BIA2017-89491-R, Proyecto Beach-Art. Este estudio forma parte del programa ThinkInAzul, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Referencias

BRUUN, P., (1983). "Beach scraping". Coast. Eng. 7, 167-173.

CARLEY, J.T., SHAND, T.D., COGHLAN, I.R., BLACKA, M.J., COX, J., LITTMAN, A., FITZGIBBON, B., MCLEAN, G., WATSON, P., (2010). "Beach scraping as a coastal management option". 19th NSW Coast. Conf. 1-20.

GAINZA, J., GARNIER, R., NUÑEZ, P., JARAMILLO, C., GONZÁLEZ, E.M., MEDINA, R., LIRIA, P., EPELDE, I., URIARTE, A., MONGE-GANUZAS, M., (2019). "Accelerating Beach Recovery by Plowing the Intertidal Bar: A Field Experiment along the Northern Spanish Coast". J. Coast. Res. 35, 973.

PELLÓN, E., (2023). Nature-based solutions to enhance beach recovery. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria.





Hindcast y provecciones de oleaje en el mar Mediterráneo: implicaciones para la gestión de Puertos y Costas

Andrea Lira Loarcaa y Giovanni Besioa

^aDipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale, Università degli Studi di Genova, Italia, A.L.L. Dandrea.lira.loarca@unige.it; G.B. Dgiovanni.besio@unige.it.

1. Introducción

En el contexto actual de los desafíos planteados por el cambio climático, la gestión efectiva de puertos y costas en la región mediterránea es una tarea crucial. La frecuencia creciente de eventos climáticos extremos y las transformaciones en los patrones meteorológicos y oceánicos amenazan significativamente la infraestructura costera y la actividad portuaria. En este escenario, el desarrollo de fuentes de información climática, pasada y futura, con alta resolución espacial y temporal, se presenta como un componente esencial para enfrentar estos desafíos de manera efectiva. Históricamente, el diseño y la gestión de puertos y costas han dependido en gran medida de observaciones o medidas de campo. Sin embargo, la creciente complejidad de los fenómenos climáticos y la necesidad de anticipar escenarios futuros requieren enfoques numéricos que permitan afrontar necesidades de datos con alta resolución temporal y con distintos escenarios climáticos. Este trabajo presentará la base de datos de oleaje hindcast desde el 1979 hasta la fecha y los resultados de cambios en la altura de ola significativa y periodo pico con el ensemble de proyecciones de cambio climático desde el 2005 hasta el 2100 en el Mar Mediterraneo.

2. Hindcast y proyecciones RCP8.5

Para el caso del hindcast, los datos de campo de viento a 10 metros se obtienen del modelo mesoescala no hidrostático Weather Research and Forecast (WRF). La simulación de hindcast se realiza con una resolución de 10 km Lambert Conic Conformal que abarca toda la región del Mar Mediterráneo. Las condiciones iniciales y de límites se obtienen del Sistema de Reanálisis CFSv2. (Mentaschi 2013, Ferrari 2020). Los campos de viento a nivel horario se obtienen para el periodo del 1 de enero de 1979 al 31 de diciembre de 2023. La simulación de oleaje se realiza con el modelo numérico de generación y propagación de oleaje WAVEWATCH III con una malla no estructurada de resolución espacial variable con 25 km offshore, 10 km en profundidades intermedias y 400–500 m en la zona costera (Figura 1). El dominio espectral está definido por 24 bins direccionales de 15° y 25 frecuencias que van desde 0.07 hasta 0.66 Hz.

Los datos de campo de viento bajo el escenario de cambio climático RCP8.5 se obtienen del proyecto EURO-CORDEX con resolución temporal y espacial de 6 horas y 0.11° (12.5 km), respectivamente para un conjunto de 21 modelos (combinaciones GCM-RCM). Las simulaciones de oleaje se han realizado con WAVEWATCH III con una malla regular a 10 km y resolución temporal de 3 horas (Lira Loarca, 2021, 2022a, 2022b). La Figura 2 presenta los cambios estacionales, con respecto al periodo histórico, en la altura de ola significativa máxima para el periodo 2017-2100. Durante la presentación se introduciran distintos indices provenientes del hindcast y las proyecciones y se analizaran los futuros cambios en los principales parámetros de oleaje en el mar Mediterráneo.

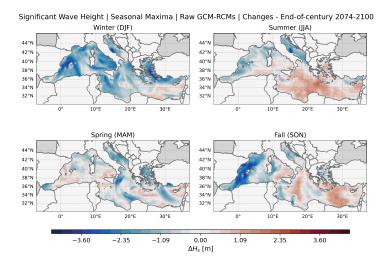


Fig. 1. Cambios en la altura de ola significativa máxima 2074-2010 respecto al histórico

Referencias

FERRARI F., BESIO G., CASSOLA F., MAZZINO A. (2020). "Optimized wind and wave energy resource assessment and offshore exploitability in the Mediterranean Sea" Energy, 0360-5442, 190.

LIRA-LOARCA A, COBOS M., BESIO G., BAQUERIZO A. (2021). "Projected wave clinate temporal variability due to climate change" Stochastic Env. Research and Risk Assessment.

LIRA-LOARCA A., CACERES-EUSE, A., DE LEO, F., BESIO G. (2022a). "Wave modeling with unstructured mesh for hindcast, forecast and wave hazard applications in the Mediterranean Sea" en Applied Ocean Research.

LIRA-LOARCA A., BESIO G. (2022b). "Future changes and seasonal variability of the directional wave spectra in the Mediterranean Sea for the 21st century" en Environmental Research Letters, 17-10, 104015.

MENTASCHI L., BESIO G., CASSOLA F., MAZZINO A. (2013). "Developing and validating a forecast/hindcast system for the Mediterranean Sea" en J. Coast Res, 65, 1551-1556.





Análisis extremal del nivel del mar en el archipiélago de Vanuatu

Beatriz Pérez-Díaz al, Sara O. Van Vlotena, Jared Ortiz-Anguloa, Vanessa Hernamanb, Ron Hoeke^b, Claire Trenham^b, Laura Cagigal^a, Emilio Echevarría^b, Sonia Castanedo^a, Fernando Méndeza

^aGeoOcean group, Departamento de Ciencias y Ténicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, perezdb@unican.es; sava.ovanvloten@unican.es; piared.ortizangulo@unican.es; Daura.cagigal@unican.es; Dsonia.castanedo@unican.es; Dfernando.mendez@unican.es;

^bCommonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Marine and Atmospheric Research, Aspendale, Australia; vanessa.hernaman@csiro.au; ron.hoeke@csiro.au

1. Introducción

Naciones insulares como Vanuatu, con extensas zonas costeras de baja altitud, muy expuestas a riesgos naturales, y con una economía basada en sus recursos naturales, hacen que sean regiones particularmente vulnerables a inundaciones costeras, cada vez más frecuentes y severas debido al cambio climático. Para caracterizar los eventos extremos de inundación con poca probabilidad de ocurrencia, pero con consecuencias negativas muy significativas, es fundamental contar con largas series temporales de registros de nivel del mar y/o bases de datos de reanálisis que permitan realizar correctos Análisis de Valores Extremos (EVA).

En concreto, la República de Vanuatu, situada en una región del Pacífico Sur (lat. 13-21°S, long. 166-171°E) afectada por una media anual de 3,5 ciclones tropicales (TCs), está compuesta por mas de 80 islas con alta variabilidad espacial en sus condiciones meteoceánicas, pero con escasez de registros de nivel. En este trabajo, debido a esta falta de registros, pero también a la baja resolución de los hindcast existentes, así como a la gran incertidumbre asociada a los análisis tipo EVA teniendo en cuenta eventos estadísticamente poco frecuentes como los TCs, se han generado dos bases de datos de alta resolución para facilitar la correcta caracterización extremal de eventos de inundación.

2. Metodología: Hindcast y Ciclones Tropicales

Con el fin de contar con una base de datos históricos de alta resolución espacial, se ha generado y validado un hindcast histórico de 41 años (1979-2020) mediante técnicas de dowscalling dinámico. Para ello se ha utilizado el sistema de modelado acoplado SCHISM-WMMIII (Zhang et al., 2016) con una malla no estructurada de más de 400,000 elementos (véase Fig. 1, panel izquierdo), que alcanza 100 metros de resolución en las proximidades a la costa. Este Hindcast, que considera los efectos combinados de la marea astronómica y meteorológica, el oleaje y la variabilidad del nivel del mar, proporciona, entre otras variables, el nivel de agua total (TWL) fundamental para el análisis extremal de eventos de inundación.

Para poder realizar un correcto análisis probabilístico del TWL en una zona afectada por eventos esporádicos como los TCs, se ha desarrollado un emulador de series sintéticas de nivel inducidos por TCs. Dicho emulador, que parte de las bases de datos históricas y sintéticas de trazas de ciclones existentes, consiste en las siguientes estapas: 1) parametrización de la geometría de las trazas de TCs; 2) selección de 1000 TCs representativos mediante el algoritmo de máxima disimilitud; 3) obtención de los correspondientes campos espacio-temporales del espectro direccional del oleaje a escala regional mediante el método híbrido ShyTCWaves (van Vloten et al., en revisión), y de los campos espaciales de viento y presión mediante un modelo de vórtice; 4) aplicación del sistema de modelado acoplado SCHISM-WMM3 para propagar el oleaje y la marea meteorológica a escala local (véase Fig. 1, panel derecho); 5) generación de series sintéticas de TWL a demanda bajo la hipótesis de linealidad de procesos.

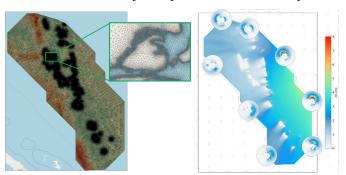


Fig. 1. Malla de cálculo de Vanuatu del modelo SCHISM-WMM3 y propagación de altura de ola

3. Resultados

Con base en las metodologías anteriores, se han calculado las distribuciones empíricas de máximos anuales de TWL a lo largo de toda la costa de Vanuatu. Para ello se ha aplicado un análisis EVA capaz de obtener estimaciones espaciales de periodos de retorno sin necesidad de ajustar distribuciones analíticas, y por lo tanto, permitiendo la exploración de valores extremos para periodos de retorno altos.

Referencias

VAN VLOTEN, S.O, CAGIGAL, L., PÉREZ-DÍAZ, B., RUEDA, A., MÉNDEZ, F., (Under Rev.). SHyTCWaves: Stop-motion Hybrid TC-induced Waves metamodel. Ocean Modelling

ZHANG, Y. J., YE, F., STANEV, E. V., AND GRASHORN, S. Seamless cross-scale modeling with SCHISM, Ocean Model (Oxf), vol. 102, pp. 64-81, Jun. 2016





Avances en la caracterización estadística multivariada de eventos extremos: aplicaciones en ingeniería de costas y puertos

David Lucio^a, Javier L. Lara^a y Íñigo J. Losada^a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, david.lucio@unican.es; jav.lopez@unican.es; inigo.losada@unican.es

1. Introducción

La costa y las infraestructuras que en ella se localizan están inherentemente sujetas a la influencia de diversas dinámicas marinas, como son el oleaje, el viento, las corrientes y el nivel del mar. Dichas dinámicas marinas inducen una serie de impactos y riesgos, los cuales comprenden la erosión costera, la inundación costera y la reducción en la funcionalidad, fiabilidad y operatividad de las infraestructuras costeras y portuarias. Es particularmente significativo resaltar que estos impactos y riesgos se originan, en su mayoría, debido a la confluencia simultánea de estas dinámicas, como se observa en el caso de la inundación costera, resultado la combinación de niveles del mar y oleaje extremos. Por lo tanto, resulta fundamental el llevar a cabo una caracterización fiable de la frecuencia de ocurrencia conjunta e intensidad estos eventos climáticos costeros, pues esta caracterización multivariada constituye la base sobre la que se sustentan los posteriores análisis de impactos y riesgos.

En esta ponencia se presentarán los últimos avances llevados a cabo en materia de modelado multivariado de eventos extremos, mostrando tanto el desarrollo metodológico realizado como su implementación en dos casos pilotos del litoral español. En concreto, se mostrarán los últimos desarrollos en relación con (1) la caracterización multivariada de tormentas incluyendo una representación realista de su forma y (2) la caracterización multivariada de los eventos extremos compuestos de oleaje y nivel en un contexto de cambio climático. En el primero de los casos se presentará un nuevo emulador de tormentas multivariado que permite modelar tanto la frecuencia e intensidad de la tormenta como la evolución temporal de la misma, no siendo necesario el adoptar hipótesis simplificadoras tales como una forma triangular en la duración de la misma. Este hecho resulta especialmente relavante, pues tal y como se presenta en Duo et al. (2020), el considerar una forma triangular simétrica puede conducir a una infraestimación de hasta el 20% en la evalución del impacto de inudación. En el segundo de los casos, se presentará un nuevo emulador de eventos sintéticos de eventos extremos de oleaje y nivel en un contexto de cambio climático, siendo de aplicación para el estudio de la reducción de la fiabilidad y funcionalidad en estructuras costeras y portuarias.

2. Aplicaciones en ingeniería de costas y puertos

El primer caso de aplicación se centra en el desarrollo de un emulador de tormentas que combina el análisis multivariado de eventos extremos (Lucio et al., 2020) con los modelos autorregresivos (Solari et al., 2011) para capturar los cambios en los parámetros de la tormenta con una evolución realista de los mismos. En el panel izquierdo de la Figura 1, se muestra el resultado de su aplicación en una localización en aguas profundas frente a la costa del Maresme.

El segundo caso de aplicación se centra en el desarrollo de un emulador de eventos compuestos de oleaje y nivel extendiendo el marco conceptual basado en cópulas Gaussianas presentado en Lucio et al., (2020) a un contexto de cambio climático. En el panel derecho de la Figura 1, se muestra la proyección de oleaje en dos escenarios de cambio climático (RCP4.5 y RCP8.5) evaluados ambos en el corto plazo (ST: 2050) y largo plazo (LT: 2100) en una localización en la costera del Maresme. Comparándolo con el periodo referencia (BL), la metodología permite cuantificar cambios en frecuencia e intensidad de eventos extremos.

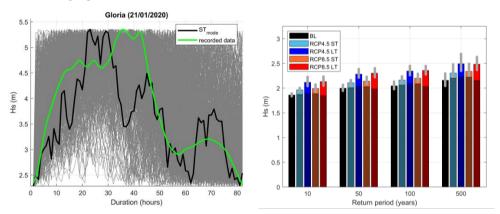


Fig. 1. Panel izquierdo: comparación entre la forma real de la tormenta (línea verde) con la forma media emulada (línea negra) resultado de realizar 10 000 emulaciones sintéticas (líneas grises). Panel derecho: comparación entre régimen extremal de oleaje en diferentes escenarios climáticos y horizontes temporales

Referencias

Duo, E., Sanuy, M., Jiménez, J., Ciavola, P. (2020): How good are symmetric triangular synthetic storms to represent real events for coastal hazard modelling, Coastal Engineering, vol. 159, 103728.

Lucio, D., Tomás, A., Lara, J.L., Camus, P., Losada, I (2020): Stochastic modeling of long-term wave climate based on weather patterns for coastal structures applications, Coastal Engineering, vol. 161, 103771.

Solari, S., Losada, M.A. (2018): Simulation of sea storms including multivariate storm evolution, Coastal Engineering Proceedings, 1(36), papers.35.





Análisis del evento extremo de oleaje en Melilla en abril de 2022: causas e impacto dentro del puerto

Pablo Lorente^a, Marta De Alfonso^a, Pilar Gil^a, Fernando Manzano^a, Anna Magdalena Matulka^a, Begoña Pérez-Gómez^a, Susana Pérez-Rubio^a, M. Isabel Ruiz^a

aÁrea de Medio Físico, Puertos del Estado, Madrid, plorente@puertos.es

1. Introducción

Durante los días 4 y 5 de abril de 2022, un temporal de oleaje con una intensidad sin precedentes azotó el puerto de Melilla. Las operaciones portuarias fueron interrumpidas debido a las duras condiciones meteo-oceanográficas y al violento rebase de los diques. Un barco tuvo que ser evacuado de su atraque y diversos daños estructurales fueron reportados en la punta del dique así como en varias embarcaciones y pantalanes del puerto deportivo.

2. Objetivo

El presente trabajo persigue caracterizar este evento extremo, analizando no solo los factores atmosféricos a escala sinóptica que indujeron el oleaje récord sino también cuáles fueron las consecuencias dentro del puerto de Melilla en términos de agitación y onda larga. Asimismo, se examinó la posible existencia de tendencias significativas en la altura significante del oleaje extremo en Melilla para el período 1993-2022.

3. Resultados

El episodio de abril 2022 ha sido comparado retrospectivamente con los seis eventos más extremos registrados previamente por la boya costera de Melilla durante el período 2011-2022 para desentrañar si fueron generados por forzamientos atmosféricos similares. Para ello se analizaron los mapas de presión a nivel del mar (PNM) y viento a 10 metros de altura (V10) proporcionados por el reanálisis ERA5 del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo. Los resultados revelaron que los siete eventos extremos de oleaje fueron inducidos por un dipolo de PNM, caracterizado por un centro de altas presiones al noroeste y un sistema de bajas presiones al sureste (Fig. 1a), que provocó vientos muy intensos del este (Fig. 1b) y oleaje muy intenso en todo el mar de Alborán (Fig. 1c). Además, esta configuración atmosférica común parece darse predominantemente durante la misma etapa del año, un periodo de 50 días entre finales de febrero y principios de abril.

El episodio de 2022, que batió todos los récords, se diferenció del resto por un gradiente de presiones mucho más fuerte (2 Pa·km⁻¹) y vientos del noreste (superiores a 20 m·s⁻¹), que dieron lugar a una altura significante de ola (SWH) y un periodo medio (Tm) de 7.32 m y 9.42 s, respectivamente, batiendo récords históricos. El periodo de retorno asociado a este evento disminuyó de 53 años a 25 años, lo que debe tenerse en cuenta para actualizar los protocolos de seguridad y diseñar adecuadamente las futuras instalaciones dentro del puerto.

Asimismo, se han analizado los datos de nivel del mar y agitación propocionados por el mareógrafo de Melilla (2011-2022) para investigar la relación entre el oleaje en aguas abiertas y el estado del mar dentro del puerto. La agitación, que también alcanzó un valor récord (1.41 m) durante el temporal, se demostró que está modulada por SWH (correlación de 0.87) así como por el periodo de ola. Los mayores valores de agitación (> 1 m) se registraron para olas altas incidentes procedentes del sector comprendido entre 50° y 70° con valores de T_m y periodo de pico (T_p) superiores a 7 s y 10 s, respectivamente. Por el contrario, la marea astronómica y el residuo meteorológico (storm surge) tuvieron un efecto insignificante en la agitación durante los siete eventos extremos. La onda larga tuvo un papel relevante durante los siete eventos extremos, observándose que la energía en la banda infragravitatoria (IGE) está correlacionada muy significativamete con un parámetro de forzamiento proporcional a SWH²·T_p.

Finalmente, se ha analizado el reanálisis de oleaje (1993-2022) propocionado por el Servicio Marino Copérnicus para caracterizar la variabilidad intra-anual del percentil 99 de SWH en el Mar de Alborán e identificar la existencia de tendencias. Los resultados han revelado que la intensidad del oleaje extremo en Melilla ha aumentado para el mes abril, mientras que ha disminuido para los meses de junio y octubre.

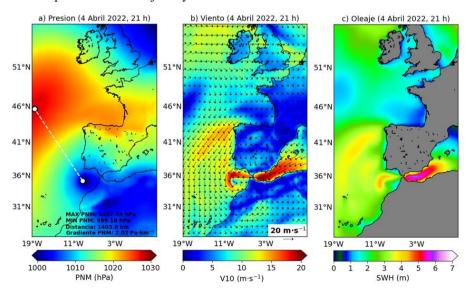


Fig. 1. Mapas horarios de a) presión a nivel del mar, b) viento a 10 m de altura y c) altura significante de ola durante el evento extremo ocurrido en el puerto de Melilla





Caracterización de los sistemas de oleaje que alcanzan la isla de **Ibiza**

Ottavio Mattia Mazzaretto a, Melisa Menéndez a y Héctor Lobeto a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, ottavio.mazzaretto@unican.es, menendezm@unican.es, hector.lobeto@unican.es

1. Introducción

Las aplicaciones de ingeniería costera abarcan un amplio espectro de actividades, como la planificación portuaria, diseño de estructuras costeras y evaluación de la. Estas actividades requieren de estimaciones precicas de las condiciones climáticas del oleaje. El oleaje generalmente se caracteriza mediante parámetros integrados, como la altura de ola significante (Hs), el periodo de pico (Tp) y la dirección media (MWD). A pesar de su representatividad general e integrada, estos parámetros pueden enmascar u omitir cierta información, particularmente anteestados de mar multimodales. Este estudio desarrolla una metodología para identificar familias o sistemas de oleaje predominantes a largo plazo, evaluando sistemas tanto en los mares de viento como en los mares de fondo (swells). Para ello se han analizado la base de datos con información del espectro direccional procedente del hindcast de oleaje GOW2 (Perez et al., 2017). Además, se ha explorado la presentación de estos sistemas de oleaje para diferentes escalas temporales, con el fin de caracterizar la variabilidad climática del oleaje a lo largo de la costa de la isla de Ibiza.

2. Metodología

El enfoque metodológico de este estudio parte del cálculo de particiones espectrales de estados de mar horarios sobre el espectro de frecuencias y direcciones. Para ello se aplica el algoritmo de watershed (Vincent and Soille, 1991). Posteriormente se clasifican las particiones entre mares de viento y swells utilizando el método de Hanson and Phillips (2001). Se caracteriza cada partición espectral, estimando sus parámetros a partir de los momentos espectrales (e.j. Hs, Tp, MWD y Tm). Posteriormente se evalúa la distribución en las dimensiones de frecuencia-dirección de cada partición horaria durante todo el periodo histórico disponible (1979-2022) para obtener una representación polar de probabilidad (Figura 1). A continuación se aplica nuevamente el algoritmo de clasificación, esta vez sobre la dimensión de probabilidad de particiones, para identificar y caracterizar los sistemas de oleaje. Los sistemas o familias de oleaje obtenidos se definen como las condiciones a largo plazo que prevalecen sobre un área de frecuencia-dirección que reúne características climáticas y físicas similares.

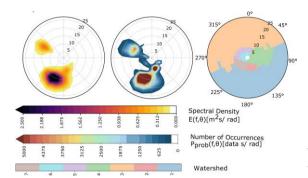


Fig. 1. De izquierda a derecha: espectro direccional del oleaje; gráfico polar de la probabilidad de ocurrencia de particiones; y sistemas de oleaje identificados

3. Resultados

Los resultados proporcionan una visión completa de la multimodalidad de las condiciones de oleaje predominantes que afectan a la costa y de su evolución a lo largo del tiempo. Las variaciones estacionales en la energía del oleaje revela cambios en la predominancia de mar de viento o swell. Además, este análisis permite caracterizar los regímenes extremales de cada sistema de oleaje, con una energía, altura de ola, periodo y dirección asociadas.

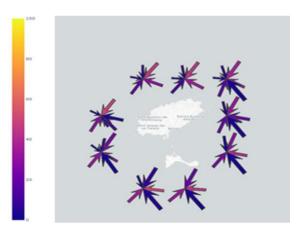


Fig. 2. Sistemas de oleaje tipo swell alrededor de la isla de Ibiza. El tamaño de la flecha representa el período de pico, el color de la flecha representa el porcentaje de energía relativo a la energía de los sistemas de oleaje de tipo swell y la dirección de la flecha representa la dirección media

La Figura 2 muestra los diferentes sistemas de oleaje tipo swell alrededor de la isla de Ibiza encontrados. Los resultados muestran la importancia de diferentes sistemas de oleaje tipo swell que alcanzan la isla. Tomando como referencia la localización offshore a Santa Eulària des Riu, se estima que predomina el mar de viento, que es un 40-50% de la energía total del oleaje. Además, se aprecian cuatros sistemas de oleaje tipo swell bien diferenciados por sus características.





Preparando los puertos para un futuro incierto: el observatorio de cambio climático

Marc Mestres^{a,d}, Antonio Góngora^b, Mercedes de Juan^c, Begoña Pérez Gómez^b, Joaquim Sospedra^{a,d} y Agustín Sánchez-Arcilla^{a,d}

^a LIM/UPC, UPC-BarcelonaTech, Barcelona, marc.mestres@upc.edu, joaquim.sospedra@upc.edu, agustin.arcilla@upc.edu. bPuertos del Estado, Madrid, agongora@puertos.es, bego@puertos.es. ^cAutoridad Portuaria de Alicante, Alicante, mdjuan@puertoalicante.com. ^d Centro Internacional de Investigación de los Recursos Costeros (CIIRC), Barcelona.

1.Introducción

En el marco de su Estrategia de Adaptación al Cambio Climático, la UE pretende construir una Europa más resiliente frente al cambio climático mediante acciones de adaptación en todos los ámbitos a través de las estrategias nacionales de cada uno de sus estados miembros.

Uno de los casos en los que la adaptación climática es más necesaria es el del sector portuario, continuamente en expansión pero altamente vulnerable a los cambios meteooceanográficos previstos para el futuro. Por ello, tanto la Comisión Europea (CE, 2009) como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2018) han establecido la necesidad urgente de adaptar las infraestructuras portuarias y redes de transporte relacionadas a este cambio de clima. Para evitar las afectaciones negativas sobre el comercio marítimo, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) ha dado un primer paso fijando la necesidad de implementar para el año 2025 un Observatorio de Impactos Climáticos en los puertos, que permita el registro por parte de las Autoridades Portuarias de incidencias debidas a fenómenos físicos extremos.

En este contexto, es imprescindible extender las capacidades de un observatorio de este tipo más allá del mero registro de eventos, y concebirlo como una herramienta basada en el conocimiento científico-técnico que sea útil para la gestión adaptativa de los entornos portuarios y el desarrollo de una cultura de la resiliencia en el diseño, explotación y conservación de los mismos. Todo ello tomando en consideración los riesgos meteooceanográficos a medio y largo plazo y las previsiones de explotación y obras en cada puerto.

En este artículo se plantea un marco preliminar para el desarrollo de un Observatorio del Cambio Climático para los puertos españoles, basado en el concepto de análisis del riesgo portuario (Gómez, 2018) y asociado a la respuesta de los activos portuarios (infraestructuras, servicios o actividades) a fenómenos meteo-oceánicos extremos. Para ser efectivo, el Observatorio debe cumplir con los principios de *flexibilidad* (modularidad, particularización a cada puerto), integración (análisis de observaciones y simulaciones, tanto del pasado como

del futuro), actualización (revisión permanente, en función de los resultados obtenidos y de las últimas proyecciones climáticas) y consenso (implicación de todos los actores portuarios).

La implementación del Observatorio, apoyado en una herramienta informática de cálculo e interacción con los usuarios, contribuirá a mejorar la preparación del entorno portuario español frente a la amenaza climática, clasificando el riesgo de sus activos vulnerables y/o criticos en función de: a) variables clave derivadas del análisis de registros históricos (nivel del mar, oleaje, viento, temperatura del aire, etc.); b) espacios de operación segura (Safe Operating Spaces; Markolf, 2022) presentes y futuros; c) delineando rutas de adaptación adecuadas para las diferentes proyecciones climáticas, con sus correspondientes estaciones de cambio y puntos de no retorno (Figura 1).



Fig. 1. Proceso de adaptación al cambio climático propuesto para el Observatorio de Cambio Climático

2. Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del convenio CLIMAPORT, financiado por Puertos del Estado.

Referencias

CE (2009). Adapting to climate change: towards a European framework for action, EC paper, 16 pp.

GOMEZ, R., MOLINA, R., CASTILLO, C., RODRIGUEZ, I. y LOPEZ, J.D. (2018). Conceptos y Herramientas Probabilísticas Para El Cálculo Del Riesgo En El Ámbito Portuario, OPPE, Madrid.

MARKOLF, S., HELMRICH, A., KIM, Y., HOFF, R. y CHESTER, M. (2022). «Balancing, efficiency and resilience objectives in pursuit of sustainable infrastructure transformations» en Current Opinion in Environmental Sustainability, 56, 101181.

UNCTAD (2018). Informe sobre el comercio y el desarrollo 2018. El poder, las plataformas y la quimera del libre comercio, Informe de la secretaría de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, ONU, Nueva York y Ginebra, 185 pp.





Refuerzo de los diques de abrigo de la CAPV con criterios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático

Saioa Rezabal Arocena^a, Néstor Urrutxua Miguel^b, Alberto Garcia Morales^b, Nerea Ramos Gómez^b

^a Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos del Gobierno Vasco, s-rezabal@euskadi.eus

1. Antecedentes

En los últimos años, la necesidad de proteger el medioambiente ha pasado a ser una de las prioridades de la sociedad y por tanto, de las administraciones públicas, empresas de construcción y suministradores. El empleo de áridos siderúrgicos para la obtención de Bloques de Hormigón de Alta Densidad contribuye a diversos objetivos sostenibles, al utilizar un subproducto industrial como materiales componentes del hormigón.

En la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) existen catorce Acerías de Horno de Arco Eléctrico (HAE) que generan aproximadamente el 50% de la escoria negra producida en España, del orden de 800.000 t/año. Esta escoria, tras someterse a un proceso de valorización, se transforma en árido siderúrgico. En los últimos veinte años, se han implantado diversas plantas de producción de árido siderúrgico y, además, se han establecido decretos para regularizar la valoración y posterior utilización de las escorias procedentes de acero en HAE y su posterior utilización como árido siderúrgico para el ámbito de la CAPV.

2. Proceso de valorización

La escoria negra, obtenida de las acerías de Horno de Arco Eléctrico, es almacenada para su posterior proceso de valorización. Uno de los principales objetivos de este proceso se basa en la estabilización de los compuestos expansivos contenidos en la escoria negra, para ello, se somete a procesos de maduración y envejecimiento que pueden consistir en el regado con agua, volteo del material acopiado, acopio en presencia de CO₂ atmosférico u otros procesos de carbonatación acelerada dirigidos a transformar los compuestos expansivos en carbonatos.





Fig. 1. Proceso de valorización de las escorias negras. Fuente: HORMOR

Los procesos de maduración y envejecimiento podrán oscilar entre dos y cuatro meses, en función del tipo de escoria, el proceso de enfriamiento, el objetivo de expansión deseable para una determinada aplicación y el procedimiento de envejecimiento adoptado.

^b TYPSA, División Puertos y Costas, nurrutxua@typsa.es, agarcia@typsa.es, nramos@typsa.es

3. Bloques de Hormigón de Alta Densidad (BHAD)

La utilización de árido siderúrgico en la fabricación del hormigón, permite aumentar la densidad en hasta en un 25%, llegando a alcanzar densidades de 2,90 t/m³.

El Hormigón de Alta Densidad en la fabricación de bloques para la protección de diques ofrece múltiples beneficios, además de ser un recurso que con beneficios medioambientales y sostenibles, el aumento de la densidad en el hormigón permite reducir el tamaño y peso de bloque para un mismo índice de avería Nod.

BERMEO: Peso Bioques (t) Hso=10,0 m (Nod=0,20)						
Densidad (t/m3)	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Morro	
2,40	40	56	76	130	160	
2,70	23	32	43	79	107	Reducción del 50%
2,75	20	30	40	73	98	en peso bloques
2,90	-	-	-	60	80	

Fig. 2. Disminución del peso de bloques al emplear hormigón de alta densidad. Provecto de refuerzo del dique de abrigo de Bermeo. Fuente: TYPSA

Asimismo, al reducir el peso de bloque necesario a disponer en el manto del dique, influye en el proceso constructivo, disponiendo de encofrados de menores dimensiones, un transporte de bloques más eficiente y en el proceso de colocación, donde las grúas a utilizar serán de menores dimensiones. Esto último es una gran ventaja en diques de abrigo con escasa anchura para la instalación de las grúas.

Por el contrario, la trabajabilidad de este hormigón requiere de un mayor seguimiento y control. Por un lado, ensayos que permitan garantizar la densidad y resistencia del hormigón y que garanticen la prácticamente nula expansividad del árido siderúrgico, y por otro lado, de un correcto curado del hormigón, control de la temperatura y de un tiempo de encofrado óptimo.

4. Casos prácticos

En los últimos años, son varios los puertos de la CAPV que han sido reforzados mediante Bloques de Hormigón de Alta Densidad, entre ellos destacar las obras de refuerzo de los diques de abrigo de Hondarribia, Orio, Getaria, Zumaia y Bermeo. Actualmente en ejecución, el refuerzo del dique de abrigo del puerto de Ondarroa.



Fig. 3. Refuerzo dique Bermeo (izda.) - Refuerzo dique Hondarribia (dcha.). Fuente: TYPSA

En total, en el desarrollo de estas obras, se ha puesto en valor 132.200 t de árido siderúrgico. Una apuesta clara del Gobierno Vasco que contribuye a la sostenibilidad y beneficio medioambiental, así como a la adaptación de las infraestructuras portuarias al cambio climático





Riesgos y oportunidades de origen climático en el sistema portuario

Iñigo J. Losada, Javier L. Lara

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain 0000-0002-9651-9709 losadai@unican.es; lopezjav@unican.es

1. Introducción

El sector portuario ha venido conviviendo con el clima a lo largo de su historia. Sin embargo, el cambio climático está dando lugar a cambios agudos y crónicos en las condiciones marinas y atmosféricas que están causando daños sobre los activos y operaciones del sector portuario. Esto conlleva la necesidad de abordar el análisis de riesgos y oportunidades de origen climático de manera exhaustiva

A ello hay que añadir que el marco regulatorio y financiero están imponiendo una alta exigencia en la evaluación de riesgos climáticos, tanto para gestores y operadores como para usuarios, dado que los puertos marítimos y fluviales son elementos importantes de la cadena de suministro de muchos sectores económicos.

Aunque una gran parte del esfuerzo del sector se ha centrado en el análisis del riesgo físico directo sobre el puerto, es importante considerar que la presencia de los puertos a lo largo de la costa tiene también una gran incidencia sobre la futura respuesta de la costa adyacente a los cambios inducidos por el aumento del nivel medio del mar, o del régimen de oleaje y corrientes.

Más allá del riesgo físico, el cambio climático es el origen de los riesgos de transición de los puertos que suponen, a su vez, una oportunidad para muchos de ellos.

Por tanto, la evaluación de los riesgos físicos y de transición, ante diferentes escenarios de emisiones y horizontes temporales de planificación, se ha convertido en una parte importante de nuestra disciplina, pues son la base esencial para diseñar, construir y operar puertos resilientes al clima, una condición cada vez más vinculada al acceso a financiación en infraestructuras. Es, por tanto, el paso preliminar para el diseño de planes de transición o adaptación que son las palancas esenciales para hacer frente o aprovechar las oportunidades del cambio climático en el sector portuario.

2. Nuevo retos y oportunidades para la ingeniería portuaria

En la primera parte de la exposición se realizará una revisión general de los nuevos retos y oportunidades que es necesario abordar en el sector portuario en materia de riesgo físico climático. Se hará un repaso general sobre la regulación y sobre las recomendaciones para poder cumplir con la mismas; se analizará las implicaciones en términos de acceso a financiación o seguros y, lo que es más importante, se pondrá una serie de ejemplos de cómo abordar el análisis de riesgo climático con diferentes ejemplos de aplicación y estrategias basadas en la experiencia nacional e internacional y se mostrará, especialmente, dónde se encuentran las mayores fuentes de incertidumbre. Asimismo, se mostrará cómo identificar posibles oportunidades en el sector y las tendencias futuras en esta materia.

3. La experiencia de IHCantabria

Durante las últimas décadas IHCantabria ha venido trabajando en este campo con el fin de apoyar al sector mediante el desarrollo de conocimiento y la generación de metodologías, datos y herramientas para poder abordar los desafíos que supone el cambio climático. Así, por ejemplo, IHCantabria ha desarrollado metodologías para el análisis de riesgo físico multiamenaza en el sector portuario a nivel global (Izaguirre et al. 2020, 2021), participado en la elaboración de guías de referencia (Brooke et al., 2020) o elaborado herramientas específicas para el análisis del riesgo climático sobre inversiones en el sector portuario (Losada I.J et al. 2015).

En la segunda parte de la presentación se hará una revisión general a los diferentes desarrollos realizados por IHCantabria en materia de cambio climático en el sector portuario y del papel que pueden jugar en el camino para abordar los retos y oportunidades anteriormente marcados.

Referencias

- BROOKE, J. et al. (2020). "Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways". The World Association of Waterborne Transport Infrastructure (PIANC). 190 pags. ISBN 978-2-87223-001-3. Brussels.
- IZAGUIRRE, C., LOSADA, I.J., CAMUS, P., VIGH, J., STENEK, V. (2021). "Climate change risk to global port operations". Nature Climate Change 11, 14-20.
- IZAGUIRRE, C., LOSADA, I.J., CAMUS, P., GONZALEZ-LAMUÑO, P., STENEK, V. (2020). Seaport climate change impact using a multi-level methodology. Maritime Policy & Management. https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1725673.
- LOSADA, I.J. et al. (2015). Assessment of climate physical risk on port investments. Tool (v1.0). International Finance Corporation. Wold Bank Group.





Metodologías para la adaptación de infraestructuras costeras y portuarias al cambio climático

A. Fernández-Pérez^a, Javier L. Lara^a, Iñigo J. Losada^a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain © 0000-0001-5830-489X, ferperezav@unican.es

1. Introducción

Según las Naciones Unidas, el transporte costero es especialmente vulnerable a variables meteo-oceánicas que serán especialmente afectadas por el cambio climático (CC) y la subida del nivel del mar (SLR). Esta afección incrementará la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, especialmente los llamados eventos compuestos, causando impactos tanto en las infraestructuras críticas de las zonas costeras como en los servicios que proveen. Bajo estas consideraciones, el Panel Integubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) recomienda a las naciones a integrar los planes de adaptación de dichas infraestructuras en los planes generales de ordenación y los planes directores portuarios, exigido así mismo por el Plan Nacional de Adaptación al CC en España. Por lo tanto, lo que hasta ahora se había considerado como el diseño e implementación de medidas de adaptación puntuales debe ser planteado con una visión integral del proceso de adaptación, teniendo en cuenta las condiciones socio-económicas y ambientales en las que se enmarca, delimitando los requerimientos de dicha adaptación y las barreras que se pueden encontrar.

Por ello, el presente trabajo desarrolla una metodología que permite integrar el marco de adaptación al CC del IPCC (como eje central en la planificación) junto con la metodología de diseño de las Recomendaciones de Obras Marítimas (marco ROM), el cual constituye el marco general de diseño para cualquier infraestructura portuaria y costera de nuestro país. Dicha metodología es ejemplificada en un puerto en la costa norte de España.

2. Metodología

En este trabajo se presenta el marco metodológico para la preparación de planes de adaptación al cambio climático para las infraestructuras portuarias y costeras. La metodología comienza con una caracterización del riesgo climático (cambios en la frecuencia e intensidad de los impactos derivados de los drivers climáticos) para a continuación establecer el contexto en el cual se van a evaluar una serie de medidas de adaptación. Se toman conceptos clave del marco de trabajo sobre adaptación al CC del IPCC: las necesidades de adaptación (objetivos de reducción de la frecuencia e intensidad de los impactos gracias a la adaptación); los límites de adaptación (barreras o condicionantes físicos, socio-económicos, medioambientales o administrativos que impiden la consecución de ciertas acciones), que definen el potencial de adaptación (o reducción máxima del riesgo); y el déficit de adaptación (necesidades de adaptación que no pueden ser satisfechas). Las relaciones entre dichos conceptos se muestran en la Figura 1.

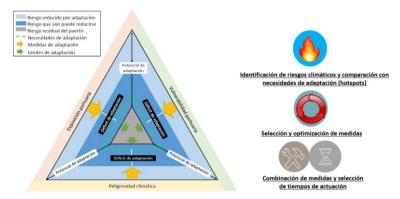


Fig. 1. Marco de trabajo de adaptación del IPCC aplicado a infraestructuras costero-portuarias

En el análisis de infraestructuras costeras y portuarias, las necesidades de adaptación surgen de la comparación de los niveles de riesgo climático con los requerimientos técnicos (marco ROM). Los límites de adaptación surgen de un análisis pormenorizado de las limitaciones constructivas, técnicas y administrativas y un diálogo con las autoridades portuarias, y el déficit de adaptación de las relaciones de las dos anteriores. En un marco de reducción de riesgo climático, dichos conceptos son cuantificados en base a la variación (requerida y posible) de la frecuencia e intensidad de los fallos (en las estructuras y equipamientos) y las paradas operativas de las actividades portuarias. Así, una vez se han detectado los principales impactos a reducir, cada medida de adaptación a plantear es caracterizada de forma integral conociendo su efectividad en la reducción de riesgo al compararla con las necesidades y el potencial de adaptación, permitiendo la optimización y priorización de medidas.

El marco de análisis ha sido aplicado en el puerto de Ribadesella (Figura 2), en el cual, tras identificar los riesgos principales a reducir, se plantean y optimizan una serie de medidas de adaptación para distintos horizontes temporales y escenarios de emisiones. A continuación, se integran dichas medidas en la planificación portuaria, permitiendo a las autoridades portuarias alocatar reservas para integrar dichas medidas en sus planes de adaptación.



Fig. 2. Integración de las medidas en el plan de adaptación de adaptación de Ribadesella





Desarrollo de planes de adaptación para infraestructuras portuarias por efecto del cambio climático: casos de éxito

Javier L. Lara^a, Iñigo J. Losada^a, Saúl Torres^a, María F. Álvarez de Eulate^a, Alberto Fernández a, David Lucio a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain.

© 0000-0003-0968-1909, jav.lopez@unican.es

1. Introducción

La adaptación surge como una necesidad que requiere ajustar un sistema natural o socioeconómico al clima proyectado y sus efectos. El fin último de la adaptación es pues hacer los sistemas más resilientes a la acción del clima o aprovechar las nuevas oportunidades que ofrece. Una mala adaptación puede comportar para los puertos, y particularmente para las autoridades portuarias, importantes riesgos financieros y de mercado.

En esta línea, España ha desarrollado un ambicioso marco normativo compuesto por la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático (CC) de la Costa Española (2017) y el Plan de Adaptación al Cambio Climático (PNACC, 2020) para el periodo 2021-2030, según la cual todos los países deben disponer de un Plan Nacional de Adaptación al CC. Este marco normativo, se complementa con la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, marcando la necesidad de ejecución y actualización periódica de dichos planes de adaptación.

Aunque el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico es el competente en Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) para diseñar, proyectar, financiar e implementar cualquier medida de adaptación en dicho ámbito, los puertos autonómicos están situados en terrenos DPMT adscritos a las Comunidades Autónomas, siendo de éstas la responsabilidad de elaborar sus planes de adaptación y de implementar las medidas concretas de adaptación en sus puertos. Dentro de este marco administrativo, se ha desarrollado un marco metodológico que permite la generación de planes de adaptación para lo puertos, con el objetivo de diseñar e implementar las acciones concretas necesarias para la adaptación de los mismos, para así garantizar la resiliencia climática de sus infraestructuras y sectores clave para la economía y la sociedad alrededor de éstos. Aunque este marco metodológico se ha desarrollado e implementado con éxito para los puertos autonómicos de Galicia, Cantabria, Asturias y Murcia (ejemplos que se mostrarán en la presentación oral), la metodología es de aplicación directa y escalable a cualquier otro puerto, con independencia de su tamaño y actividad.

2. Desarrollo y diseño de los planes los planes de adaptación

Los planes de adpatación desarrollados se han enmarcado en el contexto de las políticas, estrategias y procesos de planificación y toma de decisiones ya existentes, y con aplicación al sistema portuario de los casos analizados, permitiendo una adecuada planificación e implementación de las soluciones.

La planificación de la adaptación se ha hecho partiendo de un riguroso análisis de riesgos derivados de la acción del CC, que permite identificar no solo aquellos activos portuarios u operaciones susceptibles a ser afectados por el clima futuro, sino además identificar el momento óptimo de actuación de cara a la definición de medidas concretas, y gestión de todos los pasos a dar para su final implementación.



Fig. 1. Círculo de la adaptación. Proceso metodológico

El proceso metodológico se ha estructurado en los diez puntos que se indican a continuación (círculo de la adaptación, Figura 1), y que se desarrollarán en la ponencia, mostrando su aplicación en casos concretos de puertos autonómicos de Galicia, Cantabria, Asturias y Murcia:

- 1) Preparación y definición de los objetivos de la adpatación
- 2) Evaluación o actualización del análisis de riesgo
- 3) Selección de estrategias y medidas de adaptación
- 4) Evaluación económica/social/ambiental de las medidas
- 5) Evaluación de la reducción de riesgos y toma de decisiones
- 6) Redacción del plan de adaptación
- 7) Plan de implementación
- 8) Plan de seguimiento
- 9) Re-evaluación del plan de adaptación
- 10) Plan de Comunicación



Solución innovadora para el refuerzo y profundización del muelle de la terminal de contenedores APMT para albergar la 2^a generación de portacontenedores Triple-E

Pablo Sánchez a, Pedro Vila b, Lucas Herrero a, Francesc Candel a, Agnès Vila a y Toni Cerra a

^a Dept. de Puertos, TYLin EU/Latam, pablo.sanchez@tylin.com; ^b APM Terminals Spain Gateways, pedro.vila@apmterminals.com.

1. Introducción y objetivos

Las actuales terminales de contenedores se enfrentan a importantes desafíos ante la necesidad de adaptarse al crecimiento de las dimensiones de los buques portacontenedores. Hasta ahora, dicho crecimiento se traducía en un aumento de calado, lo cual ya es una limitación importante por sí misma. Sin embargo, recientemente, algunos de los mayores portacontenedores también están creciendo ostensiblemente en manga permitiendo así almacenar una fila adicional de contenedores en la cubierta, lo que implica la necesidad de un mayor alcance de las grúas STS que los operan. Ambos requisitos confluyen en el proyecto de actualización de la terminal de APMT en el Puerto de Barcelona.

El proyecto tiene como objetivo reforzar y profundizar 1.000 metros del muelle existente en la terminal de contenedores de APMT en el Puerto de Barcelona, permitiendo así la operación de unos de los portacontenedores más grandes del mundo, con una capacidad de 20,568 TEU. La solución innovadora diseñada propone la ejecución de pilotes a través de las celdas de los cajones del muelle y su conexión en cabeza mediante una nueva viga cantil configurando una estructura en forma de pórtico. Estos pilotes tienen como objetivo principal interceptar las superficies de rotura geotécnica debajo de los cajones confiriendo la necesaria seguridad geotécnica frente a las nuevas cargas. Además, estos pilotes, a diferencia de la práctica común, no solo están sometidos a cargas verticales, sino también a fuerzas horizontales significativas debidas a los elevados tiros de bolardo derivados del amarre de buques. Por último, deben cumplir un propósito secundario, más convencional: transferir una parte de las cargas verticales hacia las arenas densas más profundas, descargando así los cajones existentes, que en su estado actual no cumplen con los factores de seguridad mínimos de la normativa vigente. En consecuencia, la solución diseñada no sólo debe adaptarse a las cargas adicionales impuestas por el sobredragado, las nuevas grúas y las mayores embarcaciones, sino también debe servir para reforzar el muelle existente. Se trata por tanto de un proyecto profundización y refuerzo.

2. Método

El cálculo y diseño se llevó a cabo utilizando un modelo tridimensional geotécnicoestructural de elementos finitos (PLAXIS 3D). El modelo representa la interacción entre el cajón, los pilotes, la viga cantil y el material del trasdós y del terreno de cimentación cuando se los somete a las cargas derivadas de las nuevas grúas STS, los buques, etc. Mediante este modelo se analizaron los estados límite geotécnicos y estructurales para garantizar un diseño adecuado de los pilotes y el cumplimiento de la requerida seguridad geotécnica. Como criterio de diseño, se consideró que los pilotes deberían calcularse para soportar los esfuerzos recibidos en el momento de plastificación de los pilotes lado mar. En este mismo momento, el FS debería, además, ser superior a 1,25 para cumplir con los estándares de estabilidad geotécnica mediante modelado de elementos finitos. Cabe destacar que el proceso descrito es iterativo, de manera que el número, geometría, longitud, sección y refuerzo de los pilotes han sido sucesivamente redefinidos y modelados para asegurar el cumplimiento del FS geotécnico mencionado anteriormente. Además, durante la fase de diseño se llevaron a cabo extensos análisis de sensibilidad y pruebas de campo para mejorar la comprensión del comportamiento e identificar posibles limitaciones de la solución en diversos escenarios. Concretamente se llevaron a cabo pilotes de prueba que permitieron aseverar la viabilidad de perforación de la solera y de la banqueta con medios y rendimientos adecuados.

3. Resultados y conclusiones

La solución finalmente propuesta consiste en la ejecución de pilotes de 1,20 y 1,50 m de diámetro a través de las celdas de los cajones atravesando la solera y banqueta de cimentación. Los pilotes cimientan a la cota -27,5 m CP y están unidos en cabeza mediante una nueva viga cantil. Esta solución innovadora logra una transmisión efectiva de las nuevas sobrecargas a las arenas densas. Los pilotes, además, son capaces de soportar las elevadas cargas horizontales a las que se somete el muelle, a la vez que mejoran la estabilidad geotécnica global al desplazar las posibles superficies de rotura a mayores profundidades. Esta solución integra en una misma estructura dos tipos de muelles: muelles de gravedad y muelles pilotados, acoplando su funcionamiento. Todo esto a la vez que se mantiene la alineación del muelle existente, maximizando así el alcance de las grúas sin tener que reconstruir el apoyo trasero para éstas (viga carrilera trasera y los pilotes que la sustentan), lo que resulta en un considerable ahorro en maquinaria e inversión de obra civil. Adicionalmente, la demolición y reconstrucción de una nueva viga cantil como la propuesta permite la electrificación del muelle mediante OPS (Onshore Power Supply).





Rehabilitación y acondicionamiento de muelles

Ángel Rozas Gómeza, Pablo Vilchez Motinoby José Pablo Roviralta Martínc

Freyssinet Industrial. S.A. Ingeniero Proyectista Departamento Técnico. Freyssinet angel r@freyssinet-es.com; ^bIngeniero Industrial. S.A. Director Técnico. pablo v@freyssinet-es.com; cICCP. Freyssinet S.A. Delegado de Zona, jproviralta@freyssinet-es.com.

1. Introducción

Se presentan diversas obras portuarias en muelles y pantalanes en las que se llevaron a cabo rehabilitaciones o acondicionamientos variados debido a daños estructurales derivados, fundamentalmente, de la exposición a un ambiente agresivo, como es el agua marina, con el fin de restituir tanto la capacidad resistente original como la durabilidad de dichas estructuras.

2. Descripción de las estructuras marítimas y propuestas de rehabilitación

2.1. Rehabilitación del Muelle de Tolú (Departamento Sucre, Colombia)

Dentro de una estrategia de ampliación a medio plazo del muelle, se ejecuta una intervención de reparación y refuerzo en dos fases sucesivas. En la primera se lleva a cabo una reparación de la plataforma y vigas que lo sustentan; en una segunda, se reparan los pilotes. Inspección y ensayos de caracterización de daños. Análisis de patología y proyecto de actuación.

Patología: grietas, erosión, meteorización del hormigón, fisuras, desconches y delaminación, cobertura vegetal, manchas de óxido, armadura corroída (corrosión por picaduras/por carbonatación), sin/con pérdida de sección de armado (flexión/cortante), y hormigón hueco.





Fig. 1. Vista general del muelle. Estado de la estructura antes y después de la rehabilitación. Fuente: elaboración propia

En las zonas menos afectadas, se reparó mediante parcheo parcial del hormigón: picado del hormigón allí donde existiera óxido de armadura, saneado de la misma y reconstitución de la sección original con mortero de reparación en base cemento aplicado manualmente; en las zonas medianamente degradadas, se siguió el mismo procedimiento, pero dado el volumen a

cubrir, se aplicó por proyección. En las zonas más degradadas, se procedió mediante demolición y reconstrucción con vertido de mortero sobre encofrado. Además, se aplicaron inhibidores de corrosión y revestimiento impermeabilizante con capacidad de puenteo. Los pilotes fueron reconectados a la losa mediante barras de alto límite elástico, fueron reparados en cabeza, por encima de carrera de mareas, y se dispusieron ánodos de sacrificio.

2.2. Acondicionamiento de carril grúa en Terminal de Contenedores de Fuerteventura (Muelle Comercial Puerto del Rosario), Fase II

Se realizó la demolición mecánica de firmes asfálticos y de viga de hormigón en masa, la retirada de carril existente, el suministro e instalación de carril A-100, el sellado de aglomerado asfáltico en frío, vertido y extendido de hormigón en masa, ejecución de cuña de borde. Hidrodemolición del paramento vertical y reconstrucción con mortero R4 tixotropico.



Fig. 2. Estado de la estructura antes y después de la rehabilitación. Fuente: elaboración propia

2.3. Rehabilitación del Pantalán "Pont del Petroli", Badalona (Barcelona)

Las actuaciones principales consistieron en el desmontaje de pavimento existente y de barandilla metálica, invección de fisuras con resina epoxi en paramentos de hormigón, recolocación de viga desplazada mediante izado y movimiento del fin de tramo del tablero con 2 gatos hidráulicos, recolocación de viguetas y pavimento de madera, colocación de barandilla inox, reposición de camisa, chorreo con arena, imprimación, enrollado con cinta anticorrosiva y posterior protección con lámina de polietileno sujetada al piloto, reposición de circuito de corriente impresa catódica, reposición de ánodo de sacrificio, reposición de aparato de apoyo con pieza rectangular de neopreno armado, reposición de cartel panorámico, repintado superior de pilotes, limpieza del fondo marino, nuevo alumbrado.





Fig. 3. Estado de la estructura tras la rehabilitación. Fuente: elaboración propia



Muelle de Raos 6. Pantalla de tablestacas en terrenos deformables con escasa capacidad portante

Natividad Sánchez López^a, Santiago Carrillo Alonso^b, Rubén Suárez López^c, Christian Manrique Valdor^d, Daniel Zamora Serrano^e v José Manuel González Herrero^f

Ingeniería (AI), natividad.sanchez.lonez@acciona.com: bAI. santiago.carrillo.alonso@acciona.com; ^cAutoridad Portuaria Santander de (APS), ^dAPS.Christian Manrique@puertosantander.com; rsuarez@puertosantander.com; eAI daniel.zamora.serrano@acciona.com; fAI, jgherrer ext@acciona.com

1. Introducción y objeto de la ponencia

El proyecto desarrollado consiste en la creación de un nuevo muelle en la dársena de Maliaño del puerto de Santander de 325 m de longitud, 10,00 metros de calado y coronado a la +6,50.

Los retos del proyecto se centran en cuatro aspectos:

- Condicionantes de diseño; geotecnia complicada con importantes espesores de fangos de escasa capacidad portante sobre arcillas del Keuper.
- Diseño de pantallas de tablestacas: aplicación de la ROM, modelización con programa Plaxis. Necesidad de consolidación previa a la hinca de las tablestacas.
- Influencia de la tipología de anclaje de la pantalla principal: sustitución de pantalla trasera de tablestacas por encepado micropilotado.
- Desarrollo del proyecto con metodología BIM.

Estudio de alternativas

En primer lugar se procede al planteamiento de las soluciones estructurales típicas (muelle de gravedad, muelle con cimentación profunda, y muelle de tablestacas). Las soluciones de gravedad se descartan pues son inviables debido a la escasa capacidad portante del terreno y a la existencia de instalaciones muy próximas que requieren de importantes estructuras de contención para su protección durante el desarrollo de las obras. Las soluciones pilotadas presentan inestabilidad de los taludes de relleno. La alternativa seleccionada es la solución de pantalla de tablestacas anclada mediante tirantes a pantalla trasera ya que resulta la más económica y viable técnica y constructivamente.

3. Proyecto constructivo

Dado el significativo espesor de suelos blandos con alta deformabilidad, fue inevitable considerar un tratamiento del suelo para evitar asientos residuales excesivos en fase operativa. El tratamiento utilizado fue el uso de una precarga con drenes verticales que acelerasen el proceso de consolidación. Ha sido necesario un proceso constructivo que contemplase la consolidación de los estratos blandos previa a la ejecución de las pantallas, pues los anclajes sufrirían deformaciones inadmisibles.

Durante el desarrollo del proyecto constructivo, se llevó a cabo una campaña geotécnica para la caracterización del terreno, en concreto se hizo hincapié en obtener parámetros de consolidación con los correspondientes ensayos edométricos en la capa de fangos.

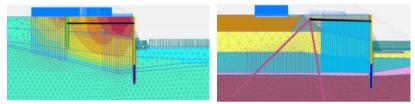


Fig. 1. Salidas Plaxis. Fuente: elaboración propia

Se estudia la sensibilidad de la solución en función de los tiempos de actuación de la precarga. Se constata que las solicitaciones sobre la pantalla se elevan en función de los tiempos de consolidación de manera significativa: alta sensibilidad de la solución a las deformaciones del terreno. La pantalla definida en el estudio de alternativas sólo resulta válida para tiempos de actuación de la precarga superiores a los 6 meses. Reducir el tiempo de actuación de la precarga implicaba tener que construir pantallas principales más robustas con el consiguiente incremento de coste de la solución. Tras un análisis pormenorizado de las deformaciones y modos de fallo de los modelos de Plaxis, se llega a la conclusión de que hay que conseguir minimizar el movimiento del anclaje en su conexión con la pantalla trasera. Para conseguirlo, se sustituye dicha pantalla trasera por un encepado micropilotado, que supone las siguientes ventaias:

- Se reduce el movimiento del punto de anclaje del tirante y de la pantalla delantera
- Se reducen las solicitaciones de la pantalla delantera
- Es posible reducir el perfil compuesto a uno más ligero y con menor módulo resistente (HZ-1180M D-14 / AZ-26 397 kg/m² se sustituye por HZ-1080 M C-24 / $AZ-30 -750 26 306 \text{ kg/m}^2$
- Se elimina la incertidumbre de la viabilidad de la hinca de la pantalla trasera debido a la existencia del antiguo cierre del contorno del espigón norte de Raos

El proyecto se ha desarrollado aplicando la tecnología BIM con modelización de todas las estructuras.





Rehabilitación tramo 1-4 Muelle de Maliaño. Puerto de Santander

Rubén Suárez López^a, Christian Manrique Valdor^b, César Enamorado Martínez^c, Francisco Javier Obregón García^d

^aJefe del Departamento de Infraestructura, Autoridad Portuaria de Santander (APS), <u>rsuarez@puertosantander.com</u>; ^bJefe del Área de Infraestructura y Dominio Público, APS, <u>christian manrique@puertosantander.com</u>; ^cJefe del Área del Agua, Dirección Técnica, Ferrovial Construcción, <u>c.enamorado@ferrovial.com</u>; ^dJefe de Obra Rehabilitación Tramo 1-4 Muelle de Maliaño, Ferrovial Construcción, <u>f.obregon@ferrovial.com</u>

1. Introducción

Esta obra responde a la necesidad de la Autoridad Portuaria de Santander de renovar completamente el muelle de Maliaño en sus tramos 1 a 4, construidos entre 1928 y 1932, debido a que su avanzado grado de deterioro imposibilitaba mantenerlos en servicio.

Se renueva una longitud aproximada de 400 metros, con un nuevo muelle de pilotes compuesto por un tablero de 16,3 metros de anchura y un nuevo tacón ro-ro preparada para albergar dos rampas ro-ro flotantes. Se mantiene el calado actual de 8 metros, ampliable en un futuro a 9,5 metros.

Su destino a corto y medio plazo es el atraque de buques ro-ro cargo y buques ro-pax (ferries de servicios marítimos regulares). Cuenta con una instalación fija de suministro GNL (concesión otorgada a Repsol). El cambio de ubicación del atraque en la terminal de ferries permitirá desarrollar una terminal de cruceros frente a la Estación Marítima en el centro de la ciudad junto al Centro de Arte Botín.

Dispone de financiación de la Unión Europea con fondos Connecting Europe Facility (CEF: mecanismo para conectar Europa) y fondos de la Reserva de Adaptación al Brexit.

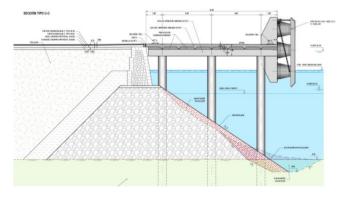


Fig. 1. Sección tipo del muelle de pilotes



2. Desarrollo de los trabajos

Demolición de muelle y tacón existentes: mediante corte con hilo de diamante, se ha dividido el tablero en módulos para facilitar su retirada mediante grúa. Posteriormente se ha demolido mediante cizalla el resto de pilastras, riostras y pilotes. En el caso del antiguo tacón, ejecutado a finales de los años 90, se han conservado 12 pilotes, que han sido incorporados a la nueva estructura del muelle y tacón.

Muelle de pilotes: se han ejecutado 236 pilotes de hormigón armado (longitud media 26 m) mediante medios marítimos, camisa recuperable metálica de 1,20 m de diámetro y camisa perdida de 1,00 m de PRFV. La perforación se ha realizado en dos tipos de terreno: arcillas del Keuper (80 %) y roca ofítica (20 %). Estos 236 pilotes se corresponden con la cimentación de los 79 pórticos que componen el muelle, es decir, 3 pilotes por pórtico.

El tablero se ha materializado mediante 79 vigas, prefabricadas en la propia obra, que, apoyadas en sendos capiteles, constituyen los pórticos de la estructura. Las vigas presentan forma de U con 2,0 m de anchura; 0,8 m de altura y una longitud que oscila entre 15,3 y 15,7 m. Sobre estas vigas, se apoyan las prelosas prefabricadas que permiten completar el ferrallado y hormigonado in situ del tablero, con un canto total de 60 cm.

Tacón ro-ro: el nuevo tacón ha supuesto la ejecución de 21 nuevos pilotes de 34,5 m de longitud media, de iguales características que los del muelle, para disponer sobre estos dos tipos de vigas: prefabricadas en forma de U de 1,4 m de canto y rectangulares in situ en las dos alineaciones este y oeste, para el apoyo de las rampas RO-RO. El tablero del tacón se ejecutó también con prelosas prefabricadas, y un canto total de 60 cm.

El equipamiento marítimo del muelle está compuesto por; 28 bolardos de 150 tn de tiro nominal; 13 defensas con triple cono y 11 escalas.



Fig. 2. Vista aérea de la obra en servicio





Proyecto de ejecución de un nuevo muelle de hidrocarburos en la Ría de Huelva-Muelle Sur (Tartessos)

Ma Piedad Herrera, Rodrigo Ortizb, Natalia Fernandezc, Jesús Cáceresd y Roberto Pillado^e

^aPROES Consultores S.A., mariapiedad.herrera@proes.es; ^bJV TPT, rodrigo.ortiz@exolum.com, ^eJV TPT, natalia.fernandez@exolum.com, ^dJV TPT, jesus.caceres@cepsa.com y ^e PROES Consultores S.A roberto.pillado@proes.es.

1. Introducción y antecedentes

EXOLUM (compañía logística de hidrocarburos CLH S.A), compañía líder en almacenamiento y distribución de hidrocarburos líquidos, y CEPSA, una de las empresas líderes del sector energético en España, desean ampliar la capacidad de sus instalaciones localizadas en Huelva para la realización de operaciones combinadas de carga y/o descarga de hidrocarburos. Para ello, ambas compañías se constituyen en Joint Venture (JV TPT-Terminal Puerto Tartessos) ganando el concurso público de Concesión del Puerto de Huelva para la construcción y operación de un nuevo terminal para graneles energéticos y otros productos; con la principal singularidad de tener que adoptar una tipología de muelle continuo de tablestacas para dar continuidad al Muelle Sur de contenedores construido recientemente.

El nuevo muelle contará con un atraque para hidrocarburos cuya capacidad actual de los buques de diseño oscila entre 5.000 TPM y 110.000 TPM, y un segundo atraque en simultaneidad para buques BIOS/HVO (Proyecto Verde de CEPSA) con tamaños variables desde 5.000 TPM a 50.000 TPM. Para la construcción del mismo, se destinarán aproximadamente unos 50 millones de Euros con una ejecución por fases condicionada a los futuros dragados que se realicen en el canal de navegación de la Ría de Huelva.

Este Proyecto ha tenido en cuenta en su diseño, realizado por PROES Consultores S.A., los principales condicionantes climáticos, condicionantes de operación habitual de la Ría, y condicionates de explotación de la terminal; que han requerido la realización de diversos estudios náuticos, y el desarrollo de una ingeniería básica y de detalle para la solución que se expone en los siguientes apartados.

2. Ubicación de las obras

El nuevo muelle se ubicará en la Ría de Huelva, a aproximadamente a 123 m al sur del Pantalán de DECAL, para permitir una maniobra de atraque y desatraque segura y evitar la afección a este en materia de dragado ya que los pilotes existentes están cimentados a la cota -18 m. Tendrá una longitud de 511 m en continuidad con el nuevo Muelle Sur de contenedores, y dará cabida a brazos e instalaciones asociadas, conectándose mediante multiducto con las instalaciones de EXOLUM y CEPSA en la localidad de Palos de la Frontera, Instalación de Almacenamiento de Huelva y Parque Energético de La Rábida.

La instalación se proyecta bajo el nombre "Proyecto nuevo atraque y líneas de conexión con las instalaciones existentes en EXOLUM y CEPSA", denominado "Provecto Muelle Sur".

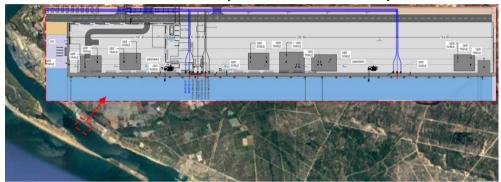


Fig.1. Ubicación y planta de estado futuro propuesta

3. Solución adoptada

A diferencia de la tipolgía estructural habitual empleada en muelles de hidrocarburos, el nuevo muelle, coronado a la cota +6.5 m, se plantea con una sección tipo combi-wall formado por pilotes metálicos HZ de sección 1180 MB 12 S-460AP, conectados lateralmente por tablestacas AZ 28-750 S-270GP. La pantalla frontal está conectada a una pantalla de anclaje (formada por perfiles AZ 28+750 S-430GP Doble) que se encuentra a 37 m de distancia en el trasdós, mediante tirantes metálicos macizos ASDO 500 M 115/90, separados 2.02 m, a la cota +1.0 m. El muelle se diseña para una cota de dragado a la -17 m para albergar buques de hasta 110.000 TPM y 254 m de eslora (la tipología de tablestacas en muelles de gran calado optimiza los volúmenes de dragado y reduce afección ambiental), si bien se realizará un dragado por fases condicionado a los dragados futuros previstos en el canal de navegación de la Ría: (a) Fase 0 para albergar buques de dimensiones actuales en la Ría; (b) Fase 1 para buques de 80.000 TPM, y (c) Fase 2 para buques de hasta 110.000 TPM.

Para el diseño del muelle se han realizado una serie de estudios náuticos, entre los que cabe destacar el estudio de maniobras en tiempo real y los estudios de buque amarrado, condicionados principalmente por cuatros factores críticos: (1) retranqueo de la alineación respecto a DECAL, (2) la amplia carrera de marea existente en el emplazamiento, (3) el amplio rango de buques de diseño y (4) el gran porte de los buques que navegan próximos a las instalaciones para cargar y descargar producto en los muelles ubicados aguas arriba.





Proyecto de adecuación del Muelle de Raíces a nuevos tráficos en el Puerto de Avilés, Fase 1

Marta Contrerasa, Daniel Zamorab, Olga Sánchez Luzónc, Mario González Sedanod

^aACCIONA Ingeniería, marta.contreras.gonzalezrosell@acciona.es; ^b ACCIONA Ingeniería. daniel.zamora.serrano@acciona.com, cAutoridad Portuaria de Avilés, osanchez@puertoaviles.com, ^cAutoridad Portuaria de Avilés, mariogonzalez@puertoaviles.com

1. Introducción

El Muelle de Raíces, ubicado en la margen izquierda de la Ría de Avilés, es uno de los muelles más antiguos del Puerto de Avilés. Cuenta con una longitud total de 821 m, siendo su solución estructural un muelle de bloques cimentado a la cota -8,70 y coronado a la cota +6,30. Adyacente a este muelle, hay una explanda de 300 m de desarrollo, lo que hace a este muelle uno de los más importantantes del puerto. Sin embargo, su calado reducido unido a que los equipos de manipulación de mercancías son cada vez más pesados, hacen que a día de hoy no se le pueda sacar todo el rendimiento deseado a dicho muelle. Teniendo esto en cuenta, la Autoridad Porturaria de Avilés decidió sacar a licitación el proyecto de Adecuación del Muelle de Raíces a Nuevos Traficos.

2. Solución propuesta

La solución propuesta consiste en la adecuación de los primeros 62,30 m del extremo Sur del Muelle de Raíces, quedando esta nueva alineación alineada con el Muelle de Raíces Ampliación, asegurando un calado nominal de 14,00 m, aunque en primera fase el calado nominal será de 12,00 m. La longitud de actuación corresponde a la mínima que permite el atraque de dos bulk carriers con esloras de 200 m.

Con el fin de cumplir con todos los condicionantes del proyecto, que se incluyen en los puntos siguientes, se proyecta un Muelle de Tablestacas. La La tablestaca delantera es un perfil compuesto tipo HZ1080 A M 14 – AZ 26. Ambos perfiles coronan a la +4,60 mientras que la cota de cimentación varía en función del perfil. Los perfiles HZ se han proyectado para que queden empotrados en la capa de argilitas por lo que la cota de cimentación de los mismos es la -24,50. La cota de cimentación de los perfiles AZ es la -20,00. La tablestaca trasera, situada a 37 m de la tablestaca delantera es un perfil AZ 26. Dicho perfil corona a la cota +5,00 y cimienta a la cota -8,00. Ambos perfiles quedan unidos por tirantes tipo ASDO 500 M130/120 o similar cada 1,787 m

3. Condicionantes del proyecto

Los principales condicionantes del proyecto fuero los siguientes:

3.1. Estabilidad de los muelles advacentes

La solución propopuesta debe de incluir todas las medidas necesarias para que el dragado en de primera fase (hasta la cota -12), no descalce el muelle de Raíces existente.

3.2. Muelle en uso

El tramo de muelle afectado por el proyecto se encuentra en operación en la actualidad por Industrias Químicas del Nalón (ION), por lo que se debe de: por un lado asegurar la operación del muelle durante la ejecución de las obras y por otro, integrar una solución dentro de la ampliación que permita su operación a futuro. Para ello, en el proyecto se incluye la ejecución de una galería que conecte con la galería actual de ION y con dimensiones suficientes para alojar a futuro las tuberías de descarga de brea.

3.3. Dragado de material "Categoría C"

El material a dragar se ha categorizado como tipo C según las directrices de Caracterización del Material de Dragado del CEDEX, por lo que tiene que confinarse una vez se haya retirado. Se propone que el material de dragado se ubique en el recinto generado entre las tablestacas y el muelle.

3.4. Características del material de relleno del trasdós

Según lo indicado en el punto anterior, el material de relleno del trasdós de la tablestacas será material procedente de dragado, con un ángulo de rozamiento efectivo de 28°. Para evitar sobreesfuerzos en las tablestacas debidos a las sobrecargas de operación de mercancías se proyecta una losa biapoyada de descarga.

3.5. Estabilidad en el muelle existente ante las SC de uso y explotación

El muelle de Raíces existente no será demolido y formará parte de la solución estructural. Este hecho junto con las elevadas cargas que se colocarán en el trasdós del mismo (10 t/m²) y que el relleno a disponer entre las dos estructuras sea procedente del dragado, y por tanto de escasa capacidad portante, hace que el Muelle de Raíces no sea estable por sí mismo y que el conjunto tablestaca delantera/ muelle de bloques / tablestaca trasera tienda a desplazarse hacia delante. Este hecho ha condicionado la solución de la siguiente manera:

- Ha sido necesario coser el muelle de bloques con micropilotes, para reducir los movimientos.
- Ha sido necesario disponer de un potente muro combinado para reducir las deformaciones en el mismo.





Estudios de paisaje en el ámbito portuario

José María Medina Villaverde^a, José Manuel de la Peña Olivas^b e Itziar Rodríguez^c

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, , jose.m.medina@cedex.es; ^bCentro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, jose.m.pena@cedex.es; °Puertos del Estado, itziar@puertos.es

1. Introducción

Recientemente, en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, se han ejecutado estudios de impacto de obras portuarias en el paisaje advacente. Como consecuencia de los resultados obtenidos, se decidió redactar un documento en el que se indican los procedimientos seguidos para obtener una valoración de las modificaciones producidas en el paisaje. Se pretende obtener una valoración cuantitativa, y no sólo cualitativa, que permita su introducción en modelos de elección de alternativas de actuación, como ELECTRE, o similar.

Los trabajos acometidos hasta la fecha han sido auspiciados por Puertos del Estado.

2. Objetivo

El objetivo que se pretende es, por una parte, documentar una metodología para evaluar el impacto en el paisaje, de forma que sea cuantificable y más sencilla para introducir en la Evaluación de Impacto Ambiental, así como en la valoración de alternativas de actuación.

Estos trabajos son preceptivos para el procedimiento reglado de Evaluación del Impacto Ambiental, lo que aconseja disponer de un procedimiento que facilite su puesta en práctica de una forma relativamente normalizada, o al menos, unas recomendaciones para ejecutarlos, al estilo abierto por Puertos del Estado con el programa R.O.M.

Por otra parte, se trata de suscitar la interacción entre especialistas de las diferentes disciplinas involucradas, con objeto de perfeccionar la metodología de actuación.

3. Aportes

En el estudio (CEDEX, 2021), ejecutado para la Autoridad Portuaria de las Islas Baleares y Puertos del Estado se aportó un coeficiente numérico basado en la superficie visible y su valoración desde el punto de vista de calidad y fragilidad visual. En la Fig. 1 se muestra uno de los resultados gráficos de este estudio.

Posteriormente, en (CEDEX, 2023) se apuntó un comienzo de la posible forma de tratar las zonas cuyas visuales atraviesan dársenas de veleros. Los atraques de cruceros se pueden tratar de la misma forma que los edificios, cuando alguno se encuentra atracado, pero no así los veleros. Este es un tema sujeto a discusión.



Fig. 1. Nivel de impacto visual en la Cuenca visual del Puerto de Palma de Mallorca. Fuente: (CEDEX, 2021)

4. Herramientas

Las herramientas empleadas han sido, básicamente, ARCGIS (ESRI) y códigos propios en MATLAB (MATHWORKS).

5. Trabajos citados

CEDEX. (2021). ESTUDIO DE IMPACTO PAISAJÍSTICO DE LA FUTURA CONFIGURACIÓN Y REORDENACIÓN DEL PUERTO DE PALMA. Madrid: Centro de Estudios de Puertos y Costas. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.

CEDEX. (2023). ESTUDIOS DE IMPACTO PAISAJÍSTICO DE OBRAS PORTUARIAS (I+D). Madrid: Centro de Estudios de Puertos y Costas. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.





Estudios náuticos para la evaluación de la operación de remolque de una megaestructura offshore en el Puerto de Sevilla

Rafael Rosa, Lourdes Pecharrománb y Raúl Redondoc

^aIngeniero de Proyectos, Siport21, rafael.ros@siport21.es; ^bGerente de Proyectos, Siport21, lourdes.pecharroman@siport21.es; 'Director del Área de Maniobra y Estudios Náuticos, Siport21, raul.redondo@siport21.es.

1. Introducción

La energía eólica marina está experimentado un fuerte crecimiento en los últimos años. Para poder explotar al máximo la eólica marina, uno de los grandes desafíos técnicos a los que se enfrenta la industria offshore es la fabricación y transporte de megaestructuras. En este contexto, el lugar de fabricación de estas megaestructuras cobra un papel crucial, surgiendo la imperiosa necesidad de analizar y evaluar el transporte de estas piezas desde el lugar de fabricación hasta su destino final. En este trabajo, Siport21 ha realizado un estudio náutico para evaluar las operaciones de remolque de salida de una barcaza no propulsada con una megaestructura offshore de más de 2.300 toneladas (subestación eléctrica) por la esclusa del Puerto de Sevilla y el Río Guadalquivir. Este trabajo, que aborda la compleja operativa del remolque de esta megaestructura offshore, tuvo en cuenta las diversas complejidades de la operación para su evaluación mediante criterios de seguridad:

- el remolque de una barcaza no propulsada
- la entrada y salida en la esclusa del Puerto de Sevilla
- el remolque por un canal de navegación de 89.7 km de longitud y 60 m de ancho, sometido a marea y variabilidad de corrientes
- análisis de miles de simulaciones y múltiples escenarios con diferentes condiciones climáticas y velocidades de remolque en un tiempo reducido
- análisis de escenarios de emergencia para verificar la eliminación del riesgo o la reducción de las consecuencias en caso de fallo durante la operación

2. Metodología

Para el desarrollo del estudio se utilizó como herramienta de trabajo el Modelo Numérico de Maniobra de Buques con Autopiloto "Fast-Time" (SHIPMA), que reproduce el comportamiento de un buque específico durante la ejecución de las maniobras, sometido a la acción de los agentes ambientales. Esta herramienta permitió analizar múltiples escenarios diferentes en un periodo de tiempo reducido, proporcionando así las primeras estimaciones de los límites operativos e identificando las zonas críticas.

El estudio se llevó a cabo apoyándose en la metodología descrita por PIANC (Asociación Internacional de Navegación) en los informes "Approach Channels. A Guide for Design" (1997-2014), "Harbour Approach Channels Design Guidelines" (2014) y " Capability of ship manoeuvring simulation models for approach channels and fairways in harbours" (1992).

3. Objetivos

Los objetivos analizados y alcanzados en el estudio son:

- Análisis del efecto del viento sobre la barcaza durante el cruce de la esclusa y el tránsito por el río Guadalquivir y la determinación de límites operativos.
- Análisis del efecto de la corriente sobre la barcaza y límites durante el tránsito por el río Guadalquivir.
- Potencia necesaria de los remolcadores para mantener bajo control la barcaza con la superestructura al pasar la esclusa y durante la navegación en el Guadalquivir.
- Análisis de velocidades de remolque, controlabilidad y potencia de remolque necesaria durante el tránsito por el río, en función de las condiciones climáticas.
- Potencia de remolque necesaria del remolcador de popa para detener la pontona en caso de emergencia, considerando diferentes condiciones climáticas.



Fig. 1. Maniobra de entrada de la megaestructura en la esclusa Fuente: Diario de Sevilla (diciembre 2023)



Estudio de viabilidad de las operaciones marítimas asociadas a las solicitudes de concesión para el puerto de Granadilla

Diego Mateosa, Loudes Pecharrománb, Raúl Redondoc y Javier Ignacio Morad

^aIngeniero de Proyectos, Siport21, diego.mateos@siport21.es; ^bGerente de Proyectos, Siport21, lourdes.pecharroman@siport21.es; 'Director del Área de Maniobra y Estudios Náuticos, Siport21, raul.redondo@siport21.es; dDirector de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, jmora@puertosdetenerife.org.

1. Introducción

El constante crecimiento del comercio internacional ha llevado a un aumento en el tamaño de los buques y en la cantidad de carga que pueden transportar. Esto ha generado un desafío para los puertos en términos de capacidad y eficiencia operativa. En este contexto, la optimización de la compatibilidad de los buques máximos en puertos se ha vuelto fundamental para mejorar la productividad y reducir los costes. En este trabajo, realizado en conjunto con la Autoridad Portuaria de Tenerife, se presentan diferentes herramientas de simulación utilizadas para mejorar la compatibilidad de los buques máximos en el Puerto de Granadilla, en Tenerife, con el objetivo de encontrar la mejor estrategia para una operación portuaria más efectiva y eficiente para otorgar los proyectos de concesión.

La definición de buques máximos compatibles, valorando los espacios de maniobra necesarios y asegurando la no interferencia entre las diversas instalaciones, permite conocer la capacidad del puerto de cara al desarrollo de nuevas concesiones y terminales, y facilita la toma de decisiones y la elaboración de procedimientos operativos.

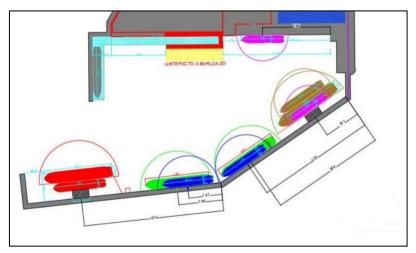


Fig. 1. Planta del puerto de Granadilla. Fuente: Siport21

2. Análisis de los buques atracados

Análisis de buques atracados, a partir de las Recomendaciones de Puertos del Estado, ROM 2.0-11 "Recomendaciones para el Proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre" y del PIANC (Asociación Internacional de Navegación) en su informe nº 116 "Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals". Para determinar las distancias mínimas entre buques y distintas alineaciones para una adecuada gestión del espacio, recomendado modificaciones de posiciones de atraque en su caso.

3. Análisis de maniobras de acceso de buques

Mediante la metodología expuesta en los informes "Harbour Approach Channels Design Guidelines" (Report no. 121, 2014) del PIANC y en la ROM 3.1-99 "Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación", se analiza el espacio de navegación necesario para los buques propuestos y su interferencia con las estructuras portuarias.

Con los resultados obtenidos por la metodología anterior se realiza un análisis de mayor precisión mediante el uso de un modelo de autopiloto "Fast-Time" SHIPMA. Una vez realizadas las maniobras se evalúa los requerimientos de espacio de maniobra para cada una de ellas de acuerdo con la recomendación "ROM 3.1-99". A la envolvente del espacio ocupado por el buque en cada maniobra, resultante del modelo de autopiloto utilizado, se añaden unos sobreanchos no incluidos en el modelo (los debidos a errores de posicionamiento y tiempo de respuesta) y márgenes de seguridad adicionales.

Adicionalmente, se realiza un análisis estadístico mediante la utilización de un Simulador en Tiempo Real, una herramienta de gran precisión que permite ajustar el espacio requerido para el acceso de los buques del estudio asociado a un nivel de riesgo, o probabilidad de excedencia (p), de 10⁻⁴ (0.01%) para obtener las posiciones extremas del buque asociadas a éstas.

4. Compatibilidad

Compatibilidad entre buques en maniobra y buques atracados a partir de los resultados de los análisis previos. Se valora, para cada uno de los buques que maniobran, si los espacios requeridos tienen interferencia con los buques atracados. En el caso de existir interferencias, se proponen soluciones de ocupación compatible o modificación de la posición de manifolds y grúas que permitan una mejora operativa de las instalaciones.



Desarrollo de un módulo de predicción del oleaje para operaciones portuarias sostenibles y captación de energía

Beatriz Rodríguez Fernández^a, Raúl Cascajo Jiménez^b, Gabriel Díaz-Hernández^a, Delia Regueira Muñiza y Alejandro González Vallea

- ^a IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain
- beatriz.rodriguez@unican.es, gabriel.diaz@unican.es, delia.regueira@unican.es,
- aleiandro.gonzalezv@unican.es:

1. Introducción y objetivos

En el ámbito del Proyecto "ECCLIPSE (Evaluación del Cambio Climático en Puertos del Sudoeste de Europa)", financiado por la Unión Europea a través del programa "Interreg Sudoe", EJE 4: Lucha contra el cambio climático, OBJETIVO 5B1: Mejora de la coordinación y eficacia de los instrumentos de prevención, de gestión de catástrofes y de rehabilitación de zonas siniestradas, la Autoridad Portuaria de Valencia (en adelante APV), impulsó la elaboración de un módulo de predicción de la agitación interior de los puertos gestionados por la APV, a través de la licitación titulada "Desarrollo de módulo de predicción de agitación en el interior de los puertos de la Autoridad Portuaria de Valencia", cuyo objetivo era extraer información relevante, para poder prevenir futuras situaciones que puedan producir daños a las infraestructuras de los puertos o que impidan el normal desarrollo de las operaciones que en estos se realizan.

La adjudicación de dicha licitación fue otorgada al Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, en adelante IHCantabria, quien se encargó de desarrollar el módulo de predicción para los puertos de la APV: Valencia, Gandía y Sagunto.

Los objetivos específicos del estudio consistieron en la creación de un sistema operacional: capaz de: 1) predecir las condiciones de agitación desagregadas de forma multidireccional en el interior de los puertos anteriormente mencionados; 2) predecir las variables asociadas a la potencia y energía del oleaje bajo el mismo enfoque multidireccional, separando las componentes incidentes, reflejadas y totales del oleaje, en cualquier localización del dominio portuario (tanto en el interior de las dársenas portuarias, como en el exterior de sus infraestructuras); así como 3) explorar la utilización de los resultados obtenidos para su posible explotación y utilización en el diseño y optimización de sistemas de generación y captación de energía undimotriz, como ayuda al proceso de descarbonización de los puertos.

^bValenciaport, Ecological Transition, preascajo@gmail.com.

2. Metodología y resultados

La metodología global del presente estudio se basa en los desarrollos llevados a cabo recientemente por IHCantabria (proyectos SAMOA, SAFEPORT, PROAS, etc.), a la que se han integrado los últimos avances científico-técnicos desarrollados para la caracterización multidireccional y obtención del espectro completo en zona intra-portuaria o de agitación. Esta novedosa información se ha aprovechado para la obtención del potencial de energía del oleaje multidireccional, tanto en el interior de las instalaciones portuarias, en sus distintas dársenas y muelles, como en el exterior del puerto y en las zonas anexas a las obras de abrigo del mismo (ver Fig.1).

Cabe destacar que este innovador postproceso permite, por primera vez en un entorno portuario real, conocer las direcciones predominantes del oleaje, sus frecuencias y la energía asociada a estas. Así como los efectos de reflexión de aquellas estructuras portuarias que proyectan al oleaje y que generan zonas de especial interés que pueden re-aprovechar esta energía a través de tecnología de captación undimotriz omnidireccional.

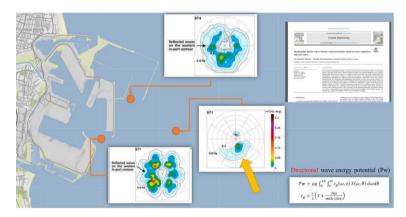


Fig. 1. Evolución de los espectros de oleaje y agitación desde el exterior del puerto hasta su interior

El sistema ha sido integrado en una GUI que permite visualizar y descargar las predicciones horarias de oleaje/agitación y potencial de energía del oleaje con un horizonte de predicción de 3 días. Además, se ha obtenido un reanálisis histórico horario de 30 años en distintos puntos de control, de los espectros de oleaje y del potencial de energía total, incidente y reflejado.

Estos resultados permiten que los puertos comiencen a explotar sus zonas exteriores cercanas y dársenas interiores para: a) gestión de atraques, b) desarrollos de nuevas infraestructuras, c) campos de pruebas experimentales, d) identificación de posibles zonas de uso para el fondeo de prototipos y f) apoyar en su estrategia de descarbonización basada en captación de energía ecológicamente sostenible, con las ventajas de cercanía, conexión y extracción de energía que puede aportar una infraestructura portuaria / industrial.





Sistema de predicción multivariable del riesgo operativo en el atraque

Andrés Figuero^a, Raquel Costas^a, José Sande^a, Humberto Carro^a, Cristina Vila^a, Alberto Alvarellosa, Enrique Peñaa, Andrés Guerrab y Juan Diego Pérezb

^aUniversidade da Coruña, Centro de Innovación Tecnolóxica en Edificación e Enxeñaría Civil (CITEEC), Campus de Elviña, 15071 A Coruña, España, D andres.figuero@udc.es, D D alberto.alvarellos@udc.es D enrique.penag@udc.es. BAutoridad Portuaria de A Coruña, Avda. de la Marina, 15001 A Coruña, España, D aguerra@puertocoruna.com, jdperez@puertocoruna.com.

1. Introducción

Durante las operaciones en puerto, los buques pueden sufrir movimientos excesivos, roturas de amarres o ambas, causadas fundamentalmente por los agentes océano-meteorológicos. Estas situaciones pueden generar paradas operativas o incluso derivar en la salida prematura del buque. Tradicionalmente, la seguridad de un atraque se ha evaluado en términos de umbrales univariables de parámetros climáticos y amplitudes de los movimientos del buque, a pesar de la complejidad del problema. Considerando lo anterior, se presenta una metodología multidimensional aplicada al Puerto Exterior de Punta Langosteira, que combina el desarrollo de una predicción operativa de oleaje infragravitatorio, con la información histórica de datos climáticos e incidencias de buques, en una herramienta de predicción del riesgo operativo mediante la aplicación de técnicas de machine learning.

2. Metodología

Para generar el modelo, se partió del histórico de incidencias detectadas en el puerto entre los años 2017-2022, constituido por 8 paradas operativas y 7 fondeos en dársena (117 estados de mar). Para que la herramienta contemplase como variables de entrada los principales inductores de problemas en los buques amarrados, además de los parámetros del clima marítimo en el exterior del puerto (Hs, Tp y Dir), el nivel del mar y el viento (velocidad Vv y dirección media DirV), se pretendía incorporar información sobre el nivel de agitación (Hs ag) y onda larga en el atraque (Hs OL), abarcando así el espectro completo del oleaje. La mayor parte de esta información se obtuvo de los sistemas de monitorización y previsión del puerto, siendo necesario desarrollar un modelo de predicción de ondas infragravitatoras. Para ello, se realizó una campaña de campo entre diciembre de 2021 y abril de 2022 en la que se instalaron 6 sensores de presión en el interior del puerto (Fig. 1). Los registros obtenidos fueron procesados para estimar las alturas de ola significante en cada estado de

mar asociada a los siguientes rangos de periodos: 30-70s, 70-150s y 150-300s. Se disponía así de una base de datos con valores concomitantes de Hs y Tp en el exterior del puerto y valores de altura de ola de onda larga, a partir de la cual se construiría el modelo de predicción mediante la aplicación de técnicas de machine learning, como el Gradient Boosting Machine (GBM). Una vez validado, se realizó un hindcast para completar la información de forzadores climáticos necesaria para desarrollar la herramienta final. El modelo predictivo de riesgo operativo se generó utilizando la técnica GBM, aplicada en este caso a un problema de clasificación, a partir de una base de datos con información de 11.345 estados de mar de 1h (Hs, Tp, Dir, Marea, Vv, DirV, Hs ag v Hs OL) v la existencia o no de problemas en el mismo. La salida final del modelo es un valor numérico entre 0 y 1, a partir del cual, mediante la definición de un umbral, se podría identificar el riesgo operativo.



Fig. 1. Puerto Exterior de Punta Langosteira. Localización de los sensores de presión (S1-S6)

3. Resultados

La combinación de medidas in-situ obtenidas por los diferentes sensores de presión instalados del puerto junto con la aplicación de técnicas de machine learning, permitió generar una predicción de ondas infragravitatorias en distintas localizaciones de atraque, mostrando un comportamiento prometedor en términos de error y ajuste (RMSE < 0.012m, $R^2 > 0.9$). En lo que respecta a la herramienta de predicción del riesgo operativo, los resultados fueron muy positivos, siendo capaz de identificar 93% de los estados de mar con incidencias. La herramienta desarrollada ha sido testada durante el invierno de 2023, mostrando un mejor desempeño que el actual criterio de permanencia en el atraque, al ser capaz de identificar la única situación de interrupción de la operación.

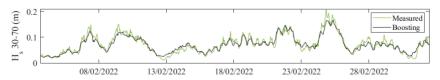


Fig. 2. Valores registrados y predichos con el modelo de OL en la posición del sensor S3





Daño por fatiga en las conexiones de diques flotantes modulares

Mario López-Gallego^a, Alejandro Cebada-Relea^b y Manuel Aenlle-López^c

^aGrupo de Investigación DyMaSt y Centro Universitario de Investigación y Desarrollo del Agua (CUIDA), Universidad de Oviedo p mario.lopez@uniovi.es; bGrupo de Investigación DyMaSt, Universidad de Oviedo (D); y Grupo de Investigación DyMaSt, Universidad de Oviedo (D).

1. Introducción

Los diques flotantes son utilizados desde hace décadas por su economía frente a las soluciones fijas y su menor impacto ambiental (Fig. 1). Su rango de aplicación está restringido a ubicaciones con un clima marítimo suave con alturas de ola de diseño de escasos metros (Hales, 1981). A pesar de sus ventajas, son frecuentes sus fallos estructurales. Estos están generalmente relacionados con su talón de Aquiles: las conexiones entre módulos (Richey, 1982). Varios estudios previos se han centrado en analizar el agotamiento de las conexiones bajo cargas extremas de oleaje (Cebada-Relea et al., 2023; Ferreras et al., 2014). Sin embargo, no se encuentran en la literatura trabajos sobre su comportamiento a fatiga.



Fig. 1. Puerto de Figueras (Castropol, Asturias), en el que se dispone un dique flotante para cerrar la dársena de uso náutico-deportivo y pesquero. Fuente: Principado de Asturias

2. Materiales y métodos

Se consideró un dique flotante de 5 pontones de hormigón fondeados con líneas elásticas y conexiones compuestas por neopreno más cables de acero pretensados. El análisis a fatiga se centró en los cables, caracterizada su resistencia mediante la correspondiente curva S-N (DNV AS, 2021). Inicialmente se realizó la simulación de la interacción oleaje-estructura en

el dominio del tiempo para 27 estados de mar. Cada uno se caracterizó por un oleaje con una dirección de incidencia (θ) y un espectro paramétrico definido por la altura significante (H_s) y el periodo de pico (T_p) . De cada estado se realizaron 20 repeticiones con fases aleatorias. De cada simulación se obtuvieron las series temporales de tensiones (σ) en los cables de cada conexión y se aplicó el algoritmo Rainflow para el conteo de ciclos. Finalmente se determinó el daño acumulado en las conexiones para cada estado de mar.

3. Resultados v conclusiones

La oblicuidad del oleaje es determinante en la vida a fatiga de las conexiones de los diques flotantes modulares. Además, el daño sufrido por las conexiones depende significativamente de su posición. Por otra parte, el tiempo computacional requerido para completar un análisis de fatiga de este tipo de estructuras es prohibitivo. Como resultado de este trabajo se propone una metodología que permite reducir significativamente los tiempos de cálculo y que está basada en la utilización de métodos espectrales para el cálculo de daño a fatiga.

Agradecimientos

A. Cebada-Relea fue beneficiario durante este trabajo de las Ayudas para realización de Tesis Doctorales. Modalidad A: Contratos de Investigación en régimen de concurrencia competitiva, un programa financiado por la Universidad de Oviedo [PAPI-22-PF-9]. Los autores quieren agradecer al Ministerio de Ciencia e Innovación por el apoyo recibido a través del proyecto MCI-20-PID2019-105593GB-00/AEI/10.13039/501100011033, y al Servicio de Puertos e Infraestructuras del Transporte del Principado de Asturias su colaboración.

Referencias

- Cebada-Relea, A. J., López, M., Claus, R., & Aenlle, M. (2023). Short-term analysis of extreme wave-induced forces on the connections of a floating breakwater. Ocean Engineering, 280 (2023): 114579.
- DNV AS. (2021). Position mooring. DNVGL-OS-E301.
- Ferreras, J., Peña, E., López, A., & López, F. (2014). Structural performance of a floating breakwater for different mooring line typologies. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 140(3), 1–11.
- Hales, L. Z. (1981). Floating Breakwaters: State-of-the-Art Literature Review. US Army Coastal Engineering Research Center, Fort Belvior, Virginia.
- Richey, E. P. (1982). Floating Bieakwater Field Experience, West Coast. US Army Corps of Engineers - Coastal Engineering Research Center, Fort Belvior, Virginia.





Diagnóstico preliminar del equilibrio sedimentario en la costa continental europea

Manuel Cobos^a, Andrés Payo^b, Irene Laiz^c, Lara Talavera^d, Elena Tel^e, José A.A. Antolínez^f v Asunción Baquerizo^g

^aInstituto de Investigación del Sistema Tierra de Andalucía, Universidad de Granada, Avda. del Mediterráneo s/n, 18078, Granada 🕒, mcobosb@ugr.es.

1. Introducción

En 2005, el proyecto EUROSION evaluó la cartografía de la superficie de la costa europea expuesta a erosión y determinó que la disminución de los sedimentos costeros y la reducción de espacio de la zona costera activa provoca una situación de estrés en la costa. Introdujo el concepto de celda sedimentaria como: "aquel compartimento de la costa donde tiene lugar el ciclo completo de la sedimentación: desde su punto de origen, el proceso de transporte, hasta su pérdida en profundidad. Los límites de la celda definen la zona geográfica donde puede determinarse el balance sedimentario, dando el encuadre para el análisis". Cada celda sedimentaria debe alcanzar el objetivo de balance sedimentario favorable. Animado por este enfoque se concibió el proyecto Diagnóstico preliminar del equilibrio sedimentario en la costa continental europea (AUDITOR) [CEI-JD-06]. El presente trabajo se enmarca dentro de las actividades del proyecto cuyo objetivo es el de definir los límites de las celdas sedimentarias y valorar la magnitud y dirección más frecuentes del transporte de sedimentos.

2. Materiales y métodos

Se ha recopilado la información disponible sobre:

Batimetría: modelo digital del terreno de GEBCO 2022.

^bBritish Geological Survey, Keyworth, NG12 5GD, UK [©] agarcia@bgs.ac.uk.

Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Instituto Universitario de Investigación Marina (INMAR), Campus de Excelencia Internacional/Global del Mar (CEI·MAR), Universidad de Cádiz, Puerto Real, Cádiz irene.laiz@uca.es.

^dDepartamento de Biología, Geología, Física y Química Inorgánica, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología (ESCET), Universidad Rey Juan Carlos, C/Tulipán s/n, Móstoles, Madrid lara.talavera@uric.es.

eInstituto Español de Oceanografía (IEO – CSIC), Madrid belena.tel@ieo.csic.es.

Department of Hydraulic Engineering, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands pi.a.a.antolinez@tudelft.nl.

gInstituto de Investigación del Sistema Tierra de Andalucía, Universidad de Granada, Avda. del Mediterráneo s/n, 18078, Granada 🕒, abaqueri@ugr.es.

- Agentes climáticos marítimos: series temporales del oleaje (altura de ola significante, dirección media de incidencia y periodo pico) de la capa de reanálisis "Global Ocean Waves Reanalysis WAVERYS" desde la base de datos de Marine Copernicus bordeando el litoral continental europeo para el periodo 01/01/1978 – 31/12/2021, y de nivel por mareas astronómicas (Hart-Davis et al., 2021).
- Agentes del medio: la geología de los fondos marinos (propiedades del sedimento) de forma cualitativa y cuantitativa.

La metodología utilizada consta de las siguientes tareas: (1) segmentación de la línea de costa europea en secciones transversales; (2) delimitación de los accidentes naturales y humanos en la costa e identificación de las fuentes de sedimentos potenciales; (3) análisis del régimen medio y selección de estados representativos de energía del clima marítimo para los puntos del litoral; y (4) propagación de los estados de mar por perfiles y estimación de las corrientes y transportes longitudinales y transversales a la costa (Kobayashi et al., 2016).

3. Resultados

El análisis de las corrientes y transportes bidimensionales y los accidentes geomorfológicos y antropogénicos del litoral resultará en la definición temporal de los límites espaciales de las celdas sedimentarias así como de la orientación media de la costa. Se identificarán las celdas que por la magnitud de su gradiente longitudinal de sedimentos, cambio de dirección o disponibilidad de sedimentos tengan balances negativos o positivos significativos. El conocimiento del balance permitirá definir una serie de soluciones de mitigación y/o adaptación que restablezcan el equilibrio sedimentario y mantenga la capacidad de resiliencia de la costa en aquellos lugares con elevado estrés antropogénico.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto Diagnóstico preliminar del equilibrio sedimentario en la costa continental europea (AUDITOR) [CEI-JD-06/2023].

Referencias

EUROSION PROJECT. (2005). A European initiative for sustainable coastal erosion management. Final report. http://www.eurosion.org/index.html

HART-DAVIS, M. G., PICCIONI, G., DETTMERING, D., SCHWATKE, C., PASSARO, M., & SEITZ, F. (2021). EOT20: A global ocean tide model from multi-mission satellite altimetry. Earth System Science Data, 13(8), 3869-3884.

KOBAYASHI, N. (2016). "Coastal sediment transport modeling for engineering applications" in Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering 142(6): 03116001.





Estudio de situación en regresión grave del tramo de DPMT de la desembocadura del río Vélez, T.M. Vélez-Málaga (Málaga)

Juan José Valero Guerra y Cristina Miriam Haenelt Delgado

^aDemarcación de Costas de Andalucía-Mediterráneo en Málaga", jivalero@miteco.es y cmhaenelt@miteco.es. Ingenieros de Caminos Canales y Puertos y funcionarios de la Escala de Técnicos Facultativos Superiores de OO.AA. del Ministerio de Medio Ambiente desde 2017 y 2019 respectivamente.

1. Introducción

El objeto del proyecto ha sido analizar la evolución de la línea de costa en la desembocadura del río Vélez, en el término municipal de Vélez-Málaga (Málaga), desde el año 1957 hasta el año 2022, prestando mayor atención al periodo entre 2016 y 2022, para poder determinar los tramos de costa donde se observa un incremento del proceso erosivo que ha llevado a la costa hacia una regresión grave según lo establecido en la Ley 22/88, de Costas, vigente.

2. Situación geográfica

Las playas en el entorno de la desembocadura del río Vélez han ido reduciendo su anchura en las últimas décadas, lo que ha producido una intensa regresión del delta, así como una propagación de dicho fenómeno a ambos lados del mismo.



Fig. 1. Deslinde DPMT aprobado en 2005 sobre ortofoto de 2023. Fuente: Visor MITERD (2023) Fig. 2. Resultado del estudio de regresión por transectos en el periodo (2016-2022)

3. Estudio de la regresión

Se ha procedido al trazado de 16 transectos perpendiculares a la costa según la ortofoto de referencia de 2022, separados 100 m, en los que se ha estudiado la evolución de la anchura de playa, para estudiar en cuáles de ellos se cumpliría el criterio nosmativo para ser considerado regresión grave, 5 metros cada año en los últimos 5 años.

En los 16 transectos que se han trazado se observa mediante ortofotografías y estudio de evolución de la línea de orilla cómo, entre 1957 y 2022, ha habido un proceso de regresión generalizada, destacando la zona de la desembocadura del río Vélez con un máximo de regresión de unos 280 m. Si nos centramos en los últimos años, entre 2016 y 2022, se observa un proceso de regresión en casi todos los transectos, con los máximos valores de regresión en la propia desembocadura del río Vélez y sus zonas aledañas, incluso hay varias zonas en las que esta reducción es superior a los 10 metros anuales. Situación que no se espera que sea reversible dado que el aporte natural de áridos a la zona se ha visto muy mermado.

4. Conclusión

Se puede afirmar que, en el tramo de dominio público marítimo-terrestre de unos mil (1.000) metros que comprende la zona de la desembocadura del río Vélez, en el término municipal de Vélez-Málaga (Málaga), existe una regresión que se puede considerar "grave" desde el punto de vista de la Ley de Costas (art. 13.ter) y del Reglamento General de Costas (art. 29), ya que la línea de costa se ha visto reducida en más de cinco metros al año durante los últimos cinco años. Es por ello que, con fecha 26 de julio de 2023, la Dirección General de la Costa y el Mar ha autorizado la incoación del primer expediente de declaración de situación en regresión grave, desde 2013 que se incluyó este concepto en la legislación de Costas.

Páginas Web

Instituto Geográfico Nacional (IGN): https://www.ign.es/web/comparador_pnoa/index.html

Diputación provincial de Málaga (IDEMAP): https://idemap.es/

Google Earth: https://www.google.es/intl/es/earth/index.html

Legislación y normas

España. Ley 22/1988 de 28 de julio, de Costas. BOE, 29 de julio de 1988, num.181, p. 23386 a 23401

España. Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. BOE, 30 de mayo de 3013, num. 129, p. 40691 a 40736

España Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre por el que se aprueba el Reglamento General de Costas. BOE, 11 de octubre de 2014, num 247, p. 83098 a 83216

España Real Decreto 668/2022 de 1 de agosto de 2022 por el que se modifica el Reglamento General de Costas. BOE, 2 de agosto de 2022, num. 184, p. 111535 a 111552

Otros

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA PARA INFORME DE REGRESIÓN. Poniente y levante de la desembocadura del río Vélez. Término Municipal de Vélez-Málaga (Málaga). Julio 2023. TRAGSATEC (Dentro de los trabajos del Encargo 29-0408 de la Dirección General de la Costa y el Mar).





Estimación del grado de afección a la dinámica litoral atribuible a las edificaciones en playas: caso de estudio en El Pinet y La Marina

Jara Martínez Sánchez^a, Raúl Medina^a, Juan Jesús Viadero Andrés^a, Albert Gallego Jiméneza, Ángel Muñoz Cubillob, Ana García-Fletcherb

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, jara.martinez@unican.es ORCID 0000-0003-4917-4215, raul.medina@unican.es; ORCID juanjesus.viadero@unican.es 0000-0002-0126-2710. ORCID 0000-0002-0302-4943), albert.gallego@unican.es ORCID 0000-0001-9038-7250. DG de la Costa y el Mar, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, amunoz@miteco.es y agfletcher@miteco.es

1. Introducción

En la presente ponencia, se describe la metodología desarrollada por IHCantabria para determinar el grado de afección a la dinámica marina de edificaciones en las playas y su aplicación al caso de El Pinet y La Marina en los términos municipales de Santa Pola y Elche.



Fig. 1. Zona norte y central en El Pinet (izquierda y zonz sur en La Marina (derecha). Fuente: Google Earth.

2. Datos y métodos

Cualquier construcción situada en la playa o su duna tiene una afección potencial sobre el desarrollo natural de los procesos hidro-morfodinámicos costeros. Sin embargo, el grado de afección depende fundamentalmente de la ubicación de las edificaciones, teniendo impactos mayores a medida que las edificaciones se aproximan a la línea de costa e incluso se adentran en el mar.

Consecuentemente se han establecido 4 grados de afección atribuible a las edificaciones con severidad creciente. Para determinar dicho grado de afección, se analizan los efectos de las edificaciones en términos de la alteración o interrupción al transporte litoral y de la modificación de la hidro-morfodinámica local tanto en la situación actual, como en varios años horizonte futuros considerando diversos escenarios de cambio climático. Para ello, se han considerado las siguientes variables morfodinámicas:

- Alcances del oleaje a las edificaciones.
- Ancho de playa seca, que es la distancia entre las edificaciones y la posición de la línea de costa.
- Ancho del perfil de playa activo sumergido, que es la distancia entre la línea de costa y la posición de la profundidad de cierre.

Para caracterizar dichas variables y su evolución en los escenarios futuros considerados, se han utilizado las bases de datos de clima marítimo IHData, la batimetría de la Ecocartografía de Alicante, el modelo digital del terreno (MDT) del PNOA y ortofotos de la fototeca del Institut Cartogràfic Valencià, así como los métodos numéricos más robustos y las formulaciones empíricas más actuales del estado del arte.

3. Resultados

En resumen, ya en la situación actual, todas las edificaciones de las playas de El Pinet y La Marina tienen alguna afección al menos a las dinámicas sedimentarias que tienen lugar en la parte alta del perfil de playa activo emergido (grado 1). También en la situación actual, todas las edificaciones de la playa de El Pinet producen al menos alteraciones de los procesos de intercambio de sedimentos entre el perfil activo emergido y sumergido de la playa (grado 2) y algunas de las edificaciones en la zona norte de la playa de El Pinet tienen afección sobre el transporte litoral de sedimentos, modificando el perfil activo sumergido (grado 3). En el futuro está situación se verá agravada en general, si bien en ninguno de los años horizontes considerados y bajo los escenarios de cambio climático seleccionados, se prevé que las edificaciones supongan una interrupción total del transporte litoral de sedimentos (grado 4).





Modelado de la evolución del frente costero en costas complejas mediante IH-LANSloc

Moisés Álvarez-Cuesta^a, Alexandra Toimil^a e Iñigo J. Losada^a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, [®] 0000-0002-1180-0746, alvcuestam@unican.es ; [®] 0000-0002-2067-872X, toimila@unican.es ; у D 0000-0002-9651-9709, losadai@unican.es

Las zonas costeras son entornos muy valiosos al estar densamente pobladas, albergar infraestructuras críticas y acoger intercambios económicos esenciales. Conocer cómo evolucionan en el largo plazo es esencial para gestionar la costa en un contexto de calentamiento global. Para modelar la evolución de la costa, existen modelos de procesos y modelos basados en la física (también llamados de complejidad reducida). Los modelos de procesos son capaces de reproducir la interacción entre la transformación del oleaje y la evolución topobatimétrica resolviendo las ecuaciones de conservación de masa y de momento. Estos modelos son aplicables, principalmente, a escalas termporales del orden de horas y espaciales de pocos kilómetros. Con el fin de limitar el coste de cómputo y aumentar sus escalas de aplicación, los modelos basados en la física simplifican el problema hidromorfodinámico agregando procesos de pequeña escala, usualmente a partir de modelos empíricos o de complejidad reducida. En la actualidad, los modelos basados en la física, y al contrario que los modelos de procesos, tienen ciertas limitaciones pese a su mayor escala de aplicación, pues desacoplan los procesos de ruptura del oleaje del trasporte de sedimentos asociado o usan métodos simples de propagación. Asimismo, los cambios en la línea de costa no se transcriben al frente costero y los resultados de los modelos no pueden aplicarse en estudios de inundación. Por otro lado, la respuesta de la costa en el largo plazo considerando entornos complejos con estructuras antrópicas, ecosistemas naturales o lajas rocosas están fuera del alcance de modelado de los actuales modelos basados en la física. Para resolver estas carencias se ha desarrollado un nuevo modelo llamado IH-LANSloc (Álvarez-Cuesta et al., 2023) que acopla de forma bidireccional un modelo de evolución de la línea de costa de complejidad reducida que asimila observaciones (IH-LANS, Álvarez-Cuesta et al., 2021), un modelo de traslación de perfiles que actualiza el frente costero (ShoreTrans, McCarrol et al., 2022) y un modelo espectral de propagación del oleaje (SWAN).

IH.LANSloc es un modelo híbrido concebido como la versión de detalle del modelo IH-LANS, anidado de forma bidireccional con el modelo de propagación SWAN y la herramienta de traslación de perfiles ShoreTrans. El bucle de cálculo comienza mediante la propagación del oleaje a rotura empleando SWAN sobre una topobatimetría inicial. A continuación, las propiedades del oleaje en rotura alimentan la ecuación de evolución de IH-LANS que considera el transporte longitudinal, el transporte transversal y asimila observaciones. A continuación, los cambios en la línea de costa se transfieren a la topobatimetría del frente costero empleando ShoreTrans y se actualiza como condición de contorno en la siguiente iteración del modelo.

El modelo se ha validado en casos teóricos y se ha evaluado su capacidad de reproducir la respuesta morfodinámica durante más de 30 años en costas con estructuras antrópicas como diques rompeolas, escolleras o espigones y también con ecosistemas naturales como praderas de vegetación o arrecifes de coral. En estos ejemplos se ha demostrado también la capacidad del modelo de reproducir escenarios de degradación de ecosistemas mediante la modelización del blanqueamiento de coral o la mortalidad de la vegetación.

El modelo IH-LANSloc se ha aplicado en casos reales a múltiples escalas. Por un lado, se ha desarrollado un reanálisis topobatimétrico diario de 20 años de duración en la playa del Sardinero, Cantabria. Los resultados permiten realizar estudios forenses de inundación de detalle y evaluar los ciclos de recuperación de la plava en el periodo estival. Asimismo, se ha llevado a cabo un estudio regional en el tramo costero entre Castellón y Sagunto y los resultados se han empleado para analizar el efecto de la erosión de la costa en las proyecciones de inundación en 2050 y en 2100 (Toimil et al., 2023). Finalmente, se ha empleado para evaluar la influencia de las sucesivas ampliaciones de un puerto costero en la evolución topobatimétrica del tramo costero adyacente así como de su riesgo de inundación.

Referencias

- ALVAREZ-CUESTA M, TOIMIL A, LOSADA IJ (2021) "Modelling long-term shoreline evolution in highly anthropized coastal areas. Part 1: Model description and validation". Coastal Engineering 169, 103960.
- ALVAREZ-CUESTA M, LOSADA IJ, TOIMIL A (2023) "A nearshore evolution model for sandy coasts: IH-LANSloc". Environmental Modelling & Software, 169, 105827.
- MCCARROL, 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.
- TOIMIL A, ALVAREZ-CUESTA M, LOSADA IJ (2023) "Neglecting the effect of longand short-term erosion can lead to spurious coastal flood risk projections and maladaptation". Coastal Engineering, 179, 104248.





Proyecciones de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía para el s. XXI: un enfoque probabilista

Pedro Otiñara, Marcus Silva-Santanaa, Manuel Cobosa, Pedro Magañaa, Agustín Millares^a, David Gutiérrez^b, Jorge Martín^c, Andrea Lira-Loarca^d, Asunción Baquerizo^a

^aInstituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Avda. del Mediterráneo s/n, 18078, Granada; bSandS, Bajada San Juan, 73B, 39012, Santander; ^cEstudio 7 Soluciones Integrales, Calle Cuarteles, 27, 2^aPlanta, 29002, Málaga; ^dUniversidad de Génova; 60000-0002-0223-2425, potinar@ugr.es; 60000-0002-2149-5642, marcusanta@ugr.es; 60 0000-0002-5896-3630, mcobosb@ugr.es 00000-0002-1575-5145, pmagana@ugr.es; 00000-0001mivalag@ugr.es; ©0000-0002-7120-7493, david.gutierrez@sands.es, 7588-6449, jorgemv@estudio7soluciones.es, andrea.lira.loarca@unige.it. ©0000-0002-3339-0653, abaqueri@ugr.es.

1. Introducción

Las zonas costeras poseen un alto valor ambiental y económico. Su importancia reside, además, en su capacidad de mitigar las consecuencias de eventos extremos. A pesar de su relevancia, su ocupación y uso no favorece el cumplimiento de las Directivas europeas. Por otra parte, la Ley de Costas y su Reglamento establecen los criterios técnicos dados para la determinación de la zona de dominio público marítimo terrestre y de la línea de orilla. Dichos criterios, a pesar de estar redactados en términos de probabilidad, dan como resultado, respectivamente, una franja fija del espacio y una línea que puede variar anualmente, sin tener en cuenta (1) el carácter aleatorio del clima y los cambios en la forma de la costa, y (2) la variabilidad climática a largo plazo. En este contexto, la Universidad de Granada (UGR) ha desarrollado una nueva metodología para estudiar la variabilidad espacial y temporal de una zona de costa en un escenario de cambio climático. La metodología se ha implementado en las provincias de Huelva, Cádiz y Málaga por la U.T.E Estudio 7-SandS y en Granada y Almería por la UGR.

2. Metodología

La metodología se basa en el trabajo previo de Payo et al. (2008) y Baquerizo and Losada (2008), parte de una configuración inicial de la costa y de los datos de proyecciones para este siglo y consta de los siguientes pasos:

- Caracterización espacial y temporal de la zona.
- Caracterización multi-modelo de los agentes según Lira-Loarca et al. (2020).
- Simulación de series climáticas utilizando Marine Tools (Cobos et al., 2022).

- Transformación de los agentes en el emplazamiento con técnicas que combinan métodos estadísticos y numéricos.
- · Caracterización estocástica de la línea de orilla y la zona marítimo terrestre en diferentes tiempos horizonte (t_H) correspondientes a los años 2025, 2030, 2035, 2050, 2100.

3. Resultados

A modo de ejemplo, la Fig. 1 muestra el valor medio del límite de la zona hasta donde llegan las olas junto a sus intervalos de confianza, así como los percentiles del 5 % y del 95 % en diferentes tiempos horizonte, para la temporada turística alta.

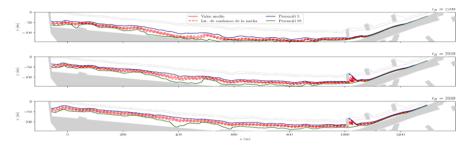


Fig. 1. Caracterización de la línea que alcanzan las olas

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del contrato (Exped. Contr. 2018 66984) licitado licitado en concurrencia competitiva por la Junta de Andalucía (con financiación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional) y obtenido por la UGR y la U.T.E. Estudio 7-SandS.

Referencias

BAQUERIZO, A., & LOSADA, M. (2008). "Human interaction with large scale coastal morphological evolution. An assessment of the uncertainty". Coastal Eng., 55(7-8), 569-580

COBOS, M., OTIÑAR, P., MAGAÑA, P., LIRA-LOARCA, A, & BAQUERIZO, A. (2022). "MarineTools.temporal: A Python package to simulate Earth and environmental time series". Environmental Modelling Software. Volume 150, 2022,105359, https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105359

LIRA-LOARCA, A., COBOS, M., BESIO, G. & BAQUERIZO, A. (2020). "Projected wave climate temporal variability due to climate change" Stoch Environ Res Risk Assess.

PAYO, A., BAQUERIZO, A., & LOSADA, M. (2008). "Uncertainty assessment: application to the shoreline". Journal of hydraulic research, 46, 96-104.





Reconstrucción histórica de niveles de riesgo de inundación y erosión en una playa abierta mediante un modelo de downscaling híbrido en la zona de rompientes

Manuel Zornoza-Aguado^a, Beatriz Pérez-Díaz^a, Laura Cagigal^a, Sonia Castanedo^a, Fernando J. Méndeza

^aGrupo de Ingeniería Geomática y Oceanográfica, Universidad de Cantabria; o zornozam@unican.es: perezdb@unican.es: cagigall@unican.es: castanedos@unican.es: mendezf@unican.es

Los eventos extremos en la costa, cada vez más frecuentes e intensos, afectan a una población en aumento, haciendo de la gestión costera un reto para el futuro. Dada la magnitud de los potenciales impactos sociales, ambientales y económicos, diversas Estrategias de Reducción del Riesgo están siendo desarrolladas como medida de adaptación al clima futuro. Para implementar de manera correcta estas estrategias de gestión de la costa, es fundamental una definición precisa y eficiente de la amenaza costera, así como el análisis de su evolución histórica, para identificar dónde se concentra espacial y temporalmente en mayor magnitud. En este trabajo, se presenta la reconstrucción histórica de los niveles de riesgo por nivel del mar total en la playa de La Salvé, en Laredo (España). Para ello, se ha empleado un metamodelo híbrido, basado en el uso combinado de herramientas estadísticas y el modelo numérico XBeach, que proporciona el setup del oleaje y la componente de nivel de la onda infragravitatoria asociada, permitiendo así la estimación del nivel del mar total considerando las hidrodinámicas costeras implicadas (Zornoza-Aguado et al. (subm.)). El uso de este metamodelo permite obtener las distribuciones espaciales en alta resolución de las variables de interés de una manera eficiente, para los estados de mar horarios de los últimos 45 años.

Los resultados de setup del oleaje y la componente de nivel de la onda infragravitatoria asociada, junto con los otras componentes del nivel del mar (nivel medio del mar local, marea astronómica, marea meteorológica, ascenso del nivel del mar por el cambio climático), permiten calcular el nivel del mar total histórico a lo largo de la costa de la zona de estudio. Tras esto, y empleando una simplificación de la escala vertical de amenaza (Sallenger (2000)), se obtiene la distribución espacial (Fig. 1) y temporal de la amenaza costera a lo largo de los últimos 45 años. Este análisis aporta información muy útil para la concentración de esfuerzos por parte los organismos gestores de la costa, dado que se pueden identificar patrones espacio-temporales que permiten la elaboración de planes de preparación de las comunidades frente a eventos extremos.

Reconstrucción histórica de niveles de riesgo de inundación y erosión en una playa abierta mediante un modelo de downscaling híbrido en la zona de rompientes

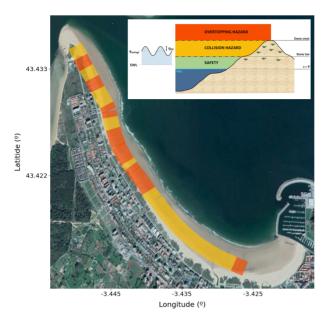


Fig. 1. Impacto del nivel del mar total de una tormenta de marzo de 2014 en la playa de La Salvé, Laredo, estimando la amenaza mediante una simplificación de la escala vertical de peligrosidad descrita en Sallenger (2000), en la parte superior derecha

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con fondos de los proyectos BahiaLab (financiado por la Comunidad Autónoma de Cantabria y por la Unión Europea Next GenerationEU/PRTR); MyFlood (PLEC2022-009362 - MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y Unión Europea Next GenerationEU/PRTR); y HyBay (PID2022-141181OB-I00 – MCIN/ AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, UE).

Referencias

SALLENGER, A.H., Jr. (2000). "Storm Impact Scale for Barrier Islands" en Journal of Coastal Research, 16(3), 890-895.

ZORNOZA-AGUADO, M., PÉREZ-DÍAZ, B., CAGIGAL, L., CASTANEDO, S., MÉNDEZ, F.J. (subm.). "An efficient metamodel to downscale total water level in open beaches" en Estuarine, Coastal and Shelf Science.





Jupyter Notebooks en la nube para la emulación de parámetros meteo-oceánicos en el diseño de plataformas eólicas marinas en un clima cambiante

Valvanuz Fernández Quiruelas^a, Fernando Mendez^a, Laura Cagigal^a, Paula Camus^a, Antonio S. Cofiñoa

^aGrupo de Ingeniería Geomática y Oceanográfica, Universidad de Cantabria; ^(D) fernanqy@unican.es; nendezf@unican.es, cagigall@unican.es; camusp@unican.es; cofinoa@unican.es

El diseño de plataformas eólicas marinas requiere conocimiento detallado sobre el clima meteo-oceánico y su variación en las distintas escalas espaciales y temporales. Generalmente, su obtención se basa en el downscaling dinámico utilizando una serie de modelos numéricos atmosféricos y oceanográficos anidados que requieren muchos recursos computacionales. Para reducir dichos recursos han surgido emuladores climáticos basados en tipos de tiempo. Estos emuladores son modelos estadísticos capaces de emular parámetros meteo-oceánicos identificando su relación con un conjunto de patrones sinópticos que representan la variabilidad de la presión atmosférica. El uso de tipos de tiempo permite analizar la variabilidad climática histórica de la relación entre la atmósfera y las distintas variables que influven en el diseño de las plataformas eólicas (Ej. olas, viento, corrientes) y proporciona información sobre la variabilidad espacial y temporal en la región. Esto permite obtener información sobre los posibles riesgos asociados con eventos climáticos extremos, como tormentas y huracanes, relevantes para el diseño, y que pueden dañar las infraestructuras marinas durante su vida útil.

Con este propósito, TESLA (Anderson et al 2021, Fig 1), el emulador utilizado en este trabajo, permite la generación de conjuntos de proyecciones futuras que capturan el rango de incertidumbre vinculada a las simulaciones de modelos climáticos. Utilizando las salidas de los modelos climáticos bajo diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, TESLA permite la generación de conjuntos de proyecciones futuras y la cuantificación de la incertidumbre asociada. Estas proyecciones brindan información valiosa sobre los posibles riesgos vinculados al cambio climático que afectan la implementación y operación de parques eólicos marinos, siendo crucial para los responsables de políticas y analistas de energía que buscan maximizar el potencial de la energía eólica marina frente al cambio climático en las próximas décadas.

TESLA es un marco de modelado híbrido que fusiona modelos estadísticos y dinámicos y que se ofrece a la comunidad científica a través del repositorio GitLab del grupo GeoOean como un software de código abierto. Desarrollado en Python, ha sido diseñado para ejecutarse en entornos de Jupyter Notebooks. Este entorno no solo asegura la

reproducibilidad de los resultados experimentales, sino que también facilita la colaboración entre investigadores, ya que dichos Notebooks se pueden compartir fácilmente. TESLA optimiza el uso de recursos computacionales en una variedad de infraestructuras, que van desde un PC hasta un clúster de cálculo, incluyendo también infraestructuras en la nube. Su fácil instalación y despliegue en diferentes tipos de infraestructura facilitan la realización de experimentos sin necesidad de disponer de conocimientos avanzados de informática.

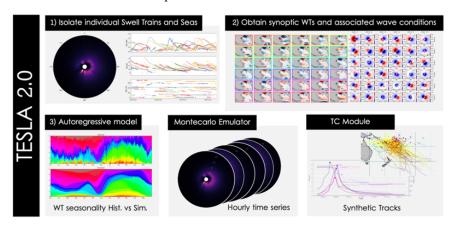


Fig. 1. Principales componentes de TESLA

Presentaremos dos aplicaciones distintas de TESLA: un ejemplo sencillo dirigido a quienes se acercan al framework por primera vez y desean aprender a utilizarlo, y un experimento más complejo centrado en la zona del Mar del Norte. Este experimento se llevará a cabo utilizando el clúster de cálculo del grupo GeoOcean y mostrará cómo TESLA facilita la ejecución transparente de experimentos computacionalmente exigentes, tanto desde la perspectiva del cálculo como del acceso a datos, a través de una interfaz web.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con fondos de los proyectos PerfectStorm (financiado por la Comunidad Autónoma de Cantabria y por la Unión Europea Next GenerationEU/PRTR) y CE4Wind (CPP2022-010118- MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y Unión Europea Next GenerationEU/PRTR).

Referencias

Anderson, D.L., Ruggiero, P., Mendez, F.J., Barnard, P.L., Erikson, E.H., O'Neill, A.C., Merrifield, M., Rueda, A., Cagigal, L., Marra, J. (2021) Projecting Climate Dependent Coastal Flood Risk with a Hybrid Statistical Dynamic Model, Earth's Future, doi: 10.1029/2021EF002285





Impacto de la resolución espacio temporal en la simulación de las storm surges en las costas Europeas

Miguel Agullesa, Marta Marcosa, Angel Amores a, y Tim Toomeya

^aInstituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, UIB-CSIC) , miguel.agulles@uib.es; ^bDepartamento de Física, Universiad de las Islas Baleares

1. Introducción

En este trabajo investigamos los patrones de las storm surges a lo largo de las costas Euorpeas con simulaciones numéricas (ver Fig. 1). Se focaliza en el papel que juega la resolución espacio-temporal del forzamiento atmosférico, y la generación de un nuevo Hindcast en alta resolución de 82 años (1940-2021) en Europa. Para ello, se hace uso del modelo numérico SCHISM (Zhang et al., 2016) y el reanálisis atmosférico ERA5. Los resultados son comparados con 145 mareógrafos escogidos de la base de datos GESLA 3.0 (Haigh et al., 2022). Parámetros como la variabilidad, magnitud y duración de los eventos son evaluados, así como el efecto de la resolución espacio temporal del forzamiento atmosférico (viento, presión atmosférica) en el cálculo de las storm surges.

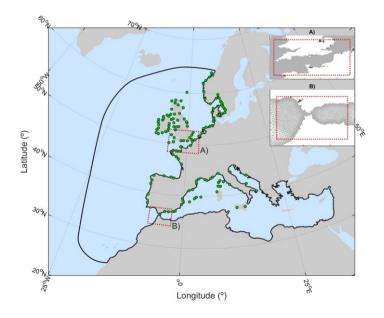


Fig. 1. Zona de estudio. Contorno de la malla del modelo numérico (en negro), localización de los mareógrafos (puntos verdes) y estrechos refinados (cuadros en rojo). para el Canal de la Mancha (A) y el Estrecho de Gibraltar (B)

2. Resultados

Para evaluar la fiabilidad de las simulaciones bajo eventos extremos, entre otras evaluaciones, realizamos una comparativa quantile-quantile con las observaciones en 16 mareógrafos (puntos rojos Fig. 2).

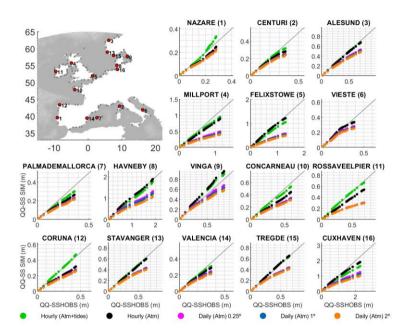


Fig. 2. O-Oplot de storm surges (m) comparando simulaciones (eje Y) y observaciones (eje X). Las simulaciones están representadas con diferentes colores: SIM1 (verde), SIM2 (negro), SIM3 (magenta), SIM4 (azul) y SIM5 (naranja)

Referencias

Haigh, I. D., Marcos, M., Talke, S. A., Woodworth, P. L., Hunter, J. R., Hague, B. S., Arns, A., Bradshaw, E., & Thompson, P. (2022). GESLA Version 3: A major update to the global higher-frequency sea-level dataset. Geoscience Data Journal.

Zhang, Y. J., Ye, F., Stanev, E. V, & Grashorn, S. (2016). Seamless cross-scale modeling with SCHISM. Ocean Modelling, 102, 64–81





TIAMAT: un observatorio marino para el cambio climático en los parques nacionales

Mélanie Juza^a, Gabriel Navarro^b, Isabel Caballero^b, Aina G. Gómez^a, Llúcia Ribot^a, Rosa Rodrígueza v Joaquín Tintoréa,c

^aBalearic Islands Coastal Obsetving and Forecasting System (SOCIB), miuza@socib.es; ^bInstituto de Ciencias Marinas de Andalucía, gabriel.navarro@csic.es; "Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, itintore@socib.es

1. Introducción

El Observatorio TIAMAT facilita el seguimiento continuo del medio marino en la Red de Parques Nacionales con sistemas naturales marinos (Archipiélago de Cabrera - Islas Baleares, Doñana - Andalucía, Islas Atlánticas - Galicia) en un contexto de cambio global. TIAMAT proporciona información continua y actualizada del estado del mar y su variabilidad, a través de la monitorización y visualización automatizadas de variables e indicadores oceánicos, desde la escala diaria a decadal. Esta herramienta amigable se dirige a la comunidad científica, educación, agencias ambientales, gestores públicos y ciudadanía. TIAMAT tiene la vocación de ser una herramienta de gestión y de ayuda en la toma de decisiones para la Red de Parques Nacionales y al resto de áreas marinas protegidas a nivel regional, nacional e internacional. Constituye también un canal de sensibilización y comunicación a la sociedad relacionado con los retos que los Parques han de afrontar para su conservación en el contexto de cambio global. En este trabajo, se presentará el observatorio TIAMAT en el Archipiélago de Cabrera y sus resultados principales.

Datos y metodología

El estado del mar y su variabilidad se estudian a través del seguimiento de Variables Oceánicas Esenciales (temperatura de superficie del mar [SST], salinidad, concentración de clorofila, nivel del mar, corrientes y viento) y de indicadores derivados (olas de calor marinas y calidad del agua costera) (Juza et al., 2021, 2022). En este trabajo, se utilizan datos oceánicos no intrusivos y continuos de satélites, históricos y en tiempo real, distribuidos por el Servicio Marino Copernicus. El observatorio TIAMAT genera mapas y gráficas que se actualizan en tiempo real a varias escalas temporales: (1) diaria permitiendo la detección y predicción de eventos extremos; (2) mensual informando de la variabilidad estacional; y (3) anual facilitando el seguimiento de las variaciones a largo plazo en respuesta al cambio global. Por último, se procesan datos de satélites de Sentinel-2 proporcionando imágenes de muy alta resolución de la calidad del agua costera.

3. Resultados y conclusiones

En los últimos años se han registrado, en Cabrera, récords en las temperaturas oceánicas. Concretamente, el año 2023 ha sido el segundo año con la SST más cálida jamás registrada desde 1982 con un valor anual de 20.70°C. La SST sigue incrementándose con una tendencia de 0.42°C/década para el periodo 1982-2023. Entre las consecuencias, el nivel del mar está aumentando con una tendencia estimada a 2.69 cm/década durante el periodo 1993-2023 y alcanzando su segundo año récord en Cabrera en 2023. Además, esta región ha sufrido una intensificación de olas de calor marinas (Fig.1), tanto en intensidad como en duración y frecuencia. El número de días totales alcanzó 201 días en la región en 2023. El cambio global está afectando fuertemente el océano modificando sus propiedades. El calentamiento y la intensificación de olas de calor marinas alteran los ecosistemas marinos e impactan a los sectores de la economía azul y la salud humana. Compartiendo información relevante para usuarios y sectores claves, alineando la ciencia con la sociedad a través de interacciones con diversos actores del mar, el observatorio TIAMAT transfiere e intercambia el conocimiento científico, apoyando en la implementación de estrategias para mejorar la adaptación y gestión costera en el contexto de cambio global.

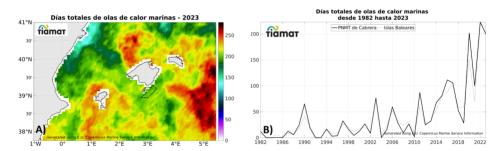


Fig. 1. Número de días de olas de calor marinas en las Islas Baleares en 2023 (A) y su evolución desde 1982 (B)

Agradecimientos

El proyecto 2715/2021 (Observatorio TIAMAT) ha sido financiado por el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Referencias

JUZA, M., y TINTORÉ, J. (2021). Multivariate sub-regional Mediterranean Sea Indicators: from event detection to climate change estimations, Front. Mar. Sci., 8:610589.

JUZA, M., et al (2022). Sub-regional marine heat waves in the Med. Sea from observations: long-term surface changes, sub-surface & coastal responses, Front. Mar. Sci., 9:785771.





Desarrollo de un sistema predictivo de apovo a la toma de decisiones para la planificación naval, operaciones y maniobras de la Armada Española: proyecto SIAAMETOC

Gabriel Díaz-Hernández^a, Alejandro Ortega Felipe^b v Alejandro González Valle^a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, ©gabriel.diaz@unican.es; ©alejandro.gonzalezv@unican.es; bArmada Española – Instituto Hidrográfico de la Marina, aortfel@fn.mde.es.

1. Introducción

Se presenta el proyecto SIAAMETOC (Sistema Integrado Automático de Apoyo Meteorológico-Oceanográfico para Operaciones Marítimas) que es responsable de la identificación, análisis y explotación de datos meteorológicos y oceanográficos disponibles a nivel mundial. Su propósito es adaptar e interpretar automáticamente esta información para apoyar de manera confiable, eficiente y realista las misiones y operaciones marítimas del Ministerio de Defensa de España y más concretamente, de la Armada Española. Se trata de un proyecto de Investigación, Desarrollo e Innovación aplicado al uso militar, que utiliza, modifica y adapta información preexistente para proporcionar un valor añadido práctico para las operaciones marítimas involucradas en el Apoyo a la Evaluación Ambiental Rápida o REA (Rapoid Environmental Assessment). Esto contribuye al proceso de toma de decisiones para los oficiales meteoceanográficos del Instituto Hidrogrñafdico de la Marina (IHM-METOC) y los Grupos Navales de Playa (GNP).

A lo largo del período de 2019 a 2023, el proyecto SIAAMETOC ha sido conceptualizado, diseñado y desarrollado, siendo actualmente una realidad como un sistema maduro (TRL-8 a 9) en el ámbito METOC/REA que proporciona información ambiental ad-hoc a las unidades militares navales durante sus operaciones.

Específicamente, el proyecto introduce cuatro productos innovadores, todos integrados en una única Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), la cual permite su aplicación directa, automatizada y expedita en las misiones y operaciones marítimas involucradas, facilitando los procesos de toma de decisiones. Estos productos incluyen:

Conocimiento histórico del clima marítimo, funcionamiento dinámico de cualquier área marítima/costera de interés.

Desarrollo de un sistema predictivo de apoyo a la toma de decisiones para la planificación naval, operaciones y maniobras de la Armada Española: proyecto SIAAMETOC

- ii. Planificación temprana y segura de maniobras de desembarco anfibio, planificación de búsqueda de minas, apoyo para la gestión de vehículos autónomos en cualquier área oceánica y costera del mundo.
- iii. Planificación predictiva para el varado en playa (desembarco anfibio) y la navegación desde el buque anfibio hasta la zona costera.
- iv. Gestión y apoyo a la decisión para el atraque seguro de unidades de desembarco dentro de buques anfibios.

El sistema ha sido adecuadamente validado con datos instrumentales in situ a través de dos campañas de campo diseñadas a medida para las necesidades del proyecto. Asímismo, se ha empleado exitosamente en entornos relevantes y reales, en 19 maniobras llevadas a cabo por la Armada Española / OTAN desde 2021 a 2023, sirviendo diversos propósitos, tales como:

- Operaciones de Evacuación de No Combatientes (NEO): Extracción de personal civil en áreas de alta incertidumbre con posibilidad de transiciones rápidas de entornos permisivos a hostiles.
- Operaciones de Recopilación de Información, incluyendo inserción y extracción de equipos para fuerzas de guerra naval especiales.
- Operaciones de apoyo para un estado amigo en las primeras etapas de un conflicto.
- Operaciones especiales en el mar o en tierra.
- Operaciones de reconocimiento de búsqueda de minas.
- Disuasión de un agresor mediante el despliegue oportuno y temprano de una fuerza con capacidad de proyección.
- Ataques contra objetivos clave del enemigo, empleando un uso gradual de la fuerza para evitar el uso simultáneo de la fuerza mientras se mantiene el control de la escala del conflicto.
- Apoyo al esfuerzo principal de una operación conjunta mediante ataques de precisión.
- Operaciones de retirada bajo presión de una fuerza desplegada en tierra, con apoyo y protección proporcionados por una Fuerza Naval.
- Entrada inicial o establecimiento de operaciones de fuerza, aprovechando la versatilidad de la Fuerza Naval.

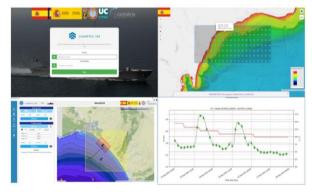


Fig. 1. Ejemplo de las pantallas del sistema SIAMETOC





Modelo de transferencia de viento a escala local: aplicación a la estación de Tarifa y la duna de Valdevagueros

Félix P. Martínez-García^a, Antonio Contreras-de-Villar^b, Juan J. Muñoz-Pérez^a ^aDpto. de Física Aplicada, Universidad de Cádiz, España, https://orcid.org/0000-0001-9436-3045 felix.martinezgarcia@alum.uca.es^bDpto. ingeniería Industrial y Civil, Universidad de Cádiz, España, https://orcid.org/0000-0002-8286-2493,antonio.contreras@uca aDpto. de Física Aplicada, Universidad de Cádiz, España, https://orcid.org/0000-0002-0379-8287juanjose.munoz@uca.es

1. Introducción

En general, los modelos de circulación global (GCM) se han desarrollado significativamente. Proporcionan predicciones meteorológicas a gran escala y aplicando técnicas estadísticas, como la reducción de escala estadística (SD), los GCM se utilizan para predecir el clima a escala local (Martínez-García et al., 2021). Sin embargo, no hay forma de propagar los vientos entre dos lugares cercanos, esto es una transferencia espacial, como por ejemplo la que se usa para la para la propagación del oleaje desde aguas profundas (Martínez-García et al., 2023). Tras estudiar los sistemas dunares costeros afectados por los vientos, se propone una forma de propagación espacial del viento para escalas inferiores a 10 km.

La duna litoral de Valdevaqueros (Cádiz) es un sistema geomorfológico cuyas características granulométricas hacen posible un movimiento continuo, especialmente con viento unidireccional de levante (E). La distancia máxima de avance medida es de aproximadamente 1 m por día con este tipo de viento. Para conocer los parámetros que rigen su comportamiento es necesario conocer el campo de vientos local que incide en ella. Sin embargo las predicciones de GCM+SD a pequeña escala (<10 km) todavía no son precisas y tampoco permiten una transferencia del viento espacial entre puntos situados para conocer sus efectos en sistemas locales.

2. Materiales y métodos

Kirchmeier et al. (2014) indican que no existe un método único para desarrollar una ecuación de predicción a partir de la reducción de escala estadística. Sin embargo, este trabajo consiste en realizar una propagación del viento, esto es, conocer el viento en un punto a partir de los datos en otro cercano (una transferencia espacial). Para ello, una vez ajustados estadísticamente los predictores de la estación meteorológica de Tarifa y los predictandos de campañas realizadas en la duna de Valdevaqueros, los valores obtenidos deben de estar dentro de un rango de confianza. Además habrá que considerar un análisis intrínseco para los valores extremos observados, así como estudiar cómo afecta la variabilidad espacial y temporal al modelo y sus ecuaciones. Algunos autores (Kirchner-Bossi et al., 2015) establecieron una forma de abordar este doble problema. En primer lugar, la variabilidad temporal se resuelve directamente con el downscaling estadístico (SD). De acuerdo con esto, el proceso de los datos de partida se estableció según SD en base a regresión con el fin de obtener una ecuación de transferencia de viento entre la estación de Tarifa y la duna. Para resolver la variabilidad espacial se usó la ley del del perfil de viento (Counihan, 1975).

3. Resultados v discusión

En este apartado se obtienen finalmente ecuaciones que permiten transferir el viento y se establece cuál fue la medición más precisa de las diferentes realizadas, cual ofrecía la mayor correlación con la estación de Tarifa. En base a esto y a la potencia estadística del experimento, se seleccionaron los datos comparables de ambos lugares y se homogeneizaron temporalmente las mediciones de Valdevagueros y de Tarifa. El análisis dio como resultado que los meses más representativos de los valores de velocidad y direcciones correspondían a los meses de marzo y octubre que fueron usados para la calibración de las ecuaciones. El resto de los resultados e interesantes conclusiones se expondrán con mayor detalle en la comunicación para las XVII Jornadas Españolas de Costas y Puertos.

Referencias

- COUNIHAN, J. (1975). Adiabatic atmospheric boundary layers: A review and analysis of data from the period 1880–1972. Atmospheric Environment (1967), 9(10), 871–905. https://doi.org/10.1016/0004-6981(75)90088-8
- KIRCHMEIER, M. C., LORENZ, D. J., & VIMONT, D. J. (2014). Statistical downscaling of daily wind speed variations. Journal of Applied Meteorology and Climatology. https://doi.org/10.1175/JAMC-D-13-0230.1
- KIRCHNER-BOSSI, N., GARCÍA-HERRERA, R., PRIETO, L., & TRIGO, R. M. (2015). A long-term perspective of wind power output variability. *International Journal of* Climatology. https://doi.org/10.1002/joc.4161
- MARTÍNEZ-GARCÍA, F. P., CONTRERAS-DE-VILLAR, A., & MUÑOZ-PEREZ, J. J. (2021). Review of wind models at a local scale: Advantages and disadvantages. Journal ofMarine Science and Engineering, 9(3). https://doi.org/10.3390/jmse9030318
- MARTÍNEZ-GARCÍA, F. P., MUÑOZ-PEREZ, J. J., CONTRERAS-DE-VILLAR, A., CONTRERAS, F., & JIGENA-ANTELO, B. (2023). A Methodology to Design a Wind Transfer Function: Application to the Valdevagueros Dune (SW Spain). Journal of Marine Science and Engineering, 11(5). https://doi.org/10.3390/jmse11050923



Impacto de los tsunamis generados por volcanes en buques amarrados en puertos: Incidente de Tonga 2022

Sergio Padilla^{a1}, Íñigo Aniel-Quiroga^{a2}, Mauricio González^{a3}, Rachid Omira^{b1}, Jihwan Kim^{b2} v Maria Ana Baptista^{b3}

- ^a IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain,
- al, D, padillas@unican.es; a², D, inigo.anielguiroga@unican.es; a³, D, gonzalez@unican.es;
- ^b Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), Lisbon, Portugal;
- b1, (b), rachid.omira@ipma.pt; b2, (b), jihwan.kim@ipma.pt; y b3, (b), mavbaptista@gmail.com.

Resumen

El impacto de la erupción del volcán Hunga-Tonga Hunga-Ha'apai en Tonga el 15 de enero de 2022 (Tonga22) se extendió más allá de las regiones inmediatas, dando lugar a un tsunami atmosférico global conocido como tsunami volcano-meteorológico (TVM). En el puerto de La Pampilla en Perú, a 10.000 kilómetros del volcán y 15 horas después de su erupción se informó de la rotura del sistema de amarre de un buque tanquero, incidente que provocó un vertido de más de 11.000 barriles de crudo. Este estudio pretende mejorar la comprensión del suceso de Tonga22 a través de un análisis espectral (wavelet) e hidrodinámico (modelación numérica Boussinesq), evaluando los sobreesfuerzos en líneas de amarre dentro de entornos portuarios offshore.

Para ello, se han obtenido series temporales en mareógrafos, boyas DART y barómetros alrededor de la cuenca oceánica del pacifico meridional (Fig. 1) y se les ha realizado un análisis espectral. Además, se ha simulado el evento mediante un modelo numérico acoplado océano-atmosfera tipo Boussinesq, validado a escala local (downscalling) en la bahía del Callao.

Los resultados espectrales muestran que los máximos de energía coinciden en los periodos de 120 min (forzado por el TVM) frente a las costas de Perú.

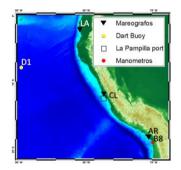


Fig. 1. Ubicación de los instrumentos de medición y puerto la Pampilla

Cabe destacar que este máximo coincide con los momentos del accidente en el puerto (Fig. 2). Además, el modelo numérico es capaz de reproducir el evento tanto en aguas profundas como someras, simulando correctamente el TVM.

Impacto de los tsunamis generados por volcanes en la seguridad de los buques amarrados: Incidente de Tonga 2022

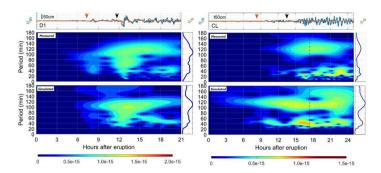


Fig. 2. D1 (Boya DART) y CL (Mareógrafo en la Bahía de Callao). Series temporales medidas (azul) y simuladas (naranja). Flechas naranja y negra representan la llegada del TVM y del tsunami. Fig. 2 respectivamente. Los wavelets medidas (superior) y simuladas (inferior). Línea negra vertical discontinua en CL refiere al instante discontinua en CL refiere al instante del accidente en el puerto. El panel a la derecha de cada wavelet es el espectro en frecuencia

Por otro lado, se realizó la simulación y análisis de los esfuerzos en sistemas de amarras bajo las condiciones hidrodinámicas causadas por el TVM en el Puerto de La Pampilla (Perú) a un buque tanquero similar al atracado en dicho puerto. Los resultados sugieren que el TVM generó un aumento significativo de las tensiones de las amarras, superando la Carga Mínima de Rotura (MBL). Dicho resultado demuestra que ondas atmosféricas como las ocurridas en el evento Tonga22 pueden causar sobreesfuerzos que desencadenen accidentes en entornos portuarios e infraestructuras costeras.

Además, la perturbación oceánica inicial llegó antes de lo previsto porque las ondas atmosféricas produjeron un TVM que viajó a velocidad sónica. En este sentido, las autoridades estatales e internacionales son responsables de la seguridad marítima y de la creación de avisos y sugerencias para ayudar a los distintos usuarios en lugares costeros y mar adentro y en el suceso de Tonga22 se puso de relieve que los sistemas de alerta temprana de tsunamis (TWC) no están suficientemente equipados para detectar y gestionar los tsunamis inducidos por ondas acústicas procedentes de fuentes volcánicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España a través de una beca FPU y al Gobierno de Cantabria a través del programa Fénix.





Evaluación de las necesidades de espacio para el diseño de estrategias de adaptación costera

José A Jiménez, Rut Romero-Martín, Herminia I Valdemoro

Laboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech iose.jimenez@upc.edu, prut.romero@upc.edu; herminia.valdemoro@upc.edu).

1. Introducción

En las condiciones actuales una parte sustancial de la costa Mediterránea está retrocediendo, una tendencia que espera se intensifique con el cambio climático, aumentando el riesgo de la desaparición de playas y exposición de las zonas interiors a la acción directa de los procesos costeros. Este proceso es evidente en el levante español, que presenta en la actualidad diferentes zonas de exposición extrema a la acción de las olas sufriendo daños recurrentes. Este hecho subraya la necesidad imperiosa de aplicar estrategias de adaptación, tanto a corto como a largo plazo, con el fin de gestionar el riesgo asociado. Mientras que a corto plazo el enfoque tradicional ha consistido y consiste en buscar una protección básicamente mediate la reducci'n de la intensidad de los procesos o disminuyendo la vulnerabilidad, el aument previsible de estos problemas hace cada vez más aconsejable adoptar estrategias de adaptación "disruptivas" a largo plazo. Ya en la modificación de la Ley de Costas, se introduce el concepto de "riesgo grave de regresión" que permite declarar en áreas costeras y que supone la posibilidad de modificar la ordenación de la zona, a la vez que también se considera la posibilidad de redeslindar la costa en base a la evolución costera prevista.

En este contexto, este trabajo presenta un marco de análisis para evaluar el espacio de acomodación necesario que permitiría la reconstrucción natural de las playas bajo la acción de la dinámica costera a diferentes escalas. Este espacio integra la predicción del espacio necesario para hacer frente a los peligros costeros en los escenarios de cambio climático actuales y futuros, dentro de horizontes temporales relevantes para la planificación. El objetivo práctico último es clasificar el territorio en función de las necesidades de espacio, lo que permite identificar las zonas aptas para la aplicación de medidas de adaptación que exigen espacio adicional, como dunas, humedales o retirada controlada, diferenciando entre aquellas en las que dichas medidas pueden aplicarse fácilmente y las zonas en las que sólo son viables para horizontes a corto plazo. En este sentido, la predicción de dicho espacio se compara con la delimitación actual del DPMT y la zona de servidumbre de protección lo que permite identificar aquellas zonas en las que la redefinición del DPMT se convierte en una medida de adaptación más que plausible o, para justificar la contribución por parte de los actors afectados en los costes de adaptación en caso del mantenimiento de la ocupación de dichas zonas. Este marco de análisis se ejemplifica con su aplicación a la costa catalana bajo diferentes escenarios climáticos

2. Método y resultados

El espacio de acomodación se calcula como el espacio hacia tierra desde la línea de costa necesario para acomodar la contribución acumulada de (ii) los cambios inducidos por la subida del nivel dle mar (SNM); (ii) los cambios de la línea de costa a medio plazo -décadas-(iii) la erosión inducida por tormentas; y (iv) la anchura de la playa activa, Xact (Figura 1). Además, y para tener en cuenta la incertidumbre inherente al cálculo de cada componente, se calcula una zona de seguridad sumando las incertidumbres individuales (Figura 1). Ambas estimaciones contribuirían a la definición del DPMT y la zona de servidumbre de protección para un horizonte temporal determinado bajo un escenario climático dado.

En la figura 1 puede verse una estimación preliminar de los valores medios del espacio de acomodación y la incertidumbre asociada necesaria para acomodar la regresión costera durante este siglo bajo el escenario AR6 SSP5-8.5 a lo largo de la costa catalana.

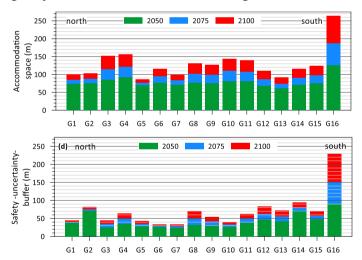


Fig. 1. Estimación del espacio de acomodación (superior), y de la zona de seguridad debido a las incertidumbres asociadas (inferior) a lo largo de diferentes sectores de la costa catalana para diferentes horizontes temporales

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto CoastSpace (TED2021-130001B-C21) por MCIN/AEI/10.13039/ 501100011033 y por la Unión "NextGenerationEU"/PRTR.





Una solución sistémica e integrada para la adaptación al cambio climatico del frente litoral de La Pineda

Verónica Cánovas^a, Raúl Medina^a, César Vidal^a, Miriam García^b, Pere Marieges^b, Carles Segura^c, Oriol Queraltó^c v Ramón García^c

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, canovasv@unican.es; b LANDLAB, Laboratorio de Paisajes S.L.P. y cAutoridad Portuaria de Tarragona.

1. Introducción

Durante las dos últimas décadas, la Autoridad Portuaria de Tarragona ha estado regenerando la playa de La Pineda como medida correctora asociada a la última ampliación del dique exterior. Sin embargo, la playa aún está lejos de su equilibrio debido a la escasez de arena con características adecuadas y se prevé que la situación empeore en los próximos años debido a los efectos del cambio climático.

El objetivo de este estudio es encontrar una solución innovadora a largo plazo, con una visión sistémica e integrada del frente costero, y estabilizar la playa de La Pineda, en el contexto del cambio climático y teniendo en cuenta los Planes de Desarrollo del Puerto y de la Ciudad.

2. Datos y métodos

Se han analizado las dinámicas actuantes en la zona de estudio, la evolución histórica de la línea de costa, las intervenciones costeras, el desarrollo urbano, los hábitats y los usos del suelo en esta zona para proponer medidas de adaptación en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) e intentando recuperar parte de los hábitats y usos perdidos.

3. Resultados

Se han propuesto varias opciones de adaptación, las cuales se resumen en: MA1) reducir la exposición con protecciones frente a inundación, MA2) aceptar los impactos y gestionar el retroceso de la línea de costa, MA3) avanzar la línea de costa con arena o estructuras.

Todas estas medidas incluyen el rediseño de la movilidad y accesibilidad en la zona y la creación de lagunas y humedales para reducir el volumen de arena, aumentar la biodiversidad y proporcionar nuevas zonas recreativas y de ocio.

Estas medidas han sido objeto de debate con las partes interesadas más relevantes en la gestión de este entorno y se ha aprobado una solución de futuro combinando las líneas de actuación MA2 y MA3 incluyendo soluciones basadas en la naturaleza (Fig 1).



Fig. 1. Conceptualización de la solución adoptada y ámbito de competencia. Fuente: IHCantabria y LANDLAB (2023)

Esta solución consensuada no sólo estabiliza y protege el frente marítimo lidiando con la escasez de arena, sino que también contribuye a la recuperación de hábitats, la mejora de la biodiversidad y al aumento de los usos sociales en la región, por lo que se espera que se convierta en una atracción turística y cultural acorde con los desarrollos previstos en la zona.

Las actuaciones concretas asociadas a esta solución se detallarán en la presentación oral, pero este estudio refleja que una solución viable y sostenible requiere un enfoque innovador en las políticas de adaptación al cambio climático, integrando en la toma de decisiones el uso social, la mejora de la biodiversidad y la integración paisajística. Esto precisa la formación de equipos pluridisciplinares, la coordinación de los distintos agentes implicados en el territorio, lo cual abre un nuevo campo de trabajo y diseño en la ingeniería marítima y de costas.

Agradecimientos

IHCantabria y LANDLAB agradecen la colaboración y disposición de la Dirección General de la Costa y el Mar, el Servicio Provincial de Costas en Tarragona, la Oficina Territorial d'Acció i Avaluació Ambiental de Tarragona, Puertos del Estado, el Ayuntamiento de Vilaseca y a la Autoridad Portuaria de Tarragona, en el proceso de toma de decisiones sobre la solución a adoptar.

Referencias

IHCantabria y LANDLAB (2023). "ETAPA II. Estudio previo y conceptualización de la solución a adoptar" en Servicio de generación de conocimientos para la integración urbana y social del contradique dels Prats garantizando la estabilidad de la playa, Santander, Cantabria.





Adaptación de las playas urbanas al cambio climático: marco de gobernanza para la selección de medidas basadas en la ciencia y la naturaleza en Cala Millor (Mallorca)

Pericas-Palou, A.a.b, Gómez, A.G.a, Gómez-Pujol, L.b, Rodríguez, R.a, Ortiz, V.a, Ribot, L.a., Tintoré, J.a.c

^aBalearic Islands Coastal Observing and Forecasting System, SOCIB, Palma, Balearic Islands, Spain, . apericas@socib.es, aggomez@socib.es, rrodriguez@socib.es, vortiz@socib.es, llribot@socib.es, itintore@socib.es; bUniversity of Balearic Islands, Palma, Balearic Islands, Spain, aida.pericas2@estudiant.uib.cat, lgomez-pujol@uib.cat c Mediterranean Institute for Advanced Studies IMEDEA (CSIC-UIB), Esporles, Balearic Islands, Spain

Cala Millor (Mallorca) (Figura 1) es un ejemplo de ecosistema transformado en el que la urbanización del terreno ha provocado la desaparición del sistema dunar y la artificialización y erosión de la playa. Los efectos causados por el cambio climático en Cala Millor, especialmente en lo que respecta a la subida del nivel del mar y los fenómenos extremos asociados, obligan a promover una gestión y planificación de la adaptación de esta playa urbana. Cala Millor cuenta con un sistema único de monitorización, operativo desde 2011, con datos meteoceánicos de alta calidad y resolución, que permite estudiar la evolución de la línea de costa, analizar datos horarios meteorológicos y de oleaje, así como prever la evolución de la playa. En este marco, nace el proyecto 'LIFE AdaptCalaMillor', con el objetivo de proporcionar soluciones basadas en la ciencia y el conocimiento, efectivas mediante un proceso participativo de los agentes sociales, económicos y la administración. La participación directa de las diferentes partes interesadas permitirá seleccionar medidas de adaptación al cambio climático basadas en la ciencia y la naturaleza, partiendo del consenso. En el presente trabajo se describen los mecanismos utilizados para el desarrollo de un marco de gobernanza participativo y multinivel liderado desde el ámbito científico, que implica tanto a las administraciones públicas como a la sociedad local. El proceso participativo se fundamenta en una relación de confianza que se ha consolidado a lo largo de dos décadas de colaboración con tanto entidades gubernamentales como privadas. Durante este periodo, se ha trabajado conjuntamente en diversas iniciativas, estableciendo una base sólida para la participación activa de la comunidad y la toma de decisiones.



Fig. 1. Playa urbana de Cala Millor (Son Servera v Sant Llorenc des Cardassar, Mallorca)

En el marco del proyecto, la implicación de las partes interesadas se centra en tres etapas principales: i) análisis de la percepción de los efectos del cambio climático en Cala Millor (comprensión, influencia e interés de las administraciones públicas y la sociedad); ii) capacitación de las personas y entidades implicadas (seminarios y campañas de sensibilización); y iii) selección de medidas basadas en la naturaleza mediante un proceso participativo. Para lograr una interacción equilibrada, se establecen metodologías y acciones diseñadas específicamente para cada sector: administración pública, comunidad educativa, sociedad civil y sector turístico. Por un lado, las administraciones públicas de diferentes ámbitos geográficos (estatal, autonómico, insular y local), con intereses o competencias relacionadas con la gestión y adaptación de Cala Millor al cambio climático, se implican mediante la creación de un grupo de trabajo. En este grupo de trabajo se aplica el método Think-Reason-Understand-Share-Test (TRUST) que permite poner en común, conocimientos y experiencias, y promover sinergias entre las entidades adheridas. Por otra parte, la sociedad se involucra mediante talleres y reuniones en los que se analizan los puntos de vista y preocupaciones de tres grupos principales: comunidad educativa, sector turístico y asociaciones locales. Hasta la fecha, las reuniones, talleres y encuestas multirrespuesta han permitido analizar los conocimientos, preocupaciones y visiones sobre el cambio climático y sus efectos en Cala Millor de los participantes. Mediante esta metodología no solo se ha recopilado información valiosa, sino que también se ha promovido una comprensión de la problemática asociada al cambio climático y de sus futuras implicaciones. El fin último es seguir trabajando con esos sectores, para conducir el proyecto a estrategias exitosas y consensuadas que permitan afrontar los efectos del cambio climático en Cala Millor, y asegurar su replicabilidad en otras playas urbanas del Mediterráneo.

LIFE AdaptCalaMillor (LIFE21 GIC/ES/101074227) está cofinanciado por el Programa LIFE de la Unión Europea. Las opiniones y documentación proporcionadas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de CINEA/Comisión Europea.



TRANSCLIMA: nuevos desafíos en la adaptación al cambio climático

Itxaso Odériza e Iñigo J. Losada

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain,

, itxaso.oderiz@unican.es; , losadai@unican.es

1. Introducción

Las consecuencias del cambio climático transcienden la ciencia del clima afectando a los sectores económicos, de industria, salud y ambiental. Por ello, desde las últimas Conferencias de las Partes (COPs por sus siglas en inglés), se lleva reiterando de manera contundente que la implementación de las medidas de adaptación, siempre a la sombra de las medidas de mitigación, es crítica para nuestro futuro (Keskitalo y Preston, 2019).

Para ello, el entendimiento del clima es determinante en la evaluación del riesgo climático de los sectores costeros afectados. Sin, embargo la complejidad e interacción de las escalas de los peligros costeros y su análisis en el ámbito de la ingeniería costera puede, en ciertas ocasiones, perder la perspectiva del problema. Las nuevas condiciones climáticas pueden inducir el desplazamiento de eventos extremos hacia regiones que nunca se habían visto afectas por ellos. A estas zonas las denominamos regiones neoclimáticas. Un ejemplo que facilita el entendimiento de nuestro planteamiento es el impacto de ciclones tropicales en zonas dónde nunca antes se habían visto. Sin viajar al futuro, en 2019, el ciclón tropical Kenneth impactó las costas del norte de Mozambique (Mawren et al., 2020) sorprendiendo al gobierno, a la población y a los científicos que no supieron predecir la trayectoria de la tormenta. Tampoco hace falta irnos tan lejos, las islas Canarias en 2022 presenciaron los impactos de la tormenta tropical Hermine, generando fuerte precipitaciones en el archipiélago. Estas regiones neoclimáticas son una barrera para la implementación con éxito de las medidas de adaptación. Ya que el análisis de futuros riesgos climáticos, actualmente basa sus estudios en los peligros que localmente ya se conocen, aquellos que han ocurrido en el periodo de referencia histórico, e ignoran aquéllos que puedan ser nuevos.

Las preguntas más inmediatas que surgen de este enfoque son: ¿dónde se encuentran las regiones neoclimáticas?), ¿a qué 'nuevos' peligros costeros se enfrentarán? ¿habrá comunidades autónomas que se ubican en estas regiones neoclimáticas? ¿Cuáles son las metodologías para abordar la detección e incertidumbre de los peligros en estas regiones? A estas preguntas responderá el proyecto europeo Marie Sdowaska Curie Individual Fellowship TRANSCLIMA en el que se enmarcan estos desafíos climáticos que son críticos en la adaptación al cambio climático.

2. Proyecto TRANSCLIMA

El proyecto TRANSCLIMA tiene como principal objetivo detectar estas regiones neoclimáticas costeras y priorizarlas según criterios socioeconómicos y ecológicos, como se indica en la Figura 1. En particular, se identificarán las regiones neoclimáticas de oleaje, niveles extremos de mar, ciclones tropicales y extratropicales, considerando el escenario Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP por sus siglas en inglés) SSP5-8.5 de la última fase de Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6).



Fig. 1. Motivación y objetivos del proyecto TRANSCLIMA. Fuente: elaboración propia

El objetivo último de la ponencia es explicar las regiones neoclimáticas y atraer la atención de la comunidad científico técnica española hacia estas regiones a través de la presentación del proyecto TRANSCLIMA. De esta manera se busca el encauzamiento de mecanismos para la transferencia adecuada de conocimiento hacia el gobierno y la industria en España. Esto es clave, ya que, a partir de aquí, en estas regiones, se podrán plantear otras preguntas cómo la distribución de las finanzas públicas o la aceptación de medidas de adaptación ante peligros con los que la sociedad no está familiarizada.

Referencias

NOBLE I. (2019). "The evolving interactions between adaptation research, international policy and development practice. Research handbook on climate change adaptation policy. UK, Edward Elgar Publishing. https://www.elgaronline.com/fconsulta: 01/11/2024]

MAWREN, D., HERMES, J. y REASON, C. J. C. (2020). "Exceptional Tropical Cyclone Kenneth in the Far Northern Mozambique Channel and Ocean Eddy Influences". Geophysical Research Letters, vol. 47, issue 16, e2020GL088715. https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2020GL088715 [consulta: 01/11/2024]





Metodología para el análisis de riesgo y adaptación de los asentamientos urbanos costeros por efecto del cambio climático

Antonio Milla^a, Javier López Lara^a e Iñigo J. Losada^a

- ^a IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain,
- antoniojesus.milla@unican.es; jav.lopez@unican.es; inigo.losada@unican.es.

1. Introducción

En 2020, aproximadamente un décimo de la población mundial (900 millones de personas) residía en regiones costeras de baja altitud (Oppenheimer et al., 2019). La creciente urbanización y atractivo turístico los ha vuelto cada vez más susceptibles a los impactos del cambio climático (CC). En este contexto, las interacciones complejas entre diversos drivers climáticos están contribuyendo a un aumento de la frecuencia e intensidad de los peligros costeros (Haasnoot et al., 2019). A su vez, la conceptualización de eventos climáticos compuestos (ECC), según la definición de Zscheischler et al. (2018), aborda esta complejidad al referirse a la combinación de múltiples impulsores y peligros, contribuyendo así al riesgo tanto en el ámbito social como en el ambiental.

2. Objetivos

Este estudio tiene como objetivo principal realizar un análisis integral de los ECC en Frentes Litorales Urbanos (FLU) de relevancia nacional y global. Se estudiarán diferentes FLU de la costa nacional. Además, como proposito principal se encuentra desarrollar un portfolio de estrategias de adaptación diseñadas para cada tipo de FLU. En el primer objetivo específico se busca identificar los ECC, considerando su ocurrencia simultánea en una misma ubicación, ECC simultáneos en distintas ubicaciones y la interrelación entre diferentes drivers climáticos. En segundo lugar, el análisis de la exposición, vulnerabilidad y respuesta de los FLU ante estos ECC, con el fin de desarrollar una clasificación de los FLU según los indicadores característicos de cada fase del análisis de riesgo (arquetipos de FLU). Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se desarrollará un portfolio de estrategias de adaptación para cada arquetipo, teniendo en cuenta las características de cada FLU.

3. Metodología

La propuesta metodológica pretende cuantificar mediante indicadores climáticos la peligrosidad de los ECC. Para analizar la peligrosidad en los FLU, se llevará a cabo una caracterización del clima basándose en la escala Köppen-Geiger con el objetivo de obtener unos umbrales de peligrosidad los eventos climáticos en cada clima, tanto oceánico como atmosférico. Este análisis se basará en datos de modelos climáticos y provecciones. Estos indicadores son fundamentales para la caracterización de los ECC, considerando tanto su ocurrencia simultánea en una misma ubicación como eventos simultáneos en distintas ubicaciones. Este enfoque metodológico es crucial para la comprensión más completa y precisa de los desafíos climáticos que enfrentan los FLU y del desarrollo del análisis de riesgo.

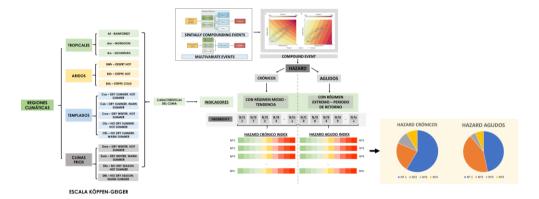


Fig.1. Esquema metodológico. Fuente: elaboración propia

4. Resultados esperados

Se identificarán a través de indicadores climáticos regionalizados los principales peligros climáticos en la costa nacional (FLU en el Atlantico y Mediterraneo) y global. Además, se identificará los ECC en FLU, considerando su ocurrencia simultánea y la interrelación entre distintos drivers climáticos, con el fin de reducir la infraestimación del riesgo climático en las costas españolas ante eventos atmosféricos y oceánicos.

Referencias

Haasnoot, M., et al. (2019). Generic adaptation pathways for coastal archetypes under uncertain sea-level rise. In Environmental Research Communications. DOI

Oppenheimer, M., et al. (2019). Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. DOI

Zscheischler, J., et al (2018). Future climate risk from compound events. In Nature Climate Change. DOI





Análisis de riesgo y estrategias de adaptación flexibles frente a las inundaciones costeras debidas al cambio climático en las zonas urbanas costeras de la Macaronesia y su aplicación en Garachico (Tenerife). Proyecto LIFE GARACHICO

María F. Álvarez de Eulate^a, Javier L. Lara^a, Alberto Fernández^a, David Lucio^a, Iñigo J. Losada^a, Gustavo Pestana^b, Laura Comes^b, Christine Bezic^c, Juan Carlos González^c, Raquel de la Cruz-Modino^d v Carla González^d

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, 🔟 maría.fuentes@unican.es ; bViceconsejería de Lucha contra el Cambio Climático - Gobierno de Canarias, Cartográfica de Canarias, S.A. GRAFCAN e d'Instituto de Investigación Social y Turismo, Universidad de La Laguna.

Resumen

Las áreas urbanas costeras son particularmente vulnerables a los impactos del Cambio Climático (CC) debido a la subida del nivel del mar y la variación de los eventos extremos. Es por ello que la realización de un análisis del riesgo por eventos de inundación costera por efecto del CC considerando las incertidumbres derivadas de los escenarios futuros, así como la implementación de medidas de adaptación frente a dicha inundación para reducir ese riesgo, son cruciales.

El proyecto LIFE GARACHICO (https://lifegarachico.eu/, cofinanciado por la Unión Europea (EU) a través del programa LIFE), tiene como objetivo poner en práctica, probar, evaluar y difundir metodologías y enfoques completamente nuevos en la UE en el contexto de la protección de áreas urbanas frente al riesgo de inundaciones costeras y en el desarrollo de una estrategia de adaptación flexible de estas áreas frente al CC. En concreto, el proyecto está enfocado en las áreas de la Macaronesia (áreas ultra periféricas de la UE formadas por un conjunto de 5 archipiélagos: Las Azores, Cabo Verde, Canarias, Madeira y Las Salvajes). Dentro de las estrategias de adaptación existentes, las estrategias tradicionales de adaptación rígida no son una solución viable por su carácter estático, especialmente en áreas sensibles como la Macaronesia, dado que son áreas caracterizadas por una gran presión turística y exposición ante los temporales del Atlántico, sufriendo en muchas ocasiones episodios extremos de inundación costera con pérdidas socioeconómicas muy significativas (alrededor de 250 M€ en la última década).

En este contecto, dentro del proyecto LIFE GARACHICO se está implementando una estrategia de adaptación para la reducción del riesgo de inundación costera basada en la combinación de una caracterización holística del riesgo de inundación en alta resolución y la Análisis de riesgo y estrategias de adaptación flexibles frente a las inundaciones costeras debidas al cambio climático en las zonas urbanas costeras de la Macaronesia, y su aplicación en Garachico (Tenerife). Provecto LIFE GARACHICO

evaluación de niveles aceptables de este riesgo en un marco de adaptación flexible. Se trata de un enfoque novedoso en el área de adaptación al CC en regiones costeras urbanas, que incrementará simultáneamente la resiliencia frente a inundación y reducirá la afección del CC frente a impactos de inundación costera. Para la implementación de esta estrategia se ha seleccionado la localización piloto de Garachico (Tenerife). Ésta localización piloto se ha utilizado para demostrar la aplicabilidad de la metodología, actuando como un "laboratorio vivo" para evaluar la eficacia de la estrategia de adaptación del CC, concretamente generando resiliencia frente a los eventos de inundación costera en el contexto urbano. Además, parte de las medidas de adaptación probadas en la localización piloto se está llevando a cabo en dos localizaciones de replicación adicionales (Puerto de la Cruz en Tenerife, y Praia da Vitoria en Terceira, Azores), lo que permitirá demostrar de forma cualitativa, que las técnicas pueden ser replicadas en circunstancias socioeconómicas, culturales, territoriales y legales diferentes.

Además, y como valor añadido de la metodología desarrollada, la estrategia de adaptación se define en estrecha colaboración con las comunidades locales a través de programas de participación pública (entrevistas, reuniones...) y concienciación para una completa implicación de los diferentes agentes involucrados en la gestión y uso de las zonas costeras urbanas (locales y regionales). Este nuevo enfoque social permite además definir la percepción social del riesgo así como los niveles aceptables de riesgo de inundación que se utilizan como referencia para el cálculo del riesgo y diseño de las medidas concretas de adaptación.

En la presente ponencia se presentará la metodología desarrollada para el análisis de riesgo de alta resolución y definición de la estrategia de adaptación, así como los resultados derivados de su aplicación en la localidad de Garachico.

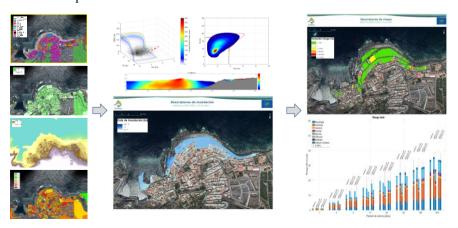


Fig. 1. Análisis de riesgo de alta resolución en Garachico. Fuente: Proyecto LIFE GARACHICO (IHCantabria, 2022)





REBECOS: método numérico 3D para la construcción realista de diques

Josep R. Medina^a, Jorge Molines^a, Sergio Muñoz-Palao^a y M. Esther Gómez-Martín^a ^aInstituto del Transporte y Territorio, Universitat Politècnica de València, D, irmedina@upv.es; jormollo@upv.es; sermuopa@upv.es; mgomar00@upv.es.

1. Introducción

Las obras marítimas son elementos clave de las infraestructuras portuarias, el transporte marítimo y la protección de costas. Durante las últimas siete décadas se han construido decenas de miles de diques y otros tipos de obras marítimas en todo el mundo, siguiendo y en ocasiones liderando el desarrollo económico y social de las naciones. Los diques en talud, muelles de bloques y otras obras requieren la colocación por gravedad de grandes elementos prefabricados y piedras de gran tamaño utilizando medios mecánicos (grúas, etc.).

Los costes económicos y la seguridad de las operaciones son clave en la planificación de la colocación de los elementos pesados de las obras marítimas. La viabilidad y robustez del proceso de construcción, condicionada por las operaciones de colocación de grandes elementos, tiene un impacto económico muy relevante sobre cada proyecto. Un procedimiento de construcción simple y fiable, basado en operaciones factibles de colocación, permite prevenir accidentes y eliminar retrasos durante la construcción.

No es fácil la colocación ciega bajo el agua; la imprecisión en la colocación favoreció en el pasado el diseño de diques con mantos bicapa (cubos, escollera, etc.) para minimizar el riesgo de averías por mala colocación. Las grúas modernas suelen tener un GPS diferencial en cabeza para colocar con cierta precisión X-Y las piezas masivas (cubos, Cubipods, etc.) y, por otro lado, existen sistemas especiales (ver Mouquet, 2009) para la colocación precisa (apoyada por buzos) de piezas bulky tipo Accropode, Core-Loc, etc. A escala prototipo, se suelen diseñar mallas de colocación (ver Pardo et al., 2014) para colocar con grúas los elementos del manto principal de los diques en talud. La colocación de piezas se puede estudiar con experimentación física a escala reducida (ver Pardo et al., 2014), pero los modelos a escala reducida de diques se construyen generalmente dejando caer las piezas a mano. Hay que considerar que las condiciones de construcción en el laboratorio son excelentes (visión perfecta, construcción en seco, colocación precisa, etc.) en comparación con la construcción a escala prototipo.

2. Metodología

Dentro del Proyecto REBECOS de Prueba de Concepto se está desarrollando el software y aplicaciones para la la construcción numérica realista de diques en talud. El software es similar al descrito por Molines y otros (2021) y Muñoz-Palao y otros (2024), quienes lo emplearon para construir diques de homogéneos de baja cota de coronación y analizar los errores de colocación a escala de prototipo, respectivamente. El software emplea Bullet

Physics Engine (Milington, 2007), el cual se basa en las leyes de mecáncia clásica aplicadas a sólidos rígidos y requiere calibrar 5 parámetros (fricción, margen de colisión, etc.) para conseguir una respuesta realista.

La Fig. 1 representa el proceso constructivo de un tronco recto de dique en talud con manto de cubos bicapa, donde se observan los elementos ya colocados (gris), el bloque que está siendo colocado (resaltado en amarillo) y los cubos que están en la malla a la espera de ser colocados (negro transparente). Los cubos se han colocado a velocidad constante, simulando las velocidades bajas de descenso de las obras reales.

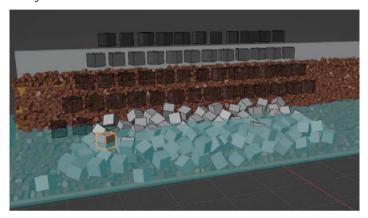


Fig. 1. Simulación del proceso constructivo de un tronco recto de cubos bicapa

3. Resultados v conclusiones

El software desarrollado en REBECOS, en fase de pruebas, permite simular la construcción realista de diques en talud, detectando errores en la malla de colocación X-Y, tanto en tramos de tronco recto como en curvas y morros. La optimización del proceso constructivo de obras marítimas conlleva una disminución del tiempo de construcción y un ahorro de costes económicos, sociales y medioambientales.

Referencias

MILLINGTON, I. (2007). Game Physics Engine Development. Elsevier, p. 481.

MOLINES, J., CENTI, R., DI RISIO, M., and MEDINA, J.R. (2021). Placement tests of Cubipod homogeneous low-crested structures using Bullet Physics Engine. Coastal Engineering 168 (2021) 103901.

MOUQUET, A. (2009). Armor unit placement and positioning in 3D real time. Proc. 9th Int. Conf. ICE Coasts, marine structures and breakwaters, Thomas Telford, Vol. 1, 437-447.

MUÑOZ-PALAO, S., DÍAZ-CARRASCO, P., MOLINES, J., GÓMEZ-MARTÍN, M.E., and MEDINA, J.R. (2024). Numerical construction tests to assess the feasibility of placement grids for Cubipod Homogeneous Low-Crested Structures. Coastal Engineering 188 (2024) 104455.

PARDO, V., HERRERA, M.P., MOLINES, J. and MEDINA, J.R. (2014). "Placement tests, porosity and randomness of cube and Cubipod armor layer". J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng., 140(5), 04014017.





Colocación numérica de piezas de manto: simulación realista de la construcción de diques homogéneos de baja cota de coronación

Sergio Muñoz-Palaoa, Pilar Díaz-Carrascob, Jorge Molinesa, Ma Esther Gómez-Martína y Josep R. Medina^a

^aInstituto del Transporte y Territorio, Universitat Politècnica de València, (b), sermuopa@upv.es; (b), jormollo@upv.es; , mgomar00@upv.es; , jrmedina@tra.upv.es

1. Introducción

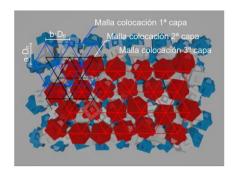
Las mallas de colocación son elementos clave en el diseño de diques; pueden afectar la factibilidad de la construcción y su correcta funcionalidad (porosidad y coeficientes de capa). Para su diseño, se pueden realizar ensayos físicos a pequeña escala donde se simula la colocación de piezas de manto siguiendo una malla de colocación (Pardo et al., 2014). Sin embargo, suelen ser costosos, requerir instalaciones específicas y operarios entrenados. En contraparte, se pueden emplear modelos numéricos como el Bullet Physics Engine (BPE), que ha sido validado con ensayos físicos (Molines et al., 2021) y calibrado para simular procedimientos realistas de colocación de piezas de manto (Muñoz-Palao et al., 2024). Gracias al BPE, se han propuesto una serie de simulaciones con distintas mallas de colocación para diques homogéneos de baja cota de coronación (HLCS). Los HLCS son estructuras de múltiples capas donde la malla afecta en gran medida a su porosidad y coeficientes de capa, ver Fig. 1.

2. Procedimiento para la simulación realista con Bullet Physics Engine (BPE)

El BPE es un modelo numérico que se basa en las leyes de Newton y la física del sólido rígido para estimar la interacción entre objetos. Muñoz-Palao et al. (2024) calibró el BPE y propuso un procedimiento numérico de colocación que considera dos elementos claves: velocidad y tolerancia de colocación. Este procedimiento se ha aplicado a diferentes geometrías de HLCS, formados por 3 capas y mallas de colocación de distintas porosidades {a·D_n, b·D_n}, ver Fig. 1. En las simulaciones, diferentes condiciones de colocación fueron consideradas (velocidades y tolerancias). A diferencia de los ensayos físicos, el BPE permite medir los errores de posicionamiento (ε) respecto a la malla teórica. Con estos errores, la calidad de la construcción se evalúa con estimadores: ε_{rms} y N_{ϕ_0} , porcentaje de desviaciones significativas durante la construcción, $\varepsilon/D_n \ge 1$. Finalmente, estos estimadores se relacionan con las condiciones de colocación para definir criterios y umbrales constructivos.

^bDepartamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil, Universidad de Cádiz, pilar, diaz@uca.es

Colocación numérica de piezas de manto: simulación realista de la construcción de diques homogéneos de baja cota de coronación



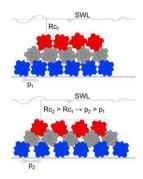


Fig. 1. Izq., malla de colocación para diques HLCS, simulando con BPE. Dcha., influencia de la porosidad de malla en los coeficientes de capa

Conclusiones 3.

En este estudio se ha analizado la factibilidad de diversas mallas de construcción para HLCS considerando errores de colocación debidos a condiciones climáticas y humanas. Ello ha permitido proponer estrategias de colocación posibles donde el error en la posición final de los elementos es menor que $\varepsilon_{rms}/D_n < 0.3$. BPE es una herramienta que permite simular correctamente los procesos constructivos de HLCS.

Agradecimientos

El primer autor está financiado bajo el programa FPI del MCIU (PRE2019-089542). Además, por las ayudas PID2021-126475OB-I00 y PID2021-128035OA-I00, financiadas por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y "FEDER Una manera de hacer Europa".

Referencias

MOLINES, J., CENTI, R.; DI RISIO, M. y MEDINA, J. R. (2021). Estimation of layer coefficients of cubipod homogeneous low-crested structures using physical and numerical placement tests. Coastal Engineering. Vol. 168(September), 103901. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.103901

MUÑOZ-PALAO, S.; DÍAZ-CARRASCO, P.; MOLINES, J.; GÓMEZ-MARTÍN, M. E. y MEDINA, J. R. (2024). Numerical construction tests to assess the feasibility of placement grids for Cubipod Homogeneous Low-Crested Structures. Coastal Engineering. Vol. 188(March), 104455. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2024.104455

PARDO, V.; HERRERA, M.P.; MOLINES, J. y MEDINA, J. R. (2014). Placement Test, Porosity and Randomness of Cube and Cubipod Armor Layers. J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng., 140(5), 04014017. https://doi.org/10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000245





Metodología híbrida para la caracterización de pérdidas de carga v coeficientes de arrastre en infraestructuras costeras

Antonio Tomása, Cesar Vidala, David Blancoa, Gabriel Barajasa, Pablo Bengochea, Delia Regueira^a, Beatriz Rodriguez^a v Álvaro Álvarez^a

- ^a IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain,
- antonio.tomas@unican.es; cesar.vidal@unican.es; 🕩 david.blanco@unican.es;
- pablo.bengochea@unican.es; delia.regueira@unican.es; delia.regueira@unican.es;
- beatriz.rodriguez@unican.es; , alvaro.alvarez@unican.es;

1. Introducción

Algunas tipologías de infraestructuras costeras incorporan elementos singulares, cuya interacción con el flujo de las dinámicas costeras, pueden producir grandes pérdidas de carga y fuerzas de arrastre sobre ellas. Ejemplo de ello pueden ser los cambios de nivel y fuerzas que se producen sobre mallas, redes o rejas que forman parte de compuertas, obras de toma o emisarios. Por lo tanto, el correcto diseño y optimización de este tipo de elementos e infraestructuras (tanto su configuración, como si definición geométrica) necesita de una precisa estimación de las pérdidas de carga locales, para caracterizar los cambios en el nivel del agua y su comportamiento hidráulico, así como del coeficiente de arrastre, para obtener las fuerzas de arrastre y su estabilidad global.

2. Metodología

Consciente de dicha problemática, IHCantabria ha desarrollado una metodología que combina el uso de modelos físicos o de laboratorio (canales ola-corriente de IHCantabria) y el uso de modelos numéricos CFD (Dinámica de Fluidos Computacional, modelo numérico IHFOAM) para obtener la pérdida de carga y/o el coeficiente de arrastre de elementos específicos en distintos sistemas hidráulicos de infraestructura costera, para sus condiciones de diseño. Esta metodología híbrida se estructura en 4 pasos: 1) Modelado físico en laboratorio, 2) Calibración del modelo CFD con base en los resultados del modelado físico, 3) Modelado CFD de las condiciones de diseño con el modelo numérico calibrado, 4) Caracterización de la pérdida de carga local y del coeficiente de arrastre.

3. Aplicaciones

La metodología anterior se ha aplicado a varios proyectos, entre los que destacan:

Metodología híbrida para la caracterización de pérdidas de carga y coeficientes de arrastre en infraestructuras costeras

- Caracterización de la pérdida de carga local y las fuerzas de arrastre sobre una nueva rejilla piscícola en las compuertas de Laguna di Nora (Cerdeña, Italia), ver figura 1.
- Caracterización de los coeficientes de arrastre de la malla de red de una torre de toma sumergida en Duqm (Omán), ver figura 1.

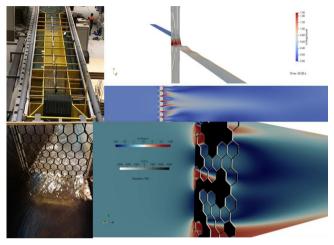


Fig. 1. Paneles superiores: rejilla de peces Lagua di Nora (Cerdeña, Italia). Paneles inferiores: malla de red de la torre de toma de Dugm (Omán). Paneles izquierdos; modelado físico en laboratorios de IHCantabria. Paneles derechos: resultados del modelo numérico IHFOAM)

4. Conclusiones

Con el fin de caracterizar tanto las pérdidas de carga como el coeficiente de arrastre en elementos locales de infraestructuras hidráulicas/costeras, se ha desarrollado una metodología híbrida, basada en la modelización física y numérica a escala 1:1 (prototipo), estudienado varias configuraciones geométricas bajo diferentes condiciones hidráulicas (nivel de agua y velocidad de corriente).

El éxito de la aplicación de esta metodología se ha comprobado en varios proyectos y mediante el uso de diferentes instalaciones experimentales de IHCantabria. A partir de los resultados obtenidos, se propusieron optimizaciones en los diseños finales.

Agradecimientos

Los autores agradecer a COBRA TEDAGUA CONTRACTING LLC por su cooperación y apoyo en el marco del "Duqm Integrated Power and Water Plant Project"; y SMARTWATER PLANET SL por su colaboración en el marco de "Innovative Solution for the Management of Water Communication and the Management of Fish Flows".





Consideración numérica de elementos flotantes en el modelo **CELERIS**_{BASE}: primeros pasos

Alejandro González Vallea, Gabriel Díaz Hernándeza, Theo Lagouevteb

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, ^bENSEIRB-MATMECA- Bordeaux INP, Bordeaux, France.

alejandro.gonzalezv@unican.es; diazg@unican.es; tlagouyte@bordeaux-inp.fr

1. Introducción

La inclusión de elementos flotantes, su interacción y reacción dentro de los modelos numéricos de propagación de oleaje, tradicionalmente se circunscribe a técnicas avanzadas CFD tridimensionales y a modelos de teoría potencial de carácter reduccionista. Ambas estrategias presentan serias dificultades a la hora de pretender extrapolar sus capacidades hacia un entorno costero y portuario. La heterogeneidad en las escalas espaciales, que van desde varias longitudes de onda hasta las fracciones de metro, la necesidad de evaluar estados de mar completos en tiempos computacionales competitivos, y la constante dificultad de crear geometrías libres de elementos flotantes, hace que este tipo de aproximaciones se torne compleja o imposible a la hora de resolver estudios en zonas donde la escala de varias longitudes de onda incidente es una de las principales condicionantes.

Por ello, y a través de un proyecto exploratorio interno, IHCantabria ha venido adaptado, asimilando, validando y mejorando la experiencia de uso general del modelo CELERIS_{BASE}, que resuelve las ecuaciones modificadas de Boussinesq a través de la Unidad de Procesamiento de Gráficos (GPU) bajo una arquitectura de desarrollo flexible y modular UNITY (ampliamente usada en la codificación de videojuegos).

Este matrimonio tecnológico permite, en primer lugar, garantizar una hidrodinámica fiable, realista y muy eficiente para la propagación de oleaje hacia la costa, incluyendo las transformaciones del oleaje (ondas largas, tsunamis, etc.) clásicas y también aquellas más complejas que involucran una física no lineal, dispersiva y de trasferencia energética libre en el entorno espectral del oleaje. En segundo lugar, se aprovechan las capacidades del entorno UNITY en relación a la inclusión de elementos volumétricos enriquecidos con componentes predefinidos y con una física básica preexistente pero realista, de cara a su interacción con el resto de los elementos que coexisten en el ecosistema de capas virtuales dentro del escenario de trabajo que aporta UNITY.

2. Método

El entorno de trabajo UNITY permite la coexistencia de elementos de distinta índole, incluyendo volúmenes de diversas geometrías, ya sean fijos y/o flotantes. Esto se consigue gracias a la capacidad que tiene esta arquitectura para asignar una física general a cada uno de ellos: densidad, flotabilidad, fricción, material, centro de gravedad, etc. Esta interesante capacidad permite, de manera directa y con una codificación muy ligera, hacer interactuar distintos elementos dentro de la escena, por ejemplo, un flujo hidráulico con cierta velocidad empujando una caja en reposo, el vuelco de un prisma trapezoidal bajo la acción de otro volumen que a su vez es proyectado por una onda de tsunami, etc. Es decir, que el elemento agua en entorno 2DH del modelo CELERIS_{BASE} (con sus variables asociadas de velocidad aceleración, dirección, fase, etc.) es tratado como un elemento más dentro del ambiente UNITY y, en consecuencia, es susceptible de interactuar con el resto de elementos preincluidos en escena. Esta capacidad es la que permite plantear una serie de preguntas a contestar en la presente investigación: ¿un modelo de Boussinesq puede interactuar mover de manera realista un elemento flotante?, ¿las limitantes algorítmicas de la física del flujo oscilatorio en un entorno 2DH en este tipo de modelos son salvables a la hora de hacerlas interactuar con elementos flotantes con físicas independientes y autónomas?, y ¿podremos evaluar de manera aproximada un flujo oscilatorio realista interactuando con muchos elementos flotantes que a su vez interactúen de manera encadenada entre sí?. Por lo tanto, la presente comunicación pretende ir dando respuesta a estas cuestiones, primero desde un punto de vista informal y cualitativo, pero siempre prestando atención a un posible comportamiento validado y cuantitativo para en un futuro cercano poder realizar estudiosdiagnóstico de esta naturaleza. Para ello se han definido varios escenarios prácticos que serán presentados como resultados preliminares. Por ejemplo, para un elemento flotante interactuando a las variaciones del oleaje a lo largo de una batimetría cambiante, determinando su movimiento, alcance y la influencia de otras estructuras circundantes. o bien, cómo un flujo de rebase alcanza a un vehículo estacionado sobre la coronación de una obra de abrigo, parta ver cómo se enfrenta a estas condiciones adversas, hasta donde se mueve, si vuelca etc.

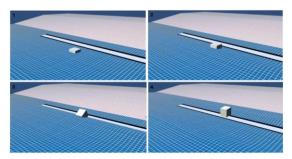


Fig. 1. Instantánea de la propagación de oleaje interactuándo con el elemento cúbico-flotante. Modelo Celeris_{BASE}





Valor característico de los parámetros geotécnicos en los métodos de fiabilidad. Aplicación al diseño del nuevo muelle en Nigg Bay-Escocia

Manuel-Jesús Bueno-Aguado^a, Felix Escolano Sanchez^b

^aDoctor Ingeniero de Caminos C y P. Responsable del Departamento de Geotecnia de Proes Ingenieros SA, Profesor de Geología y Geotecnia de la Universidad Politécnica de Madrid. (Manuel.bueno@proes.es); bLicenciado en Ciencias Geológicas. Doctor por la Escuela de Ingenieros de Caminos C y P. Profesor de Geología y Geotecnia de la Universidad Politécnica de Madrid.

1. Introducción

En la actualidad, el método de los Estados Limites Últimos (ULS) para modos de fallo geotécnicos recogido en los códigos y normas tiene una amplia variedad de enfoques. Como prueba de ello, no hay más que citar los cuatro enfoques que propone el Eurocodigo 7, ninguno de los cuales se ajusta con exactitud al enfoque propuesto por la ROM 0.5/05.

Pero aún hay un factor más determinante para abordar la interacción del suelo y la estructura, que es la elección del valor característico del parámetro que representa el comportamiento del terreno. La selección de los valores característicos es esencial para alcanzar el margen de seguridad estructural exigido. Sin embargo, hoy en día, este proceso de selección depende en gran medida de la experiencia de los ingenieros geotécnicos y de su sentido común.

El Análisis Estructural basado en el método de la fiabilidad (RSA, por sus siglas en inglés) proporciona una poderosa herramienta para ayudar a los profesionales en este proceso de decisión.

En esta ponencia se aplica el Método de la Fiabilidad (RSA) para comprender la relación entre los enfoques de diseño y su relación con los valores característicos de los parámetros. La presentación recoge la experiencia de la aplicación del método en el diseño del nuevo frente de atraque para cargas pesadas del muelle interior de las instalaciones de Nigg Energy Park en Nigg Bay (Escocia).

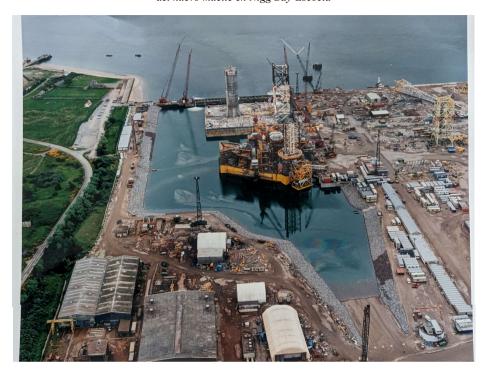


Fig. 1. Muelle interior de Nigg Energy Park

El estudio se centra en determinar la probabilidad de fallo del muro-pantalla anclado que constituye el nuevo frente de atraque, a partir del índice de fiabilidad (β).

Se analiza la sensibilidad de este parámetro para los distintos enfoques de diseño y para las variaciones de los parámetros geotécnicos, particularmente la cohesión y ángulo de rozamiento interno del terreno. El trabajo también estudia la influencia de las incertidumbres geométricas como la posición del anclaje, el nivel de excavación o posición del nivel freático.

El índice de fiabilidad (β) se calcula utilizando el Método de Fiabilidad de Primer Orden (FORM), que ha demostrado ser preciso y efectivo para este problema geotécnico. La ponencia trata de llevar los métodos de diseño probabilístico a la práctica normal de diseño de ingeniería civil, utilizando para ello un ejemplo de trabajo simplificado.



Gestión ambiental v sostenibilidad en los puertos de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife

A. Hernández Cabrera^a

^aAutoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, , almudenahc@puertosdetenerife.org

1. Introducción

La especialización necesaria para la gestión de los puertos de interés general del Estado es conocida y ha sido ampliamente discutida. Si añadimos las peculiaridades de la gestión de 6 puertos en 4 islas distintas de una región ultraperiférica, en los que los tráficos son muy variados para poder abastecer y cubrir las necesidades de las islas, supone un reto añadido. La gestión ambiental portuaria no es ajena a estos retos, y es necesario compatibilizar la actividad económica que generan nuestros puertos con el medio ambiente y la sociedad, asegurar el buen funcionamiento de los mismos garantizando el cumplimiento de los requisitos legales, en consonancia con la idiosincrasia de las islas ultraperiféricas, labor que no está exenta de dificultades.

La Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife (APSCT) ostenta las competencias definidas en el artículo 25 del RDL 2/2011 sobre las zonas de servicio de los puertos de interés general del Estado de la provincia de Santa Cruz de Tenerife, esto es, los Puertos de Santa Cruz de Tenerife (que incluye el de Granadilla), Los Cristianos, Santa Cruz de La Palma, San Sebastián de La Gomera y La Estaca (Isla de El Hierro) y sobre el servicio de señalización marítima prestado desde los 13 faros de las islas de la provincia. El Puerto de Santa Cruz de Tenerife (que incluye al de Granadilla) y el Puerto de Los Cristianos forman además parte de la Red Transeuropea de Transporte.

Dado el carácter insular y fragmentado de nuestro territorio, nuestros puertos dan servicio a la práctica totalidad del abastecimiento de las islas en las que se ubican y son nodos esenciales de nuestras "autopistas del mar" para el transporte de pasajeros y vehículos, soportando servicios esenciales como la importación de mercancías, el transporte interinsular, el servicio al tráfico de cruceros y el suministro de combustible asociado a la generación de energía eléctrica y abastecimiento de los medios de transporte. Asimismo, debe garantizarse la plena operatividad de los puertos de interés general del Estado en territorios insulares, infraestructuras esenciales para las comunicaciones y abastecimiento de las islas, puesto de manifiesto recientemente por la situación derivada de la COVID-19 así como las especiales circunstancias del Puerto de Santa Cruz de La Palma con la erupción del Volcán.

En esta ponencia, abordaremos la gestión ambiental de la APSCT en los últimos 20 años, desde la tramitación ambiental de proyectos, pasando por la aplicación de la ROM 5.1, la certificación conforme a la 14001:2015 (con alcance global) de los 6 puertos, así como los nuevos retos que se nos plantean con el marco estratégico de Puertos del Estado y el tsunami regulatorio de legislación ambiental que se avecina.

2. Sistema de gestión ambiental y certificación conforme a la norma UNE-EN ISO 14001:2015

En 2014 la APSCT acreditó su gestión ambiental conforme a la norma UNE-EN ISO 14001, con alcance global en la actividad directa de la APSCT, siendo la mejora continua del comportamiento ambiental prioritaria, tal y como se define en su política ambiental. Durante la ponencia se indicarán las principales dificultades de su implantación y mejora, desde la gestión de residuos peligrosos en el punto más alejado de nuestro territorio, en la isla del Meridiano, hasta los desafíos de la gestión del impacto acústico de las diferentes actividades desarrolladas en nuestros puertos, las medidas aplicadas y las buenas prácticas ambientales.

3. Aplicación de la ROM 5.1

La APSCT fue una de las primeras a nivel nacional en la aplicación de la ROM 5.1., realizando los estudios previos y diseño en 2006, y comenzando los trabajos de campo en el año 2007, formando parte del grupo de autoridades portuarias que participó en el proceso de intercalibración de la versión del ROM 5.1-05, representando a las aguas canarias de la región ecológica del Océano Atlántico. Introduciremos las casuísticas de los trabajos de campo (muestreos a grandes profundidades, conservación de muestras hasta laboratorio, etc.), cómo garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos sin olvidar la viabilidad económica y realizaremos un análisis de los principales problemas detectadas en su implantación.

4. Cambio climático: medición de huella de carbono, reducción de emisiones y gestión de contaminación atmosférica

La APSCT también es pionera a nivel nacional en proyectos de eficiencia energética, OPS y renovables. Realizaremos un pequeño repaso de los diferentes proyectos puestos en marcha: medición de huella de carbono, reducción de emisiones y gestión de contaminación atmosférica (calidad del aire y ruidos).

5. Próximos pasos

Abordaremos someramente los nuevos retos que se nos plantean para la aplicación del marco estratégico de Puertos del Estado y el "tsunami regulatorio" de legislación ambiental que se aproxima.





Sistema de monitorización de la calidad del aire y plataforma ambiental inteligente de la APB

Jorge Martín Jiméneza, Edurne Ibarrola-Ulzurrunb y José Manuel Vellón Grañac

^aAutoridad Portuaria de Baleares, D, imartin@portsdebalears.com; ^bKunak Technologies SL, D, eibarrola@kunak.es ^cSuez Smart Environmental Solutions SL. Spain. josemanuel.vellon@suez.com.

1. Introducción

La Autoridad Portuaria de Baleares (APB) trabaja desde 2016 en determinar el nivel de calidad del aire en sus puertos y el grado en que le afecta la operativa portuaria con el fin de introducir las mejoras necesarias. El despliegue de una red de medición basada en sensores y la integración de la información generada en una plataforma inteligente, permite monitorizar la calidad del aire en los puertos de la APB, facilitando la detección de puntos críticos, sus causas y la propuesta de acciones más objetivas y específicas para cada situación.

2. Red de vigilancia de la calidad del aire

La red de vigilancia de la APB consta de 25 puntos de monitorización de la calidad del aire repartidos en sus 5 puertos (Palma, Ibiza, Mahón, Alcúdia y La Savina) mediante dispositivos KUNAK AIR PRO, que incluyen sensores de SO₂, NO, NO₂, CO, O₃, partículas, NMVOC, ruido y parámetros meteorológicos. La APB dispone también de un sistema de medición móvil Kunak, equipado con GPS, que permite realizar mediciones de contaminantes in situ durante cualquier evento de interés. La información recogida por los puntos de medición se publica en tiempo real en la web de la APB.

Los dispositivos utilizados usan el sistema de cartuchos Plug&Play patentado, que permite controlar las medidas durante el ciclo de vida de cada sensor y solucionan muchos de los problemas conocidos de la tecnología de sensores, como la variabilidad, corrigen los efectos de las condiciones ambientales, ofrecen mayor precisión en el dato, etc., todo ello sin necesidad de desinstalar el equipo, ni enviarlo a fábrica para su calibración o mantenimiento.

La red de calidad del aire de la APB fue recibió el "Premio a la mejor red de monitorización de la calidad del aire" en AQE 2022 (Reino Unido), uno de los eventos mundiales más importantes sobre calidad del aire y emisiones industriales. A su vez, los dispositivos Kunak han sido galardonados por diferentes organismos independientes, tales como el Airlab Challenge (Francia), en el que han recibido el "Premio al equipo multi-contaminante más preciso" en las dos últimas ediciones (2021 y 2023).



Fig. 1. Red de calidad del aire de la APB (izaujerda). Detalle de la red de calidad del aire del Puerto de Palma de Mallorca (centro). Estación de monitoreo (derecha)

3. Plataforma ambiental inteligente (Smart Port)

La plataforma ambiental inteligente integra, entre otras, la vertical de calidad del aire, la cual centraliza en tiempo real la información generada por las estaciones de seguimiento, facilita la gestión y análisis de datos y alertas, la consulta del histórico, etc., y permite el estudio de los episodios de contaminación, pudiendo determinar, en base a modelos de dispersión y retrotrayectorias, los posibles responsables de cualquier evento de contaminación. A su vez, la plataforma permite realizar simulaciones bajo demanda de escenarios de atraque para la toma de decisiones en base al estudio de la influencia prevista en la calidad del aire.



Fig. 2. Panel de la vertical de calidad del aire (izquierda) y gráfica polar de SO2 (derecha)

Conclusión

La red de monitorización de la calidad del aire de la APB, diseñada acorde con las características del entorno portuario, y la plataforma ambiental inteligente, permiten evaluar el impacto de la actividad portuaria en la calidad del aire de los puertos de la APB y su entorno, proporcionando un sistema de alerta temprana y pronóstico orientado a la toma de decisiones que permite identificar y prever problemas de calidad del aire, su análisis y la exploración de alternativas en la gestión de la actividad portuaria para reducir su impacto.





Vigilancia ambiental del proyecto de extracción de arenas en la Zona II del Puerto de Bilbao: 8 años de seguimiento

Javier Franco^a Aritz Abalia^a, Juan Bald^a, María Jesús Belzunce-Segarra^a, Raúl Castro^a, Estíbaliz Díaza, Irati Epeldea, Joxe Mikel Garmendiaa, Daniel González-Marcob, Manuel Gonzáleza, Ane Iriondoa, Jose A. Jiménezb, Joana Larretaa, Pedro Liriaa, Iratxe Menchaca^a, Iñigo Muxika^a, Ales Padró^c, Germán Rodríguez^a, Agustión Sánchez-Arcilla^b, Joaquim Sospedra^b v Ainhize Uriarte^a



1. Introducción

El Puerto de Bilbao comenzó en el año 1992 la ampliación y mejora de sus instalaciones, desplazando el grueso de su actividad a la zona exterior del estuario del Nervión, donde, desde 2016, se está construyendo el espigón central. La obra requiere una elevada cantidad de material arenoso de relleno procedente de la Zona II del puerto. Las actuaciones de extracción llevan asociado un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), que garantiza el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras recogidas en el Estudio de Impacto Ambiental. En esta comunicación se presenta la metodología y los resultados más relevantes del PVA del proyecto entre 2016 y 2023.

2. Contenido del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)

El PVA del proyecto de extracción de arenas del sector norte de la zona II está estructurado sobre los diferentes componentes a estudiar, que son: 1) Calidad de las aguas; 2) Calidad del aire y niveles de ruido (atmosférico y submarino); 3) Caracterización batimétrica de la zona de dragado y zona de influencia; 4) Caracterización bentónica; 5) Caracterización del sedimento superficial; 6) Seguimiento de playas (hidrodinámica y topo-batimetría); 7) Recursos y actividades pesqueras; 8) Seguimiento operativo de las actuaciones de dragado.

3. Ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental

Dependiendo de cada componente, se llevan a cabo campañas previas y posteriores a cada extracción, campañas durante las extracciones o seguimientos generales de la zona. El número de campañas, su frecuencia, su cronograma, las variables a estudiar y la configuración espacial de las mismas varía en función de cada componente (Tabla 1).

Componente	Planteamiento general	Cobertura espacial	
Calidad de las aguas	Antes, durante y después de cada extracción	5 estaciones, 3 prof.	
Calidad del aire y ruido atmosférico	Seguimiento continuo	11 puntos	
Ruido submarino	Medidas sin extracción y durante extracción	16-25 puntos	
Batimetría de la zona de extracción	Antes y después de cada extracción	Zona de extracción	
Caracterización bentónica	Antes y después de cada extracción	8-17 estaciones	
Caracterización del sedimento superficial	Antes y después de cada extracción	12-18 estaciones	
Seguimiento de playas	Periodicidad estacional, cada 6 meses	Alternando 3-6 playas	
Recursos pesqueros	Seguimiento continuo	Zona de extracción	
Seguimiento operativo de las extracciones	Durante las extracciones	Zona de extracción y vertido	

Tabla 1. Información del seguimiento de los componentes estudiados en el PVA

4. Resultados y conclusiones

Las afecciones principales a la calidad de las aguas se relacionan con la pérdida de calidad óptica y con el incremento de la concentración de algunos metales. Tales afecciones han sido moderadas en intensidad, reducidas en extensión y de poca duración. Las extracciones no generan impacto significativo en la calidad del aire y en los niveles de ruido. Los fondos sedimentarios de la zona mantienen unas comunidades bentónicas diversas, con una alta capacidad de recuperación (en unos meses), tras las actuaciones de extracción. Los sedimentos de la zona de extracción y de las zonas de influencia se componen en su mayoría de arenas. Los contaminantes presentan concentraciones bajas, tanto en las etapas anteriores como en las posteriores a las extracciones. Hasta el momento no se han detectado cambios significativos ni en la hidrodinámica ni en la morfología de las playas del entorno, si bien el seguimiento de este ultimo componente debe evaluarse a mas largo plazo. Las extracciones no tienen un impacto significativo sobre las actividades pesqueras en la zona.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Autoridad Portuaria de Bilbao, a Ekocean, Topolan, Iproma, Insub y el Centro Tecnológico Naval y del Mar, por su colaboración en este trabajo.





Seguimiento a medio plazo de las comunidades de macrofauna bentónica de fondo blando en una zona afectada por extracciones de arena frente al Puerto de Bilbao

Iñigo Muxika^a, Ángel Borja^a, Javier Franco^a, Joxe Mikel Garmendia^a y José Germán Rodríguez^a

^aAZTI-Investigación Marina, Herrera Kaia, Portualdea s/n, 20110-Pasaia (Gipuzkoa) (¹⁰, imuxika@azti.es; , aborja@azti.es; , jafranco@azti.es; , jgarmendia@azti.es; , jgarmendia@azti.es; grodriguez@azti.es)

1. Introducción

Con el fin de ampliar y mejorar sus instalaciones, desde 1992, el Puerto de Bilbao está desplazando el grueso de su actividad a la zona exterior del estuario del Nervión, donde está construyendo el espigón central. La obra requiere gran cantidad de material de relleno, que procede de actuaciones de extracción en la Zona II del puerto. El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) asociado incluye el análisis del impacto sobre las comunidades bentónicas de fondo blando, así como de sus procesos de recuperación una vez cesan las extracciones. En esta comunicación se presentan los resultados del seguimiento de las comunidades de fondo blando en el marco del PVA del proyecto entre 2016 y 2023.

2. Materiales y métodos

Se realizaron campañas de campo previas y posteriores a cada extracción, así como campañas anuales en los años sin extracciones (marzo y octubre de 2016, octubre de 2017, mayo de 2018, agosto de 2019, y julio de 2020, 2021, 2022 y 2023), sobre una red de muestreo que contempla la zona de extracciones, el entorno próximo que podría ser afectado y estaciones de referencia suficientemente alejadas de la zona de actuación (Figura 1).

Para la caracterización de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, en cada campaña se realizaron tres lances válidos por estación de muestreo con una draga tipo Van Veen. Las muestras obtenidas se tamizaron in situ (1 mm de luz de malla) y el material retenido se fijó en una solución al 4% en agua de mar de formol tamponado.

En laboratorio los macroinvertebrados bentónicos se separaron, identificaron y contaron, y se estimó su biomasa en forma de peso seco. Se evaluaron los principales parámetros estructurales de la comunidad: densidad y biomasa totales y específicas, riqueza específica, diversidad de Shannon y equitabilidad. Además, se calculó el índice biótico AMBI, que permite clasificar el estado de calidad del medio.

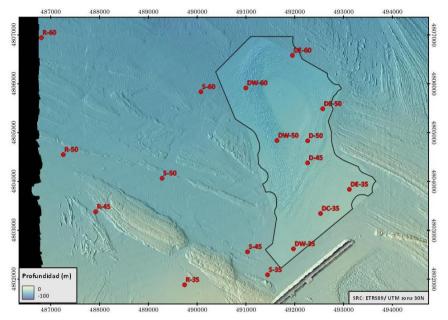


Fig. 1. Localización de las estaciones de muestreo

3. Resultados v conclusiones

Se han identificado más de 500 taxones de macroinvertebrados bentónicos de fondo blando en fondos que van de los 32 m a los 63 m de profundidad, aproximadamente, destacando, en términos de riqueza y densidad, los anélidos, seguidos por artrópodos y moluscos.

Los parámetros estructurales indican la presencia de comunidades relativamente diversas en la zona de estudio. En general, se registran valores bajos a moderados de densidad y moderados a altos de riqueza específica, con valores de biomasa heterogéneos.

Las especies oportunistas no tienen una representación importante, y dominan las sensibles a la alteración lo que da lugar a valores de AMBI indicativos de alteración nula a ligera.

El estado de las comunidades bentónicas indica que las extracciones no han generado un impacto significativo sobre dichas comunidades a las escalas temporales consideradas, lo cual sugiere una alta capacidad de recuperación de este componente biológico.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Autoridad Portuaria de Bilbao, al personal de muestreo y de laboratorio de AZTI-Investigación Marina, así como a Ekocean e Insub.





e-POLREP COSTA

Jonás Iglesias Area^a

^aServicio Provincial de Costas en Castellón, MITERD, jiarea@miteco.es.

Introducción

El e-POLREP COSTA es un formulario on line estandarizado [IGLESIAS, 2024] internacionalmente que permite recabar respuestas predefinidas o limitadas en los sucesos de contaminación marítima. Permitiendo recopilar y documentar los datos de manera rápida, precisa y sistemática. Esta basado el Manual de campo para evaluación de la costa contaminada por hidrocarburos [CPAGA] y otras guias internacionales.

Resumen

El formulario es abierto y gratuito y se basa en la plataforma Google forms para los sucesos de contaminación marina que arriben en la costa. Permite recabar los datos desde un dispositivo móvil, ofreciendo rapidez en la inserción de datos y su transmisión inmediata facilitando el tratamiento de la información de manera ágil, ordenada y geolocalizada.



Fig. 1. Pantallazo del formulario. Fuente: teléfono propio (2024)

2.1 ¿Qué función tiene?

Recabar en la costa los datos básicos necesarios para la toma de decisiones en la gestión de equipos humanos, materiales, logística, información...

e-POLREP Costa

2.2 ¿Qué importancia tiene?

Es la base de la gestión a Nivel de dirección, nivel de asesoramiento, intervención de equipos, logística, difusión mediática del suceso de contaminación.

Sin su correcta elaboración y tratamiento de datos iríamos actuando desordenadamente.

Reducir el tiempo en su elaboración y respuesta es fundamental para una rápida y eficaz respuesta.

3. e-POLREP COSTA ventajas

- Dispone de todas las explicaciones y fotografías de ejemplo contenidas en las guías.
- No precisa de familiarización, solo de una lectura paciente y observar ejemplos.
- Gran rapidez en la transmisión y tratamiento de datos incluyendo su geolocalización.
- Soportable en Android, Iphone, y PCs.
- Interacción con Google Earth como capa ofreciendo la posibilidad de geo-procesar.
- Permite el orden y segregación de datos a demanda de las fuentes que soliciten información: Dirección General, Delegaciones, Subdelegaciones, CC.AA., Diputación, Ayuntamientos afectados, etc. ordenando a demanda los datos solicitados, kilómetros de costa afectados, playas afectadas, municipios, puertos....

Referencias

Libro

CATÁLOGO PUBLICACIONES DE LA ADMINISTRACIÓN GENERAL DEL ESTADO [CPAGA]. Manual de campo para evaluación de la costa contaminada por hidrocarburos. Editorial Centro de Publicaciones del Ministerio para la Transición Ecológica Secretaría, General Técnica, NIPO: 638-19-003-8.

Formulario web

IGLESIAS AREA, JONÁS. E-POLREP Costa. https://forms.gle/RiHX56CvfkVDmVzq8 [formulario propio] (2024).





Evolución de la costa con imágenes satelitales y software libre en la provincia de Valencia tras el paso de la borrasca Gloria en enero de 2020 Patricia Martín Gómeza. Ana Molina Marínb

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, , patricia.martin@cedex.es; Centro de Estudios de Estudios de Puertos y Costas, ana.molina@cedex.es

1. Introducción

En esta ponencia se presentarán los resultado preliminares de la metodología ensayada en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX para el análisis de la evolución de la costa de la provincia de Valencias tras el paso de la Borrasca Gloria en enero de 2020. Este trabajo se integra en el marco de la encomienda de la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) en la que se estudia la aplicación de técnicas remotas para el seguimiento de la costa. Una de dichas aplicaciones es el estudio de la evolución de la costa.

Del estudio llevado a cabo en el tramo litoral de la provincia de Valencia se presentan a continuación los resultados obtenidos en relación al tramo de costa comprendido entre el Puerto de Castellón y el Puerto de Denia a partir de enero de 2020 y hasta abril de 2023 para estudiar la evolución de las playas tras el paso de la Borrasca Gloria. Para ello se han utilizado líneas de orilla derivadas de las imágenes de satélite, de ahora en adelante SDS (Satellite Derived Shoreline).

2. Datos y metodología

Para el estudio se han utilizado SDS obtenidas a partir de las imágenes satelitales con sensores ópticos de LANDSAT-8, LANDSAT-9 y SENTINEL-2 y se han utilizado las SDS extraídas a partir de la fecha de la Borrasca Gloria a mediados de 2020 hasta abril de 2023, abarcando el ámbito geográfico desde el Puerto de Castellón hasta el Puerto de Denia, con una longitud aproximada de 180 km.

Para la extracción de dichas SDS se ha utilizado la herramienta CoastSat que es de código abierto y libre. También se ha realizado una comparación con datos de campo. Para el postproceso de las SDS se han creado perfiles perpendiculares a la línea de costa con una separación nominal de 60 m. Para determinar las anchuras de playa se ha utilizado la herramienta libre ODSAS (Open Digital Shoreline Analysis System) y concretamente la rutina ProfileCrossing integrada en la herramienta y que corre en el sistema de información geográfica SAGA, también libre. Otros pasos del post-proceso se han llevado a cabo con R para los cálculos y QGIS para representación y otros análisis.

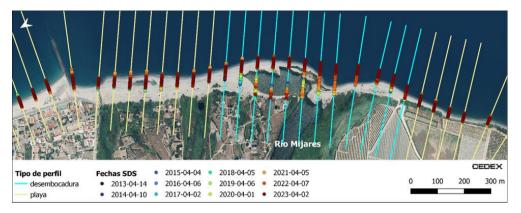


Fig. 1. Puntos de intersección entre las SDS y los perfiles perpendiculares. Fuente propia

Por otro lado el ámbito de estudio se ha dividido en 52 tramos de distinta longitud en base a sus características. Esta discretización permite un estudio a nivel regional de todo el ámbito de estudio. A partir de los datos obtenidos se han estimado las variaciones anuales tanto a nivel de perfil como a nivel de tramo. Para ello se han utilizado 3 métricas: NSM (Net Shoreline Movement), EPR (End Point Rate) y LRR (Linear Regresion Rate).

3. Conclusiones

Se ha observado que Coastsat no ha sido capaz de extraer SDS en algunas zonas. Estas zonas suelen tener una morfología compleja o estar situadas en zonas de desembocaduras.

Las SDS obtenidas con Coastsat han demostrado que el uso de imágenes satelitales de media resolución y de acceso libre permite la identificación de grandes obras realizadas en el litoral.

Se han comparado las SDS obtenidas con Coastsat en varias zonas de las que se tienen datos de campo. Los ajustes obtenidos son bastante buenos, aunque también se observa un sesgo en los datos de manera que las anchuras obtenidas con Coastsat son mayores.

En cuanto a la evolución de la línea de costa después del paso de la Borrasca Gloria, se ha constatado que las tasas de variación anuales de la línea de costa con mayor valor absoluto se han obtenido para la zona situada al norte del Puerto de Sagunto y en la zona entre el Cabo de Cullera y la desembocadura del río Júcar.

Aunque se espera que tras un gran temporal la tendencia sea la recuperación del sistema o al menos a cierta estabilización, se han identificado zonas que siguen con tendencias erosivas, localizándose las zonas con mayores tasas de erosión al norte del Puerto de Sagunto.





Monitorización de las playas tras las actuaciones de ingeniería costera en Almenara (Castellón) empleando imágenes de satélite

Josep E. Pardo-Pascual^a, Carlos Cabezas-Rabadán^{a,b}, Jaime Almonacid-Caballer^a, Jesús Palomar-Vázqueza

^aGrup CGAT, Dept. d'Enginyeria Cartogràfica, Geodesia i Fotogrametria, Universitat Politècnica de València, 00000-0003-0471-9795, jepardo@cgf.upv.es; 0000-0002-0596-4920, carcara4@upv.es; 0000-0002-9099-7662, jaialca@upv.es; 0000-0001-5438-8950, jpalomay@upv.es, bUniv. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, EPOC, UMR 5805, F-33600 Pessac, France.

1. Introducción y zona de estudio

Las actuaciones de ingeniería costera se realizan en intento de contribuir al mantenimiento físico de las playas. En muchos casos, el seguimiento de sus efectos sobre la morfología de las playas es limitado en el tiempo y en el espacio. El libre acceso a las imágenes de satélite Landsat y Sentinel-2 permite la caracterización del dinamismo de las playasa través de la caracterización de la línea de costa de forma eficiente a lo largo del tiempo y cubriendo grandes segmentos costeros (véase Vos et al., 2023). Sustentado en la teledetección, este trabajo presenta el seguimiento continuo de los efectos morfológicos de las recientes acciones de ingeniería costera sobre las playas de Almenara (Castellón).

El tramo costero analizado (cerca de 8km) está compuesto por playas mixtas de arena y grava de los municipios de Almenara, Sagunt y Canet d'En Berenguer (Golfo de Valencia, E de España), con orientación hacia ESE, marea astronómica casi insignificante (<20 cm), olas pequeñas (Hs = 0.7 m; Tp = 4.2 s), y fuerte deriva litoral hacia el sur. Desde principios de 2022 varias actuaciones de ingeniería costera han modificado la parte norte del sector.

2. Metodología y resultados

La caracterización de la evolución de este sector se llevó a cabo utilizando 87 imágenes de satélite de Landsat y Sentinel 2 entre noviembre 2020 y febrero de 2023. Para ello se empleó la herramienta SHOREX (Cabezas-Rabadán et al., 2021), la cual incluye todos los pasos necesarios desde la descarga de imágenes hasta la definición final de la línea de costa. Posteriormente se aplicó la metodología descrita por Cabezas-Rabadán et al. (2019b) para (a) dividir la costa en segmentos longitudinales y medir los cambios de posición de la línea de costa a lo largo del tiempo respecto a la registrada en noviembre de 2020, (b) organizar las mediciones a lo largo del espacio y del tiempo, y (c) generar un continuo espacio-temporal de mediciones sobre el que poder realizar análisis y mediciones.

Los resultados evidencian la alteración morfológica asociada a las intervenciones de ingeniería costera. El modelo espacio-temporal de cambios de la zona (Fig. 1) muestra la fuerte ampliación de playa (colores azules) al norte por los espigones y la erosión (rojo) inmediatamente al sur, así como todos los cambios registrados en ese periodo. La combinación del gran conjunto de datos de la línea de costa (87) y los métodos para organizar y analizar esta información ofrece un enfoque novedoso para supervisar las intervenciones de ingeniería civil a diferentes escalas espaciales y temporales, evaluar su eficacia y, en definitiva, apoyar la toma de decisiones y la gestión de la costa.

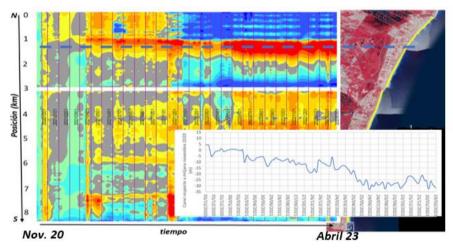


Fig. 1. Cambios de anchura de playa respecto al primer mes analizado (noviembre 2020). Los colores cálidos indican erosión y los fríos acumulación. Fuente: elaboración propia

Agradecimientos

Subproyecto SIMONPLA del programa ThinkinAzul, Ministerio de Ciencia e Innovación con fondos UE NextGeneration EU (PRTR-c17.11) y GVA; contrato MS del Minist. de Univ., financiado UE-NextGenerationEU; ayuda PAID-06-22, Vicer. Investig. UPV.

Referencias

CABEZAS-RABADÁN, C., PARDO-PASCUAL, J. E., PALOMAR-VÁZQUEZ, J. (2021). Characterizing the relationship between the sediment grain size and the shoreline variability defined from sentinel-2 derived shorelines. Remote Sensing, 13(14), 2829.

CABEZAS-RABADÁN, C., PARDO-PASCUAL, J. E., PALOMAR-VÁZQUEZ, J., & FERNÁNDEZ-SARRÍA, A. (2019). Characterizing beach changes using high-frequency Sentinel-2 derived shorelines on the Valencian coast (Spanish Mediterranean). Science of the Total Environment, 691, 216-231.

VOS, K., SPLINTER, K. D., PALOMAR-VÁZQUEZ, J.,... VITOUSEK, S., (2023). Benchmarking satellite-derived shoreline mapping algorithms. Communications Earth & Environment, 4 (345)





Evaluación de la efectividad de las aportaciones de sedimentos en las playas de Sitges (Barcelona) mediante imágenes satelitales

Amadeu Deu^a, Queralt Guerrero^a, Ariadna Salabarnada^a, Laia Beni^a

^aGEM (Geociencias y Exploraciones Marítimas), , amadeu@gemigeo.com;

1. Resumen

La erosión en distintos tramos de la costa catalana ha experimentado un incremento en los últimos años debido principalmente a fenómenos naturales como temporales e inundaciones. En el actual contexto de cambio climático, estos eventos tienden a intensificarse y aumentar su frecuencia. Otros factores adicionales como la presencia de estructuras rígidas (puertos, espigones, paseos marítimos, líneas ferroviarias) y la masificación demográfica y turística de la costa también han influido de manera significativa en la evolución de estos procesos erosivos.

En el municipio de Sitges (Barcelona) se construyeron, en la década de 1980, una serie de diques perpendiculares y paralelos a la costa con el objetivo de estabilizar el ancho de playa y frenar la erosión. Sin embargo, a la práctica, estas actuaciones han demostrado no ser una solución definitiva. Debido a esto y para mantener un ancho de playa óptimo, en los últimos años se ha apostado por las regeneraciones mediante la aportación artificial de sedimentos procedentes del dragado de la bocana de los puertos cercanos.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar cualitativamente la efectividad de estas aportaciones de sedimentos a lo largo del litoral de Sitges mediante el uso de diferentes tipos de imágenes aéreas y satelitales. Se focaliza en la observación de la posición de la línea de costa en planta, con un análisis estadístico dividido en tres periodos: (i) el periodo completo de 2009 a 2021, (ii) entre 2014 y 2018, durante el cual se realizaron múltiples aportaciones de sedimentos en diversas playas del municipio, y (iii) entre 2019 y 2021, período sin aportaciones de arena. Los eventos climáticos severos como el temporal Gloria en enero de 2020 también se han considerado en los tres períodos estudiados.

Para el análisis estadístico se emplearon ortofotos, fotografías aéreas e imágenes satelitales georeferenciadas en las que se digitalizó la línea de costa. Se definieron transectos perpendiculares a una línea base inmóvil a lo largo de las distintas playas del municipio. El movimiento neto de la línea de costa y las estadísticas de la tasa de erosión o acreción fueron calculados mediante ArcGIS utilizando la extensión del sistema Digital Shoreline Analysis System (DSAS). En la Figura 1 se muestra una ejemplo de algunos de los resultados obtenidos en una de las playas analizadas.

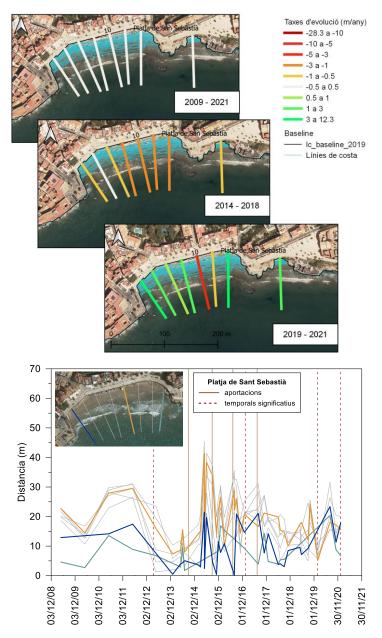


Fig. 1. Ejemplo de algunos resultados obtenidos en una de las playas del municipio de Sitges

Referencias

HIMMELSTOSS, E.A., HENDERSON, R.E., KRATZMANN, M.G., FARRIS, A.S. (2018). Digital Shoreline Analysis System (version 5.0). U.S. Geological Survey.





Análisis de la intermitencia de desembocaduras fluviales mediante técnicas de teledetección. Aplicación al litoral andaluz

Marcus Silva-Santana, Juan Del-Rosal-Salido, María Bermúdez y Miguel Ortega-Sánchez

Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Avda. del Mediterráneo s/n, 18078, Granada, 🕩 0000-0002-1575-5145, marcussanta@ugr.es, 🔟 0000-0002-6060-512X , irsalido@go.ugr.es, 0 0000-0003-3189-4791, mariabermudez@ugr.es, 0 0000-0002-1388-6870, miguelos@ugr.es

1. Introducción

La interacción entre los distintos forzamientos marítimos y fluviales y su capacidad de movilizar sedimentos determina la apertura o cierre de las desembocaduras intermitentes. El sedimento aportado por las descargas fluviales frente al movilizado por la deriva litoral y la acción del oleaje, resulta en un balance de sedimentos en la zona de la desembocadura que determina su carácter de apertura o cierre. Un posterior cambio en la relación de los agentes forzadores puede cambiar el resultado del balance y el estado de la desembocadura, resultando en su carácter intermitente.

Aunque estas zonas tienen un elevado valor ecológico y social, la complejidad de estos sistemas supone un desafio a la hora de comprender y modelar su dinámica, lo que genera incertidumbres en cuanto a su comportamiento. Durante los últimos años las técnicas de teledetección (como las imágenes de satélites) han emergido como una herramienta de gran valor para el estudio de la forma en planta de la costa y sus morfologías secundarias, como las barras sedimentarias en desembocaduras fluviales.

2. Métodos

En este trabajo se ha desarrollado una metodología basada en imágenes de satélite ópticas para la detección del estado de apertura/cierre de desembocaduras intermitentes. La metodología se ha desarrollado en la plataforma Google Earth Engine (GEE) (Gorelick et al., 2017). GEE ofrece un amplio catálogo de imágenes de satélite gratuitas, como las misiones Landsat y Sentinel, utilizadas en este estudio. El catálogo puede ser manipulado sin la necesidad de descargarse las imágenes, através de la interfaz de programación (API) propia de la plataforma, ahorrandose recursos computacionales locales.

El algoritmo implementado en la metodología permite la elección de diferentes índices (NDWI, AWEI, etc.) con diversos umbrales para la detección de las masas de agua, ya que esos parámetros pueden variar en función de las características geomorfológicas del tramo analizado. Seguidamente, se identifica la franja marítima de forma automática, y la intersección de su masa de agua con el cauce fluvial determina la apertura o cierre de la desembocadura (Figura 1).

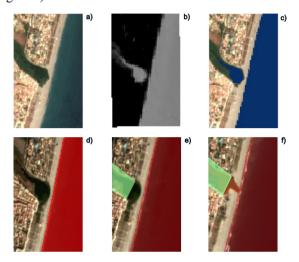


Fig. 1. Detección del estado de la desembocadura del río Antas (Almería). a) Imagen satelital RGB b) Índice NDWI c) Capa de agua d) Polígono de la masa de agua marítima e) Intersección vacía con el cauce fluvial (cerrada) f) Intersección no vacía con el cauce fluvial (abierta)

3. Resultados

En la ponencia, se mostrará la aplicación de la metodología en distintas zonas del litoral andaluz, cubriendo formaciones costeras características de la franja atlántica y mediterránea. Además, las series históricas analizadas han sido correlacionadas con los agentes marítimos y fluviales, ofreciendo una primera aproximación física del comportamiento de esos sistemas. Se observó cómo los eventos extremos son los responsables del cambio en la configuración del sistema. Los resultados completos se mostrarán durante el congreso.

Agradecimientos

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i en Líneas Estratégicas PLEC2022-009362, financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR.

Referencias

GORELICK, N. et al. (2017). "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone". Remote Sensing of Environment, 202, 18–27





Seguimiento morfológico de las playas del entorno del Puerto de Bilbao mediante técnicas de videometría

I.Epelde-Pagola^{a*}, P. Liria^a, A. Abalia^a, A. Nieto^a, M. González^a, J. Franco^a, M. Viñes^b, A. Sánchez-Arcillab

^aAZTI-Investigación Marina, Herrera Kaia, Portualdea s/n, 20110-Pasaia (Gipuzkoa), ¹⁰. iepelde@azti.es, pliria@azti.es, aabalia@azti.es, anieto@azti.es, mgonzalez@azti.es, ,jafranco@azti.es); bLaboratori d'Enginyeria Marítima, UPC, Barcelona, SPAIN manuel.vines@upc.edu, agustin.arcilla@upc.edu)

1. Introducción

El Puerto de Bilbao comenzó en el año 1992 la ampliación y mejora de sus instalaciones, en la zona exterior donde, desde 2016, se está ejecutando la obra del espigón central. La obra contempla un importante relleno con material arenoso y en el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) asociado al Estudio de Impacto Ambiental de esta, se contempla el impacto de las extracciones sobre las playas del entorno, caracterizando la evolución hidromorfodinámica de las mismas, tanto a corto como a medio y largo plazo.

La videometría se esta afianzando en todo el mundo como una herramienta útil para realizar el seguimiento de los cambios morfológicos y las dinámicas que actúan sobre la costa, en diferentes escalas temporales y espaciales. En esta comunicación se analiza la información morfológica obtenida a partir de estaciones de videometría (propiedad de la Autoridad Portuaria de Bilbao y de la Diputación Foral de Bizkaia), ubicadas en el entorno del puerto y se relaciona con las condiciones hidrodinámicas, con el objetivo de contribuir a la comprensión del comportamiento de las playas, mejorando así la identificación de las posibles afecciones de la extracción.

2. Material y métodos

El estudio se realiza en base a los datos existentes de las estaciones de videometría instaladas en las playas de La Arena (desde 2012), Arrigunaga (desde 2017), Barinatxe y Arrietara/Atxabiribil (desde 2018). Todo estos sistemas utilizan tecnología KOSTASystem (Liria et al., 2021).

Para poder analizar el comportamiento de una playa es necesario caracterizar los procesos morfodinámicos básicos que la rigen. Para ello se han analizado una serie de indicadores morfológicos: (1) área supramareal, (2) área intermareal y (3) anchura de playa en pleamar y bajamar. A fin de obtener esta información, las herramientas básicas empleadas son la rectificación de las imágenes con técnicas de fotogrametría (Holland et al., 1997) y la detección de la línea de costa en las imágenes de tipo TIMEX (imágenes promediadas durante 10 minutos a partir de capturas cada segundo).

Para la detección y el seguimiento de la línea de costa es necesario disponer de imágenes mensuales representativas a una misma cota definida. Así, se ha calculado con la mayor precisión posible la altura de la línea de costa, asociada a la acción combinada de la marea y el **oleaje**. Además, como ayuda a la interpretación de estos datos, se relacionan los datos morfodinánimos con las condiciones hidrodinámicas de la zona.

3. Resultados v conclusiones

La información obtenida a partir de la estaciones de videometría ha sido de gran utilidad a la hora de obtener información morfológica de las playas estudiadas (Fig1.). Se han obtenido para ello series de evolución de los tres indicadores morfológicos previamente mencionados para la serie de datos disponible en cada una de las playas.

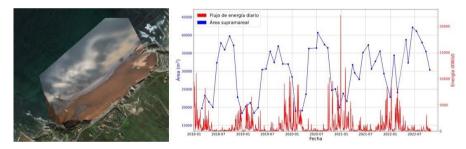


Fig. 1. Imagen TIMEX rectificada y el indicador de área supramareal de la playa de Arriatera

Estos datos, combinados con los datos topo-batimétricos, granulométricos e hidrodinámicos obtenidos en el PVA, permitirán avanzar en la comprensión y ajustar los modelos de evolución y de comportamiento morfodinámico de cada una de las 4 playas estudiadas a medio y largo plazo. Dichos modelos, correctamente ajustados, facilitan la toma de decisiones para la gestión sostenible de estas playas y mejoran la capacidad de diagnóstico y la propuesta de medidas correctoras, si fueran necesarias, frente a eventuales impactos ambientales de las actividades portuarias.

Referencias

Holland, K.T., Holman, R.A., Lippmann, T.C., 1997. Practical use of video imagery in nearshore oceanographic field studies. IEEE Journal of Oceanic Engineering 22 (1), 81–92.

Liria, P., Epelde, I., Santiago, I., Garnier, R., Abalia, A., and Mader, J. (2021). Kostasystem, a coastal videometry technology: Development and applications. 9th EuroGOOS IC.





Cambios en el oleaje de la Gran Barrera de Coral hasta el año 2100

Laura Cagigala, Fernando Méndeza, Beatriz Pérez-Díaza, Jared Ortiz-Anguloa

^aGeoOcean group, Departamento de Ciencias y Ténicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, la laura.cagigal (@unican.es; la fernando.mendez (@unican.es; la beatriz.perez (@unican.es iared.ortizangulo@unican.es

1. Introducción

Los arrecifes de coral son estructuras biológicas complejas que brindan servicios esenciales, como hábitats para organismos marinos, suministro de alimentos, espacio recreativo y protección costera. Estos arrecifes atenúan hasta un 97% de la energía de las olas, beneficiando a 197 millones de personas en todo el mundo. Sin embargo, el cambio climático está afectando su capacidad para proporcionar estos servicios.

Este estudio se enfoca en la Gran Barrera de Coral de Australia, la estructura viva más grande del mundo con más de 3000 arrecifes individuales. La Gran Barrera tiene un valor económico, social e icónico de \$56 mil millones. Además, atenúa la energía de las olas entrantes y suministra sedimentos para cientos de islas de arrecifes y aproximadamente 2700 km de costa continental de Queensland (Costa Este de Australia). La cobertura de coral ha oscilado en las últimas tres décadas en toda la GBR debido a diversos factores estresantes con efectos localizados en las diferentes regiones. En general, los ciclones tropicales, la depredación de coral y el blanqueamiento representaron el 48%, 42% y 10%, respectivamente, de la mortalidad de coral durante el periodo 1985-2012 (De'ath et al., 2012). Este trabajo se centra en el análisis del efecto del oleaje asociado a los ciclones tropicales, así como en el estudio de los cambios en los patrones climáticos de gran escala asociados a diferentes escenarios de emisiones que afectan a la Gran Barrera.

2. Metodología

2.1. Clima de Oleaje Regular

Para el análisis de los cambios asociados al clima regular de oleaje, se ha establecido la relación estadística con 36 patrones sinópticos desarrollados para la Gran Barrera y se ha llevado a cabo el estudio de cambios en dichos patrones para dos horizontes temporales (2040-2017 y 2070-2100) y 4 escenarios distintos de emisiones (ssp1, ssp2, ssp3, ssp5). Para ello, se han utilizado las proyecciones de modelos globales de presión atmosférica de CMIP6, y se ha obtenido el oleaje mediante técnicas de downscaling estadístico (Camus et al., 2016).

Con el fin de analizar el oleaje a alta resolución en tres zonas de estudio de la Gran Barrera (One Tree Island, Lizard Island y Low Isles), se ha recurrido al uso de BinWaves (Cagigal et al., en revisión), un método híbrido de downscaling que permite obtener el oleaje a mayor resolución de manera muy eficiente en base a una librería de casos pre-ejecutados.

2.2. Ciclones tropicales

Para el estudio de la afectación por ciclones tropicales, se han utilizado bases históricas de trazas de ciclones, así como trazas sintéticas para ampliar la posible casuística de distintos escenarios futuros en la Gran Barrera. Para obtener el oleaje asociado a cada traza, se han empleado dos métodos híbridos anidados. Por un lado, ShyTCWaves (van Vloten et al., en revisión) se ha utilizado para obtener el campo espacio-temporal del espectro direccional del oleaje en la zona de influencia del ciclón (Figura 1), y posteriormente se ha anidado BinWaves para realizar el downscaling a costa de dicho oleaje.

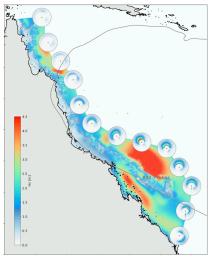


Fig. 1. ShyTCWaves TC modelling

3. Resultados

Con base en las metodologías anteriores, se han analizado de manera conjunta los dos climas de oleaje que afectan a la Gran Barrera mediante un ensemble de modelos seleccionados mediante una técnica de ranking de modelos globales. De esta manera, ha sido posible analizar los cambios para los diferentes horizontes y escenarios propuestos. El acoplamiento de estos resultados de forzamiento con modelos de evolución de la cobertura de coral permitirá determinar cuál es el efecto de dichos cambios en la protección de los corales en la costa de Australia.

Agrademientos

LC agradece la financiación de la beca Juan de la Cierva Formación FJC2021-046933-I/MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y de la Unión Europea "NextGenerationEU"/PRTR

Referencias

- Cagigal, L., Mendez F., Ricondo, A., Gutierrez-Barceló, D., Bosserelle, C., Hoeke, R., (Under Review) BinWaves: An additive hybrid method to downscale directional wave spectra to nearshore areas. Ocean Modelling
- Camus, P., Rueda, A., Méndez, F.J., Losada, I.J., 2016. An atmospheric-to-marine synoptic classification for statistical downscaling marine climate. Ocean Dynamics
- De'ath, G.; Fabricius, K.E.; Sweatman, H.; Puotinen, M. (2012). The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. PNAS, V.109, N.44, p.17995-17999.
- van Vloten, S.O, Cagigal, L., Pérez-Díaz, B., Rueda, A., Méndez, F., (Under Review). SHyTCWaves: a Stop-motion Hybrid TC-induced Waves metamodel. Ocean Modelling





Análisis hidráulico y diseño estructural frente a riesgos derivados del Cambio Climático para la protección del edificio multisusos del Puerto de Luarca, Asturias

Pablo Bengochea Mantecóna, Beatriz Rodríguez Fernándeza, Antonio Tomás Sampedro^a, Javier López Lara^a v Gabriel Barajas Ojeda^a

- ^a IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain bengochean@unican.es. beatriz.roriguez@unican.es. antonio.tomas@unican.es.
- pjav.lopez@unican.es pgabriel.barajas@unican.es

1. Introducción

El Museo del Calamar Gigante, localizado en las inmediaciones del Puerto de Luarca en el Principado de Asturias, ha experimentado diversos eventos de rebase del oleaje e impacto del flujo sobre su fachada, presumiblemente debido a su localización en el borde del "muelle nuevo" del Puerto de Luarca. Hasta que en el año 2014 un temporal especialmente violento provocó grandes daños en la fachada del edificio. Tras este evento, el Ayuntamiento decidió transformar el edifico y su utilización para reconvertirlo en un complejo de usos múltiples integrando una nueva fachada-rocódromo de 14 m de altura en uno de sus laterales, con la doble función de uso lúdico/deportivo y protección del edificio frente a los temporales.

La localización del edificio congrega una alta complejidad de procesos oceanográficos y circunstancias geométricas tales como: un perímetro cóncavo protegido por bloques de 44 t que fomenta la concentración del oleaje incidente, una batimetría somera, un paseo con un francobordo muy expuesto en coronación, amplias mareas vivas, una directa acción de los temporales invernales y la consecuente generación de marcados efectos tridimensionales de surfbeat.

Por ello, el objetivo principal de este trabajo es analizar la llegada e interacción del oleaje extremo o de temporales con el edificio, su comportamiento hidráulico general, la interacción con el entorno infraestructural y especialmente, la evaluación de las presiones y fuerzas que condicionarán el adecuado diseño de esta singular obra civil multipropósito.

El estudio aporta información sobre la altura mínima a la que se debe colocar la escalera metálica auxiliar para no verse afectada por el rebase, la altura mínima, fuerzas y momentos del rebase sobre el muro de hormigón inferior que dará apoyo al rocódromo, todo ello considerando los efectos del cambio climático.

2. Metodología

La singularidad y complejidad geométrica del futuro edificio, aunado a la alta tridimensionalidad de los procesos físicos de interacción del oleaje rebasando hacia la estructura comentados anteriormente, obliga a presentar una aproximación metodológica modular y multi-modelo, para poder hacer interactuar adecuadamente al oleaje de diseño seleccionado con cada proceso encadenado de principio a fin.

El método se ordenó en 3 fases de trabajo:

Selección de las condiciones de diseño. Definiendo el forzamiento de diseño en términos de oleaje (altura significante de ola, periodo de pico y dirección media del oleaje) y nivel del mar, considerando el aumento del nivel del mar, para un periodo de retorno y un escenario de cambio climático (RCP 8.5 intervalo de tiempo 2081-2100) específico a pie de dique.

Propagación del oleaje hacia el perímetro exterior del muelle. A través del acoplamiento de los modelos SWAN y SWASH para transferir adecuadamente las características tridimensionales del oleaje propagándose hacia el perímetro cóncavo, considerando la transformación completa de los frentes del oleaje y los efectos no lineales de rotura, transferencia de energía espectral hacia los subarmónicos y la liberación de las ondas infragravitatorias asociadas y en forma de surfbeat.

Modelado CFD de alta resolución. Con el fin de considerar los efectos tridimensionales del oleaje en rebase, flujo sobre la explanada e impactos sobre la estructura singular, se anidaron dos modelos numéricos CDF en un ámbito 2D y 3D (IH2VOF e IHFOAM respectivamente).

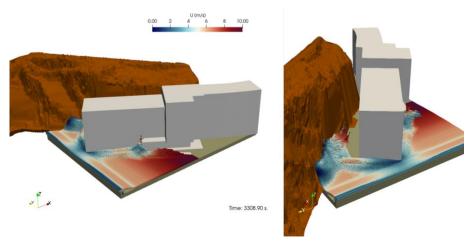


Fig. 1. Captura de la simulación con IHFOAM(3D) en el instante de tiempo 3308.9s



Influencia del cambio climático en el oleaje de diseño. Aplicación a proyectos de ingeniería costera

M. Velasco Carrau^a, J. M. Garrido Checa^a, M. Figueres Moreno^a, A. Pérez Bardal^a ^aIngeomar (IGM): martavelasco@ingeomar.es, jgarrido@ingeomar.es, mfigueres@ingeomar.es, aperez@ingeomar.es.

1. Introducción

En los últimos tiempos se viene observando un aumento en los temporales marítimos que ocasionan graves daños en las costas del litoral valenciano, como es el caso del temporal Gloria ocurrido en enero de 2020. Estos daños se ponen de manifiesto en la erosión de playas, dunas y acantilados, y en el deterioro o incluso fallo estructural de espigones, paseos marítimos, etc. Lo que lleva a cuestionarse cuál es la magnitud del cambio, desde cuándo se produce y qué implicaciones tiene en los parámetros de diseño de actuaciones de ingeniería costera, con el fin último de garantizar la fiabilidad de estas obras actuales y del futuro, aumentando su resiliencia. Para ello, se ha procedido al análisis de las tendencias experimentadas por diferetes parámetros estadísticos del oleaje a lo largo del tiempo en dos zonas de la costa valenciana, la playa de Les Deveses en Denia (Alicante) y la de La Torre en Almazora (Castellón), como parte de los estudios acometidos para su regeneración.

2. Metodología

Se escogen las series de datos de oleaje SIMAR de la Base de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado por su cobertura temporal, más de 60 años de registro con cadencia horaria (1958-2024). En el caso del litoral dianense, el estudio se centra en el análisis del nodo 2084107 en aguas profundas. De esta serie se extrae, mediante el método de máximos anuales, el subconjunto de eventos extremos cuyo comportamiento a lo largo del tiempo se pretende analizar y, subdividiendo la serie en distintos periodos temporales, se ajustan los valores de altura de ola a una función de distribución GEV. Así, a partir de los parámetros de ajuste obtenidos para cada cluster temporal se calculan: el periodo de retorno (T_R) y la probabilidad de fallo (p_f) de distintos temporales marítimos característicos, así como la altura de ola recomendada por la ROM 1.0-09 para el diseño de playas y dunas (T_R=68 años), y se estudia su evolución en el tiempo. Finalmente, se lleva a cabo una simulación de Montecarlo para determinar la idoneidad de aplicar los parámetros de ajuste GEV del total de la serie (1958-2020) a los últimos 20 años de datos de oleaje en que éstos se han intensificado. Por su parte, en Almazora, la serie del nodo 2094118, ha sido reconstruida en puntos objetivo costeros a través del anidamiento de los modelos de propagación SWAN y OLUCA siguiendo el método de "downscaling híbrido" de Camus et al, 2013. A partir de las series de oleaje en la costa se calcula la H_{s12} y su T_p asociado, cuya evolución se busca analizar por su implicación en el cálculo de la profundidad de cierre de la playa (h*).

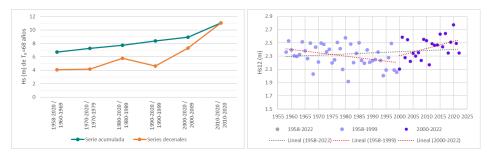


Fig. 1. Evolución temporal de la altura de la ola de TR = 68 años (izq.) y la Hs12 (dcha.) desde 1958

3. Resultados y conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que, efectivamente, en las últimas décadas los eventos extremos de oleaje han experimentado un cambio en su patrón de comportamiento, aumentando en frecuencia (< T_R) e intensidad (> H_s y p_f). Este hecho lleva a replantearse el actual enfoque del diseño de las obras marítimas, en lo referente a la selección del estado de mar de cálculo. Considerar todo el registro de datos desde 1958 hasta la actualidad para establecer la altura de ola de diseño lleva a infravalorar la magnitud de los oleajes en los últimos 20 años, que se ven contrarrestados por los estados de mar menos intensos anteriores al año 2000, y con ello a subestimar la altura de ola de cálculo (H_{s, TR=68}). Del lado de la seguridad, el diseño de cualquier actuación en la costa debería tener en cuenta este aumento en los oleajes, que en el caso de las playas, se traduce en playas más anchas, mayores cotas de coronación de dunas, espigones más largos, o piezas más pesadas del manto, para resistir el embate del oleaje y adaptarse así a estas nuevas condiciones del clima marítimo.

4. Agradecimientos

Los autores del estudio agradecen a los Servicios Povinciales de Costas en Alicante y Castellón por la adjudicación de los trabajos de "Evaluación de la erosión de dunas y diseño de nuevos cordones dunares en la costa de Denia (Alicante)" (2020) y "Proyecto constructivo para la estabilización de la playa de La Torre en Almazora (Castellón)" (2022-2023).

Referencias

CAMUS, P., MENDEZ, F., MEDINA, R., TOMAS, A., IZAGUIRRE, C. (2013). "High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas". *Coastal Engineering*. 72, 56-68.





Evaluación de riesgos y adaptación al Cambio Climático -Integración en proyectos costeros

Miriam García Oliva^a, José Manuel de la Peña Olivas^b

^aCentro de Estudio de Puertos y Costas, CEDEX, D, miriam.garcia@cedex.es; Centro de Estudio de Puertos v Costas, CEDEX, D. Jose, M. Pena@cedex.es.

1. Introducción

El objetivo de la comunicación es divulgar la metodología de la segunda parte de la 'Guía para la integración del Cambio Climático en estudios y proyectos costeros' realizada por el CEDEX en el marco de la "investigación aplicada, desarrollo Tecnológico e innovación en materias competencia de la Dirección General de la Costa y el Mar".

Dicho documento se encuentra alineado con la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española, que busca garantizar que las actuaciones planificadas en la costa cuenten con la información y la metodología necesaria para que su diseño sea acorde con los objetivos de reducción de riesgo.

2. Contenido - Metodología

Primero, se describe la Metodología de Evaluación del Riesgo seguida en el documento, extraída del Quinto Informe del IPCC, aportándose definiciones de los principales conceptos.

Se describen los tipos de proyectos considerados, con esquemas gráficos, así como los impactos debidos al Cambio Climático que pueden afectar a los elementos de cada clase de proyecto (ejemplo en Tabla 1).

A continuación, se incluye la Metodología de la Evaluación del Riesgo, subdividida en apartados (Peligrosidad; impactos; Exposición; Vulnerabilidad; y Riesgo). Para cada uno se recomiendan datos necesarios, criterios a seguir y herramientas de cálculo; entre otros.

Por último, se aborda la Metodología para definir el Plan de Adaptación, desarrollando sus pasos: definición de los objetivos de reducción del riesgo; identificación de medidas de adaptación (ejemplo en Figura 1); y desarrollo de los Planes de Monitorización, Evaluación y Mantenimiento.

3. Conclusiones

Entre las conclusiones del estudio se puede remarcar que:

- La descripción de los elementos y parámetros involucrados en cada tipo de obra permite analizar, cualitativamente, los niveles de los tipos de impactos.
- Se deben definir niveles de vulnerabilidad de las obras y los elementos que protegen a través de indicadores integrados de vulnerabilidad.
- Los niveles de riesgo permiten la priorización del diseño de medidas de adaptación.
- Las medidas indicadas en esta Guía deben coordinarse con medidas no estructurales, en el marco de la Gestión Integrada de Zonas Costeras.
- La Guía constituye un instrumento dinámico y adaptativo que se irá revisando y ajustando a futuros cambios.

IMPACTOS	OBRAS DE RIGIDIZACIÓN						
	Revestimientos	Muros y pantallas	Diques	Muelles	Espigones	Obras exentas	
Inundación	0	0	•			•	
Socavación			•	•	1	•	
Rebase					1	•	
Daños estructurales	•	•		•	•	•	
Pérdida de funcionalidad			•	•	1	•	

Tabla 1. Niveles de los distintos tipos de impactos sobre obras de rigidización de costas bajo; medio; alto; muy alto

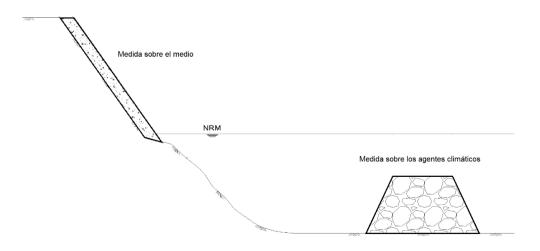


Fig. 1. Ejemplo de tipos de medidas para adaptación de un acantilado al cambio climático



Estudios de inundación de zonas costeras como consecuencia de la acción de temporales

José Manuel de la Peña Olivas a, José María Medina Villaverde b

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, jose.m.pena@cedex.es; ^bCentro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, jose.m.medina@cedex.es.

1. Introducción

En el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, se han ejecutado estudios de inundación de la costa, en apoyo a la Dirección de la Costa y del Mar. Estos trabajos se están ejecutando de continuo, tanto por entidades públicas como privadas, pero no siempre se aplican las herramientas adecuadas de la forma adecuada. Por otra parte, se han de gestionar diferentes incertidumbres, tanto en el tratamiento de los datos como en los procedimientos empleados.

En concreto, los últimos estudios realizados involucran el sur de la provincia de Alicante, en concreto, en las playas del Pinet y La Marina (T.M. de Elche y Santa Pola) y a ellos se refiere el presente resumen.

2. Trabajos realizados

Se ha analizado el clima marítimo, obteniendo los temporales más intensos registrados en la zona. En la Fig. 1 se muestra el máximo temporal registrado en las proximidades.

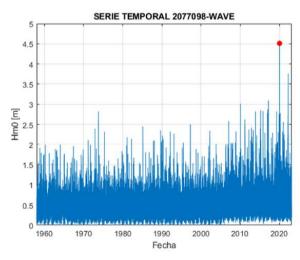


Fig. 1. Máximo temporal registrado. Fuente: CEDEX, 2023

Tras ello, se modelizó el tramo de costa, empleando la altura de ola máxima (no la significante, que da el registro), junto con el nivel del mar obtenido en los registros de los mareógrafos más cercanos (aunque ello en Alicante no es fácil, puesto que no se tienen registros muy próximos).

La ola máxima se ha obtenido a partir de las recomendaciones de Goda (Goda, 2010) para cálculo de diques verticales.

De cara al futuro se han realizado modelizaciones adicionales tomando en consideración la elevación del nivel del mar prevista por efecto del cambio climático.

El modelo empleado fue CMSWAVE, del Sistema de Modelado Costero del CIRP (US Army Corps of Engineers), empleando inundación, interacciones no lineales, rotura y run-up.

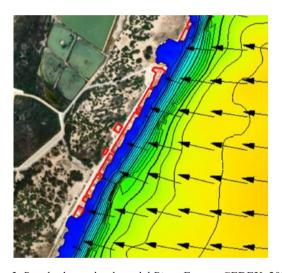


Fig. 2. Resultados en la playa del Pinet. Fuente: CEDEX, 2023

En la Fig. 2 se muestra uno de los resultados, en los que se obtiene la línea de orilla durante el temporal máximo registrado.

Trabajos citados

CEDEX. (2023). Estudio de las playas del Pinet y La Marina (T.M. de Elche y Santa Pola, Alicante). Madrid: Centro de Estudios de Puertos y Costas, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.

Goda, Y. (2010). Random Seas and Design of Maritime Structures. 3rd Edition. ISBN: 978-981-4282-39-0. Advanced Series on Ocean Engineering: Volume 33. World Scientific.





Barreras y oportunidades para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza v medidas de acomodación deconstrucción en la costa catalana

Míriam Villaresa, Elsa Giffardb, Montserrat Badiaby Elisabet Rocac

^aInstitut de Ciències i Tecnologies de la Sostenibilitat y Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, D ORCID:0000-0001-6910-931X, miriam.villares@upc.edu; ^bInstitut de Ciències i Tecnologies de la Sostenibilitat, <u>elsa.giffard@upc.edu</u>, montse.badia.puyol@upc.edu;

'Institut de Ciències i Tecnologies de la Sostenibilitat y Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, DORCID0000-0001-9432-0029, elisabet.roca@upc.edu.

1. Introducción

El objetivo de esta comunicación es divulgar los resultados de la investigación en el marco del proyecto "CoastSpace: A la búsqueda de espacio de acomodación para la adaptación de la zona costera a los riesgos presentes y futuros". Se realiza un análisis de las barreras y las oportunidades para implementar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y medidas de deconstrucción para la adaptación costera a los riesgos climáticos en el litoral. Se propone para la sesión 7.- Cambio climático y medidas de adaptación en puertos y costas.

Marco conceptual de la investigación

El marco conceptual del estudio es un análisis de percepción de los riesgos costeros y del cambio climático y de la aceptación social de medidas de deconstrucción de infraestructuras, paseos, carreteras, etc. y posterior renaturalización de los ecosistemas litorales, para hacer frente a estos riesgos. Existe la posibilidad de que se produzcan interacciones inesperadas entre el cambio del nivel del mar, los riesgos inducidos, las decisiones políticas y la aceptabilidad de las estrategias de deconstrucción. La frecuencia de las tormentas puede servir como catalizador para facilitar la aceptación de estas medidas. Por el contrario, la presencia de infraestructuras de protección y seguros contra desastres puede influir en la vulnerabilidad de las partes interesadas y alentarlas a permanecer en zonas de alto riesgo (Siders, 2019).

3. Ámbito del estudio

La costa catalana se extiende a lo largo de 650 km a través de 70 municipios. Este litoral concentra una alta densidad de asentamientos humanos: el 59% de la franja costera está Barreras y oportunidades para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza y medidas de acomodación y deconstrucción en la costa catalana

urbanizada en sus primeros 100 m. En consecuencia, el 45% de la población catalana reside en los 70 municipios que componen la costa catalana cuya densidad de población varía entre 10.000 y 17.000 habitantes/km² (García-Lozano, 2019)

4. Metodología

El presente estudio se basa en la combinación de 3 metodologías para identificar barreras y oportunidades y comprobarlas en un caso real:

- 1. Revisión del estado del arte para identificar las barreras y oportunidades.
- 2. Análisis de un caso de estudio de un conflicto socio-ambiental en Cubelles (Tarragona) para comprobar los resultados identificados en la literatura.
- 3. Entrevistas exploratorias a expertos (técnicos y responsables institucionales) sobre el caso de estudio para destacar recomendaciones sobre el conflicto analizado.

5. Algunos resultados

Los resultados presentan un modelo de aceptación social de las barreras técnicas, institucionales y psicológicas resaltando las oportunidades que desde la gobernanza facilitan la implementación de estas medidas. Este modelo demuestra que el litoral es un sistema socioambiental compleio que necesita esfuerzo, visión e intereses coordinados en la toma de decisiones, así como un fuerte liderazgo político para fomentar la confianza de la población afectada. La comunicación, sensibilización y pedagogía también aparecen como herramientas clave para promover soluciones basadas en la naturaleza y ayudar a eliminar las barreras para su implementación y permitir un cambio de paradigma desde estrategias protectoras hold-the-line hacia estrategias adaptativas de relocalización y renaturalización, aceptando, si se produce, la reducción del espacio litoral renovado.

Agradecimientos

Esta investigación forma parte de los resultados del proyecto CoastSpace del Plan Estatal de Recuperación, Transformación y Resiliencia TED2021-130001B-C21.

Referencias

GARCIA-LOZANO, C., (2019). Els sistemes dunars de la costa catalana. Evolució històrica, estat actual i potencial de restauració. Tesis doctoral. Girona: Universitat de Girona. https://www.researchgate.net/publication/338549423 Els sistemes dunars de la costa catalana Evolucio historica estat actual i potencial de restauracio> [Consulta: 10 de junio 2023]

SIDERS, A.R., (2019). Managed Retreat in the United States. One Earth. 1. 216-225. 10.1016/j.oneear.2019.09.008.





Análisis de la protección costera proporcionada por praderas de Posidonia oceánica en la costa de Mataró

Pablo Ruiz-Ceballos^a, María Maza^a, David Lucio^a y Javier L. Lara^a

a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, e-mail: ruizcp@unican.es

1. Introducción

En los últimos años y tras una serie de hitos como el Acuerdo de París o el Fondo Verde para el Clima se han buscado soluciones que den lugar a una gestión más sostenible y resiliente de la costa, las llamadas soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Entre ellas, las soluciones basadas en ecosistemas costeros ponen en valor la protección costera proporcionada por estos ecosistemas. Entre ellos, en el Mar Mediterráneo encontramos grandes extensiones de praderas marinas, como la Posidonia oceanica de gran valor ecológico. La atenuación de la energía ante eventos extremos que proporcionan estas praderas está directamente relacionada con la extensión de esta. Es por ello, que hay escenarios donde esta alternativa ecológica no llega a proporcionar el nivel de protección costera requerido, siendo necesario el uso de estructuras convencionales adicionales, dando lugar a soluciones híbridas (SH), aquellas que combinan SbN con soluciones convencionales. Por todo ello, el objetivo principal de este trabajo es analizar el efecto de la Posidonia oceanica asociado a los impactos costeros en una zona de Mataró, bajo diferentes escenarios de clima presente y futuro para poder así estimar su servicio de protección e identificar aquellas zonas en las que es necesaria la implementación de SH para dar lugar al nivel de protección deseado.

2. Metodología

La metodología llevada a cabo para alcanzar el objetivo principal es la siguiente. En primer lugar, se realiza un estudio de clima marítimo en el que se obtiene las variables de oleaje, y nivel del mar de forma simultánea en la zona de estudio a partir de métodos estadísticos dentro de un marco multi-modelo y multi-escenario (Lucio et al., under review). Así mismo, se realiza la caracterización de la pradera a partir de su distribución (Marta Manzanera i MºJosé Cardell, 2002) y de sus parámetros físicos (Infantes et al., 2012). Una vez caracterizado el clima marítimo y las propiedades de la pradera se lleva a cabo el modelado numérico del efecto de la pradera en la hidrodinámica. Para ello, se realiza una selección de estados de mar con la metodología de downscaling híbrido (Camus et al., 2011a), los cuales se propagan hasta la costa mediante el modelo numérico SWAN anidado junto con un modelo de interacción oleaje-estructura IH-2VOF. Todos los estados de mar seleccionados se Análisis de la protección costera proporcionada por praderas de Posidonia oceánica en la costa de Mataró

propagan bajo dos escenarios: uno en el que existe la pradera y otro en el que se elimina la presencia de vegetación para así poder cuantificar la cantidad de energía proporcionada por la misma a través de la comparativa de ambos casos.

3. Resultados

En la presentación se mostrarán resultados de propagación de los estados de mar seleccionados con y sin vegetación (como se muestra en el ejemplo de la Figura 1) y resultados de run-up y rebase en tres secciones seleccionadas de acuerdo con su exposición y tipología: puerto deportivo, playa del Callao y escollera de protección de la línea ferroviaria, teniendo en cuenta la influencia de la Posidonia oceanica presente en la zona.

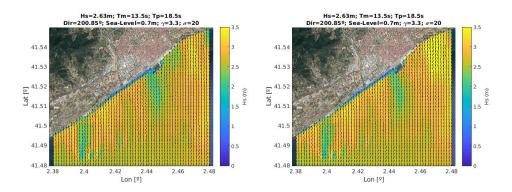


Fig. 1. Mapa de altura de ola significante en la zona de estudio para un estado de mar con Hs = 2,63 m yTm = 13,5 s para el caso con vegetación (panel izquierdo) y el caso sin vegetación (panel derecho)

Agradecimientos

Este estudio es parte del proyecto de I+D+i TED2021-130804B-I00 financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y por la "Unión Europea NextGenerationEU/PRTR". Este estudio es parte del proyecto de I+D+i PDC2022-133579-I00 financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y por la "Unión Europea NextGenerationEU/PRTR".

Referencias

Camus, P., Mendez, F. J. & Medina, R. 2011. A hybrid efficient method to downscale wave climate to coastal areas. Coastal Engineering, 58(9), 851-862.

Infantes, E., Orfila, A., Simarro, G., Terrados, J., Luhar, M., Nepf, H., 2012. Effect of a seagrass (Posidonia oceanica) meadow on wave propagation. Marine Ecology Progress Series 456, 63–72.

Lucio, D., Lara, J.L., Tomás, A., Losada, I.J., Projecting compound wave and sea-level events at a coastal structure site under climate change. Coastal Engineering (under review).

Manzanera, Marta; Cardell Corral, María José, 2002. Cartografia de Posidònia oceànica davant les costes de Mataró. Atzavara, L', Vol. 10, p. 11-22.





Análisis de soluciones híbridas para la protección costera combinando modelado físico y modelado numérico CFD

Mariana Roldána, María Mazaa, Javier L. Laraa y Gabriel Barajasa

^aIHCantabria – Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, roldanm@unican.es; mazame@unican.es; lopezjav@unican.es; barajasg@unican.es;

1. Introducción

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) han surgido como una alternativa a las opciones de ingeniería convencionales, pues pueden mitigar los problemas de inundaciones y erosión en la costa, al tiempo que ofrecen varios beneficios adicionales (Sutton-Grier et al., 2015). Sin embargo, las SbN pueden no ser efectivas por sí solas en áreas donde hay espacio insuficiente disponible para su desarrollo o en áreas de alto riesgo. En tales casos, combinar la ingeniería convencional con SbN para obtener una Solución Híbrida (SH) puede representar un enfoque óptimo (Vuik et al., 2016). Sin embargo, debido al número limitado de casos reales implementados, su naturaleza relativamente novedosa y las lagunas existentes en el conocimiento sobre su comportamiento hidrodinámico, hay una necesidad apremiante de estudiar las SH en mayor detalle. Con este fin, en este estudio se lleva a cabo una campaña experimental con una SH, complementada con modelado numérico CFD en OpenFOAM.

2. Configuración experimental

El Tanque de Oleaje Direccional de la Universidad de Cantabria, cuyas dimensiones son 28 m x 8.6 m x 1.2 m se divide en dos canales de 4.6 m de ancho. En el canal izquierdo se utilizan réplicas (mimics) de raíces de manglar con cilindros de madera de 3 cm de diámetro y una densidad de 12 mimics/m². En el canal derecho se utilizan réplicas de vegetación de marisma hechas con cilindros de poliamida de 6 mm de diámetro, con una densidad de 300 mimics/m². Ambas coberturas de vegetación tienen una altura de 0.50 m y una longitud de 12 m. La estructura rígida está representada por una rampa plana lisa con un punto de pivote en su base que le permite adoptar tres pendientes: 1:5, 1:3 y 1:2. Se prueban condiciones de oleaje aleatorio con valores de H_s que van desde 0.042 hasta 0.212 m, T_p de 1.8 a 4.2 s y tres profundidades de agua: 0.30 m, 0.50 m y 0.70 m. Todas las condiciones de oleaje se prueban con y sin imitaciones de vegetación. Ver Figura 1 izquierda.

3. Metodología

Este estudio se centra en el análisis de la evolución de la altura de las olas y el run-up para cuantificar el servicio de protección ofrecido por una SH. Las formulaciones más comunes para estimar el run-up dependen de la altura de la ola incidente en la base de la estructura. Esta variable no puede medirse directamente en el laboratorio, ni calcularse en presencia de vegetación con los métodos existentes para analizar la energía incidente y reflejada del oleaje. Por lo tanto, se sigue una metodología híbrida que involucra datos de laboratorio y modelado numérico CFD. De esta manera, los datos experimentales se utilizan para calibrar y validar un

modelo CFD 2D (OpenFOAM), donde se reproduce la solución híbrida y del cual se puede obtener la altura de ola incidente a pie de estructura. Teniendo esta variable, se puede estimar el run-up con las formulaciones existentes para evaluar si los hallazgos son congruentes con el run-up medido en el laboratorio. La Figura 1derecha muestra un ejemplo de simulaciones de CFD realizadas.



Fig. 1. Izquierda: montaje experimental en el laboratorio. Derecha: ejemplo de simulaciones numéricas de CFD. Fuente: elaboración propia

4. Resultados

Las alturas de ola a pie de estructura obtenidas siguiendo la metodología descrita se utilizan para estimar el run-up con formulaciones existentes. Se aplica la fórmula de Ahrens (1981) para estimar el run-up y este valor se compara con el valor registrado en el laboratorio. Mientras que el run-up medido concuerda con el valor estimado aplicando Ahrens (1981) para casos de referencia (casos sin vegetación), se observan diferencias significativas para aquellos con vegetación, especialmente para casos donde la vegetación emerge. Estas discrepancias resaltan la importancia de comprender mejor los procesos físicos presentes en la solución combinada y la necesidad de revisar el enfoque utilizado para analizar el run-up en SH.

Agradecimientos

Los autores expresan su sincero agradecimiento al Ministerio de Ciencia e Innovación de España por la financiación proporcionada a través de la beca RTI2018-097014-B-100 de Proyectos de I+D +i Retos investigación 2018, financiada por MCIN/AEI/10.13039/5011100011033 y por el "Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER): Una manera de hacer Europa".

Referencias

MORRIS R.L., T.M. KONLECHNER, M. GHISALBERTI, S.E. SWEARER (2017). "From grey to green: Efficacy of ecoengineering solutions for nature-based coastal defence" en Global Change Biology, 24, 1827-1842.

SUTTON-GRIER, A. E., WOWK, K. & BAMFORD, H (2015). "Future of our coasts: The potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems" en Environ. Sci. Policy, 51, 137-148.

VUIK, JONKMAN, BORSJE, SUSUKI (2016). "The efficiency of vegetated foreshores for reducing wave loads on coastal dikes" en Coastal Engineering, 116, 42-56.





Avances en la modelización e implementación de soluciones basadas en la naturaleza como medidas de protección costera

Maria Maza^a, Fernando López-Arias^a, Mariana Roldán^a, Pablo Ruiz-Ceballos^a, Isabel Gallego^a, Manuel Torres^a, Javier L. Lara^a e Iñigo J. Losada^a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain,

. mazame@unican.es

1. Introducción

El cambio climático ya ha afectado significativamente a los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y en los océanos, con consecuencias sobre los sectores económicos, productivos y sociales (IPCC, AR6). Además, se prevé que 2.500 millones de personas más vivirán en zonas urbanas en 2050 (United Nations, WUP, 2019), concentrándose principalmente en zonas costeras, con el consiguiente aumento de la exposición y vulnerabilidad y, por lo tanto, la necesidad de gestionar esos riesgos adoptando medidas de adaptación. Al mismo tiempo, alrededor de dos tercios de bosques y humedales se han perdido o degradado desde inicios del siglo XX (FAO y PNUMA, 2020) y uno de los mayores riesgos a los que nos enfrentaremos en los próximos años es la gran pérdida de biodiversidad (World Economic Forum, Global Risks Report 2023). Por todo ello, es urgente adoptar medidas de adaptación que sean resilientes y sostenibles. Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) pueden desempeñar un papel importante en la protección costera frente a los riesgos climáticos, representando, a su vez, medidas sostenibles. Sin embargo, para poder considerar firmemente las SbN como medidas de protección costera, es necesario disponer de herramientas que permitan estimar dicho servicio de forma eficiente y fiable.

Entre las SbN, aquellas basadas en ecosistemas costeros dan lugar a zonas de atenuación de la energía del flujo, protegiendo la costa. El servicio de protección asociado, genera importantes beneficios, dando lugar a alternativas más sostenibles, rentables y respetuosas con el medio ambiente que soluciones convencionales (van Zelst et al., 2021). Por ello, este estudio presenta una revisión de los últimos avances en la modelización de SbN presentando sus posibles aplicaciones y su relevancia en la implementación de SbN.

2. Avances en el modelado

La modelización de la atenuación de energía producida por ecosistemas costeros se ha realizado en función de una fuerza adicional de fricción o una fuerza de arrastre (p.e.: Suzuki et al., 2012). Por ello, estos modelos depende de la correcta definición de un coeficiente de fricción o arrastre, los cuales deben ser calibrados para cada caso de estudio. Para superar esta limitación y dar lugar a modelos predictivos, Maza et al. (2019) presenta una nueva formulación, válida para ecosistemas que pueden considerarse rígidos bajo la acción del flujo (como los manglares), que permite calcular la atenuación de energía del oleaje producida por el ecosistema en función de su volumen sólido sumergido. Posteriormente, Maza et al. (2022) presenta una relación directa entre la capacidad de atenuación de energía del oleaje producida por un ecosistema vegetado flexible y su biomasa aérea. Estas formulaciones no dependen de ningún coeficiente de calibración. Todo ello, representa un cambio de paradigma en la estimación de la atenuación de la energía del oleaje atribuida a ecosistemas costeros vegetados. En este estudio, estas nuevas formulaciones se implementan en modelos ampliamente utilizados (SWAN y Delft3D) para dar lugar a herramientas predictivas. Además, se presentan ejemplos de aplicación realizados para evaluar el servicio de protección proporcionado por diferentes tipologías de SbN y así evaluar sus beneficios.

3. Conclusiones

Las nuevas herramientas desarrolladas, suponen un cambio en la modelización de la protección costera proporcionado por SbN y resultan un avance significativo para poder llevar a cabo el diseño, evaluación e implementación de SbN como medidas de protección costera y adaptación al cambio climático.

Agradecimientos

Este estudio es parte del proyecto de I+D+i TED2021-130804B-I00 financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y por la "Unión Europea NextGenerationEU/PRTR". Este estudio es parte del proyecto de I+D+i PDC2022-133579-I00 financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y por la "Unión Europea NextGenerationEU/PRTR". Este estudio forma parte del programa ThikinAzul financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con fondos de la Unión Europea NextGeneration EU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Referencias

- Maza, M., Lara, J. L. & Losada, I. J. (2019) Experimental analysis of wave attenuation and drag forces in a realistic fringe Rhizophora mangrove forest. Adv. Water Resour. 131, 103376.
- Maza, M., Lara, J. L. & Losada, I. J. (2022) A pardigm shift in the quantification of wave energy attenuation due to saltmarshes based on their standing biomass. Scientific Reports, 12:13883.
- Suzuki, T., Zijlema, M., Burger, B., Meijer, M.C. & Narayan, S. (2012) Wave dissipation by vegetation with layer schematization in SWAN. Coast. Eng. 59(1), 64-71.
- van Zelst, V.T.M. et al. (2021) Cutting the costs of coastal protection by integrating vegetation in flood defences. Nat.Commun.12, 6533.





Los ecosistemas marinos y costeros en el futuro Reglamento de la Unión Europea sobre restauración de la naturaleza

Francisco Javier Sanz Larruga^a

^a Observatorio del Litoral, Universitadade da Coruña, https://orcid.org/0000-0003-1045-5888, javier.sanz.larruga@udc.es

Resumen

Como desarrollo del "Pacto Verde Europeo" (2019) la Comisión Europea ha adoptado -el 20 de mayo de 2020- una Estrategia de la Unión Europea sobre Bidiversidad de aquí a 2030, una de piedras angulares es la "restauración ecológica". Siguiendo las directrices de la Resolución de 1 de marzo de 2019 de la Asamblea General de Naciones Unidas por la que se proclamó el periodo 2021-2030 "Decenio de Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas", se trata de apoyar y ampliar en todo el mundo los esfuerzos encaminados a prevenir, detener e invertir la degradación de los ecosistemas en todo el Planeta y concienciar sobre la importancia de su restauración. También a nivel internacional son muy relevantes las conclusiones y el acuerdo logrado en la COP-15 de la Conferencia de Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, celebrada en Montreal (Canadá) en diciembre de 2022, abogando por orientar las acciones mundiales a favor de la naturaleza hasta 2030 y, en particular, para restarurar de manera efectiva el 30% de los ecosistemas terrestres, costeros, marinos y de las aguas continentales.

En el "plan de recuperación de la Naturaleza" previsto en la referida Estretaegia Europea sobre Biodiversidad, prevé entre sus objetivos la "recuperación del buen estado medioambiental de los ecosistemas marinos" (apartado 2.2.6) dado que ello puede aportar "grandes beneficios sanitarios, sociales, económicos para las comunidades costeras y la UE en su conjunto". Para tal fin se proponen una serie de actuaciones relativas a la aplicación de la política pesquera, a la Directiva marco sobre Estrategia Marina y a las Directivas de Aves y Hábitats. En todo caso, se trata de conseguir hasta el 2030 que se recuperen grandes superificies de ecosistemas degradados y ricos en carbono, que no se produzca ningún deterioro en las tendencias y estado de conservación de los hábitas y especies y que, al menos, el 30% de ellos alcance un estado de conservación favorables o al menos muestre una tendencia positiva. Todo lo anterior implica reforzar la aplicación y el cumplimiento de la legislación ambiental de la Unión Europea.

En esta dirección la Comisión Europea presentó, en junio de 2022, la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre restauración de la naturaleza, que viene a establecer obligaciones jurídicas para el logro de los citados objetivos de

restauración ecológica. Los escasos resultados de las anteriores estrategias de la UE para detener la pérdida de biodiversidad y el incumplimiento del objetivo voluntario de restaurar al menos el 15% de los ecosistemas degradados en 2020 (en consonancia con la meta 15 Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica), ha llevado a la Comisión a proponer el establecimiento de objetivos jurídicamente vinculantes (a instancias del Consejo Europeo de diciembre de 2019 y del Parlamento Europeo de enero de 2020). El objetivo general que contemopla esta importante propuesta normativa es la de "contribuir a la recuperación continua sostenida y a largo plazo de una naturaleza rica en biodiversiudad y resiliente en todas las zonas terrestres y marítimas de la UE mediante la restauración de los ecosistemas, así como la consecuención de los objetivos de la Unión en materia de mitigación del cambio climático". Y, para ello, la propuesta establece una serie de medidas que "deberían abarcar al menos el 20% de las zonas terrestres y marítimas de la UE de aquí a al 2030 y todos los ecosistemas que necesiten restauración de aquí a 2050".

Además de precisar el concepto y alcance de la "restauración" (contenido en el art. 3,3 de la propuesta), interesa analizar en esta comunicación los concretos objetivos y obligaciones de restauración de los ecosistemas costeros y marinos en la propuesta (en particular, su artículo 5), así como los instrumentos que será preciso desplegar para lograr dichos objetivos (los "planes nacionales de recuperación" previstos en el art. 11 y siguientes de la propuesta).

Con vistas a la futura aplicación del Reglamento de Restauración interesa estudiar los instrumentos ya existentes en el ordenamiento español (Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas, Estregias Marinas, Planes de Ordenación de los espacios marítimos, etc.) y las posibles reformas e innovaciones jurídicas que sea preciso introducir.

Referencias bibliográficas preliminares

GARCIA URETA. A. y SORO MATEO, B.: Restauración y compensación ecológica: la perspectiva jurídica, Iustel, Madrid, 2023

MATARÓ VILLACAMPA, I.: "La propuesta de Reglamento Europeo sobre restauración de la naturaleza: nuevas obligaciones en tiempo de descuento", Blog de Terraqui, 27 de julio de 2022

RANDO BURGOS, E.: "Algunas notas jurídicas sobre la infraestructura verde a la luz de la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas", Actualidad Jurídica Ambiental, nº 112 (2021)

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION: Declaration on the European Commissión proposal for a regulation on nature restoration, Alicante, 9 de septiembre de 2022





Puerto de Vigo, "Living Ports": resultados de infraestructuras diseñadas para fomentar la biodiversidad marina

Gerardo Gonzáleza, Francisco Barreiroa, Arturo Núñeza, Elisa Romeroa, Carlos Botana^a, Fernando Colom^b, Jaime Orduña^b, Àlvar Trabazos^b, Phil Leblanc^b, Jorge Gutiérrez^b

^aAutoridad Portuaria Vigo, ggonzalez@apvigo.es, franciscobarreiro@apvigo.es, arturonunez@apvigo.es. elisaromero@apvigoe.es. cbotana@apvigo.es ^bECOncrete fernando@econcretetech.com, jaime@econcretetech.com, alvar@econcretetech.com, phil@econcretetech.com, jorge@econcretetech.com

1. Introducción

Los puertos están a la vanguardia de los retos medioambientales asociados al cambio climático y el desarrollo costero. Para adaptarse, los puertos buscan soluciones innovadoras que permitan construir infraestructuras resilientes que sean positivas para la naturaleza y la biodiversidad marina. Entre ellos figura de manera destacada en España la experiencia del Puerto de Vigo con el proyecto de Living Ports. Este proyecto, financiado por la Comisión Europea, ofrece ejemplos de infraestructuras diseñadas para abordar no sólo los requisitos estructurales de la protección costera y las estructuras portuarias, sino también la necesidad de promover los hábitats marinos autóctonos, aumentar la biodiversidad y restaurar los ecosistemas marinos locales. Los primeros datos de seguimiento revelan la existencia de ecosistemas prósperos en estas infraestructuras en comparación con las infraestructuras tradicionales.

2. Puerto de Vigo: infraestructuras portuarias inclusivas de la naturaleza

En 2021, se puso en marcha el proyecto Living Ports en el Puerto de Vigo con el objetivo de demostrar el rendimiento de la aplicación de principios ecológicos y materiales innovadores a las infraestructuras portuarias. Liderado por un consorcio interdisciplinar de 4 socios: Puerto de Vigo, ECOncrete®, DTU (Universidad Técnica de Dinamarca) y el astillero Cardama, el proyecto es un despliegue a gran escala de infraestructuras portuarias inclusivas de la naturaleza. El proyecto se localiza en dos áreas: 1.la dársena de Portocultura, incluye la instalación de 330m² de paneles ECOncrete en el muelle con dos diseños diferentes y 90m² de paneles de control con hormigón estándar. En esta dársena, también se ha instalado un observatorio submarino anclado al muelle que ofrece al público un espacio de observación de la vida marina donde descubrir las comunidades de especies que habitan en el puerto tanto en los paneles instalados como en su entorno. Desde su inauguración en marzo de 2023, el espacio ha sido visitado por más de 35,000 personas. 2: la protección costera de Bouzas,

incluye la instalación de 100 piezas Coastalock™ (CL) de 3.4t cada una colocadas en manto monocapa en sustitución de una sección del manto de doble capa de escollera existente con talud 3H:2V. Los CL son bloques de manto monocapa diseñados con principios ecológicos que proporcionan estabilización y crean hábitats naturales como las piscinas de marea, ausentes en la mavoría de las costas urbanas.

Ambas actuaciones se ejecutaron a principios de 2023 y, desde entonces, DTU y ECOncrete están llevando a cabo una monitorización biológica y estructural cuyo objetivo es evaluar la influencia de la tecnología de hormigón biopotenciador de ECOncrete tanto en las propiedades mecánicas y estructurales, como en la contribución biológica y ecológica a la infraestructura portuaria. La fabricación y colocación de las piezas se realizó mediante procesos y medios convencionales. Los resultados de los ensayos de control del hormigón biopotenciador mostraron resistencias a compresión a 28d superiores a los de un hormigón estándar (control). Los resultados biológicos de 3 y 6 Meses Tras la Instalación (3 y 6 MTI revelaron que la estructura de la comunidad marina muestra tendencias crecientes de riqueza de especies a lo largo de los eventos de seguimiento en comparación con las zonas de control y el muelle advacente en cada una de las localizaciones. A los 6 MTI, mostró niveles crecientes de reclutamiento y asentamiento de especies sésiles y móviles, incluyendo el uso de los diversos hábitats proporcionados (Fig.1). El desarrollo de la comunidad biológica en las infraestructuras al cabo de 6 meses coincidía con las primeras fases de sucesión en un entorno sano y diverso (Degraer et al., 2020, Kerckhof et al., 2009; 2012). El crecimiento biológico observado en las infraestructuras azules consistió en una variedad de organismos secretores de carbonato cálcico, conocidos como especies formadoras de hábitat, como ostras, percebes y gusanos tubulares, lo que aumentó aún más la diversidad del hábitat (Bone et al., 2022, Hayek et al., 2022).

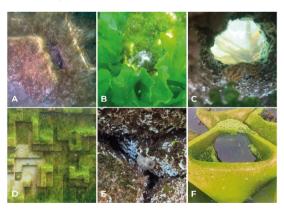


Fig. 1. Desarrollo biológico en las infraestructuras azules sobre paneles de muelle (A) y (D) y sobre protección costera Coastalock (B), (c), (E) y (F). Fuente: DTU y ECOncrete

Puerto de Vigo "Living Ports" demuestra que las infraestructuras portuarias también pueden ofrecer oportunidades de mejora ecológica para promover y restaurar la biodiversidad manteniendo su rendimiento estructural y estabilidad hidráulica.





Living Breakwaters (Nueva York): diques diseñados para fomentar la biodiversidad marina y proteger la costa

Fernando Colom Jovera, Jorge Gutiérrez Martíneza, Jaime Orduña Mozoa

^aECOncrete , fernando@econcretetech.com; jorge@econcretetech.com; jaime@econcretetech.com

1. Introducción

En respuesta a la devastación causada por el huracán Sandy de 2012 en el noreste de los Estados Unidos, el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de los Estados Unidos (HUD) creó la competición "Rebuild by Design" para fomentar la planificación proactiva de la resiliencia y la adaptación al cambio climático. Entre los ganadores se encontró el proyecto Living Breakwaters de Tottenville (Staten Island, Nueva York), liderado por SCAPE Landscape Architects, el cual consiste en un sistema de ocho diques rompeolas exentos diseñados con escollera y piezas ECOncrete para atenuar el oleaje, reducir la erosión costera y fortalecer los ecosistemas mediante la creación de hábitats marinos.

2. Diseño y construcción

El proyecto, actualmente en construcción, consiste principalmente en el diseño y construcción de unos 730 metros lineales de diques de escollera de baja cota de coronación, situados entre unos 250 y 550 metros de la costa de Tottenville (Staten Island, Nueva York) y a profundidades de entre 0,5 y 3 metros por debajo del nivel medio del agua. Además de la sección principal de cada rompeolas, estos se han diseñado con "crestas de arrecifes" (protuberancias rocosas en los lados orientados al océano de los rompeolas) y "calles de arrecifes" (espacios estrechos entre dichas crestas), creando modificaciones localizadas en el comportamiento de las olas.

La mejora de la biodiversidad del hábitat se consigue gracias a la integración de principios ecológicos y la inclusión de elementos de hormigón biopotenciador tipo ECOncrete, que estratégicamente repartidos por toda la estructura y gracias a sus propiedades ecológicas facilitan el reclutamiento y desarrollo de diversas especies locales de flora y fauna. Las estructuras incluyen 600 unidades tipo Armor Block, con forma cúbica y complejidad superficial, con la capacidad de instalar discos y larvas de ostras una vez finalizada la construcción. Se incluyen también 800 unidades tipo Tide Pool, cuya cavidad permite imitar el fenómeno de retención de agua de las piscinas rocosas naturales, proporcionando hábitats adicionales en la zona intermareal del rompeolas, mejorando el rendimiento ecológico (Tschirky, 2018). Gracias al diseño de integración de principios ecológicos los costes de mitigación del proyecto se redujeron en 18 millones de dólares.

El diseño incluyó varias fases de modelización, desde evaluaciones conceptuales hasta simulaciones detalladas de oleajes y transporte de sedimentos mediante modelización numérica y modelos CFD. También se realizaron ensayos en modelo físico (2D y 3D) en el National Research Council de Canadá (NRC) para evaluar la estabilidad hidráulica del diseño y la atenuación de las olas bajo diversas condiciones de oleaje (Baker, 2018).

El proyecto se encuentra en su fase constructiva desde mediados de 2021, liderada por el contratista Weeks Marine, quien se encarga también de la producción e instalación de las piezas de hormigón ECOncrete. Dichas piezas se han fabricado con un hormigón de clase 6000 psi (C40/50) y un cemento portland con adiciones (232 kg/m³ de clinker y 386 kg/m³ de GGBS), incluyendo en la mezcla el aditivo biopotenciador en un 10% del contenido de cemento en peso. Ya completada la fabricación de las 1400 unidades, los resultados de compresión a 28 días han dado resistencias por encima de la resistencia característica especificada. La construcción de los diques se está ejecutando con medios marítimos y anfibios. A finales de 2023, cinco de los ocho diques ya han sido completados, con previsión de finalizar las obras a finales de 2024.

El proyecto, galardonado con el premio Obel en 2023 presenta un ejemplo de diseño holístico que integra principios ecológicos y sociales manteniendo la estabilidad hidráulica.

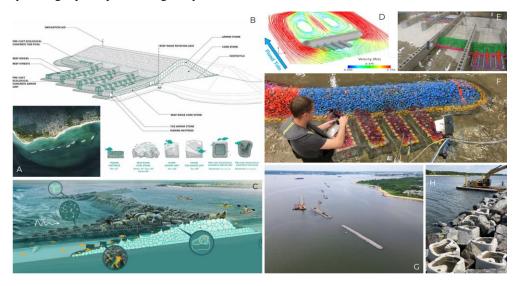


Fig. 1. A a C: diseño estructural y ecológico; D a F: CFD y ensayos en modelo físico; G y H: diques en construcción. Fuente: A a C, SCAPE; D, (Tschirky, 2018); E, (Baker, 2018); F-H, SCAPE

Referencias

Debido a la limitación de espacio del resumen, no se incluyen las referencias citadas, las cuales sí serían incluidas en el artículo extendido.





Diseño de estructuras flotantes antirreflejantes de ecohormigón

G. Argente Garrido^a, J.M. Garrido Checa^a, M. Figueres Moreno^a, M. Velasco Carrau^a, C. Suesta Falcób, J.J. Paya Bernabeuc, M. Roig Floresd y J. Tena Medialdeae

gargente@ingeomar.es, jgarrido@ingeomar.es, (IGM): mfigueres@ingeomar.es. cICITECH-UPV: martavelasco@ingeomar.es. bRover 1 Maritime: csuesta@rovergrupo.com. jjpaya@cst.upv.es. dUJI: roigma@uji.es eIMEDMAR-UCV: josetena@ucv.es.

1. Introducción

La tendencia actual creciente ligada al tráfico marítimo turístico y comercial conlleva a la creación de nuevas infraestructuras marítimo-portuarias, aumentando, el consumo de hormigón. Tradicionalmente, el uso de hormigón convencional en puertos comerciales y deportivos provoca el reemplazo y la invasión de hábitats naturales con poco o ningún valor ambiental. En este contexto, toda nueva infraestructura debe abordarse, además, desde una perspectiva medioambiental y sostenible para su mejor integración en el hábitat marino.

Por este motivo, varias empresas y centro de investigación, entre ellos IGM, llevan a cabo el proyecto de I+D+i LIVINGREEFS con el objetivo de desarrollar un ecohormigón u hormigón sostenible basado en el empleo de subproductos agrícolas o industriales y de materiales naturales con necesidad de gestión. Además, se estudia su aplicación en el diseño de obras marítimas para crear zonas abrigadas que podrían destinarse a instalaciones de acuicultura mediante cajones flotantes medioambientalmente sostenibles.

2. Desarrollo de prototipos de ecohormigón

Se estudia la viabilidad de ecohormigones empleando subproductos como la paja de arroz y ceniza del volcán Cumbre Vieja de La Palma. También se analiza el hormigón enriquecido con nutrientes y bacterias funcionales para mejorar el proceso de colonización de especies de flora y fauna marina sobre su superficie.

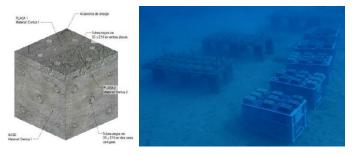


Fig. 1. Esquema 3D de prototipo (izq.) y ubicación en fondo del mar (der.). Fuente: LivingReefs

Se valida mediante la colocación de muestras en un entorno marino real, en Calpe (probetas) y en Puerto de Sagunto (prototipos), monitorizando la colonización de especies. Posteriormente, se realiza un análisis y caracterización mecánica del hormigón recuperado.

3. Aplicación al diseño de estructuras flotantes antirreflejantes

Las instalaciones de acuicultura, en concreto bateas para la cría de clotxina o mejillones, suelen ubicarse en el interior de zonas abrigadas, ocupando espacio portuario como en el caso del Puerto de Valencia. Con el objetivo de buscar emplazamientos alternativos, se han estudiado las condiciones de agitación que garantizan la supervivencia de estos cultivos en zonas exteriores mediante la ejecución de estructuras de protección. Para ello, se desarrolla un nuevo diseño de cajón flotante de celdas cuadradas, divididas en dos zonas para permitir la flotabilidad de la estructura, con un circuito de celdas comunicadas en su parte superior. Este nuevo concepto de infraestructura marítima sostenible se basa en una matriz de hormigón con una huella de carbono reducida que, además, actuará activamente en la promoción del crecimiento de la flora y fauna marina gracias a un diseño y acabado innovador con paredes ranuradas que permitan atraer todo tipo de especies, fijando vida marina en su interior. El acabado rugoso del hormigón lo asemeja a un medio rocoso natural, pasando de ser un elemento inhóspito a ser parte activa del medio marino. Al mismo tiempo, el diseño de celdas perforadas actúa como pared antirreflejante, reduciendo la reflexión del oleaje y mejorando así las condiciones de agitación en el entorno del cajón.

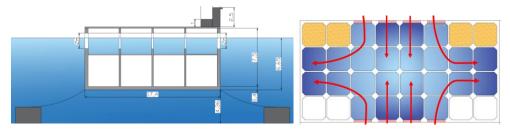


Fig. 2. Diseño de prototipo de cajón flotante con celdas comunicadas. Fuente: LivingReefs

Agradecimientos

El proyecto de I+D+i ha sido objeto de concesión de ayuda por parte de la Agència Valenciana de la Innovació (AVI). Los autores agradecen la colaboración de: ICITECH-UPV, IMEDMAR-UCV, UNIVERSITAT JAUME I y ROVER MARITIME.

Referencias

PUERTOS DEL ESTADO (2006) Manual para el diseño y la ejecución de cajones flotantes de hormigón armado par obras portuarias





Uso del modelo numérico SPH para el estudio del rebase, aplicado al Paseo de la Segunda Playa del Sardinero

Melva Martín-Hidalgo a, José Francisco Sánchez-González b y David López-Gómez b

- ^a Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, melva.martin@cedex.es; ^b jose.f.sanchez@cedex.es.
- ^c Centro de Estudio Hidrográficos, CEDEX, david.lopez@cedex.es

1. Introducción

La modelización numérica junto con la modelización física son dos herramientas muy útiles para estudiar problemas de la ingeniería costera y marítima donde están involucrados múltiples agentes naturales, como el oleaje, las mareas, las corrientes, etc., y donde también interviene las características del medio.

El modelo numérico SPHERIMENTAL, que emplea el método SPH, permite estudiar la interacción del oleaje con las estructuras costeras y marinas en las que está incluido el rebase, los esfuerzos, el deslizamiento, el movimiento de estructuras flotantes, etc. Este modelo numérico sirvió como apoyo en el estudio del rebase en el caso del Paseo de la Segunda Playa del Sardinero donde las obras proyectadas agravan el problema de rebase existente.

2. Problema de rebase

El uso del modelo numérico para el estudio de rebase en el Paseo Manuel García Lago en la Segunda playa del Sardinero, surgió tras la realización de unos ensayos en modelo físico 3D con fondo móvil con el fin de estudiar el efecto de las obras propuestas en el proyecto de la DGCM "Corrección del efecto de erosión localizada en el extremo oeste de la Segunda playa del Sardinero, T.M. de Santander (Cantabria)". En dicho estudio se detectó un aumento de los rebases muy considerable en el entorno de los espigones proyectados. A pesar de plantear y analizar una solución consistente en un parapeto que aumentaba la cota del Paseo, no fue considerada aceptable por razones estéticas y paisajísticas.

En el nuevo trabajo se planteó el estudio del rebase y las posibles soluciones mediante el ensayo en modelo físico de fondo fijo y a una escala mayor. Además se planteó el uso del modelo numérico SPHERIMENTAL, que emplea el método SPH, como apoyo al estudio.

3. Descripción de las modelizaciones numéricas

La geometría del modelo numérico es la misma que la del modelo físico. En cuanto a la calibración del modelo numérico con el físico se hizo reproduciendo el movimiento de la pala, con el fin de generar el mismo oleaje. La superficie libre se midió en los mismos puntos en ambos modelos, Figura 1 y también se registró el rebase obtenido.

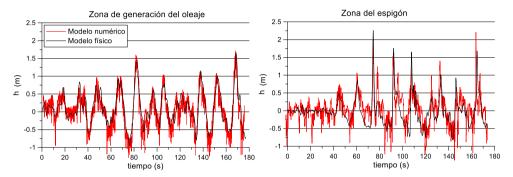


Fig. 1. Superficie libre del modelo numérico vs físico en la zona de generación del oleaje y frente el espigón

Una vez calibrado el modelo numérico, se procedió a estudiar una nueva orientación del modelo físico para reproducir de manera correcta los rebases, ver Figura 2. Así mismo se modelizaron alternativas al Proyecto antes de ensayarlas en el modelo físico. Además, la modelización numérica permitió ampliar la zona de estudio incluyendo segundo espigón, ya que el modelo físico, dada las dimensiones de la zona de estudio y la escala elegida, solo permitía estudiar el rebase en el espigón más exterior.

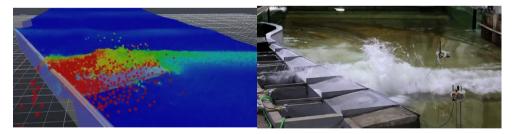


Fig. 2. Rebase en el modelo numérico SPHERIMENTAL vs modelo físico en la situación de Proyecto

4. Resultados v conclusiones

El uso de herramientas como el modelo numérico SPHERIMENTAL permite analizar fenómenos tan complejos como del rebase, donde no existe formulaciones para su cálculo en profundidades tan reducidas y para una geometría 3D tan singular.





Volúmenes máximos de rebase sobre diques en talud

Jorge Molines^a, Pilar Díaz-Carrasco^b, Enrique Ripoll^a, M^a Esther Gómez-Martín^a y Josep R. Medina^a

^aDepartamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Univesitat Politècnica de València, jormollo@upv.es; enrido@upv.es; mgomar00@upv.es; jrmedina@upv.es

1. Introducción

Los diques en talud se emplean habitualmente para proteger los puertos del ataque del oleaje. El rebase es un factor clave en el diseño de diques en talud, ya que afecta a la estabilidad hidráulica, operatividad portuaria y genera riesgos a las instalaciones, vehículos y peatones. La estimación de las tasas medias de rebase, q[m³/s/m], se ha analizado extensamente en la literatura (Molines y Medina, 2015, EurOtop, 2018 y Van Gent et al., 2007). Sin embargo, el volúmen máximo de rebases, V_{max} [m³/m], es determinante para evaluar el riesgo de la infraestructura y es mucho mayor que q[m³/s/m].

Las herramientas de predicción de q y V_{max} están basadas fundamentalmente en ensayos de laboratorio, donde q se registra más fácilmente que los volúmenes individuales de rebase. Sin embargo, pocos estudios explican la metodología para identificar los volúmenes individuales de rebase. La estimación de V_{max} se puede realizar (Molines et al., 2019 y EurOtop, 2018) empleando una distribución Weibull de 2 parámetros (factor de forma y escala) que se ajustan mediante funciones de utilidad que consideran el 10%, 30% ó 50% de los mayores volúmenes individuales. El factor de forma (b) se ajusta mediante ensayos de laboratorio mientras que el factor de escala (A) se obtiene forzando a que el valor medio teórico de la distribución Weibull sea igual al valor medio de los volúmenes individuales registrado.

En este trabajo se emplean ensayos de laboratorio 2D sobre diques en talud para analizar el ajuste de las distribuciones Weibull y Exponencial de 2 parámetros sobre los volúmenes indivudales de rebase considerando cuatro funciones de utilidad, f(u). Los resultados completos de este trabajo se encuentran en Molines et al., (2019).

2. Ensayos físicos

En este estudio se emplean los resultados de los ensayos físicos 2D a escala reducida publicados por Smolka et al. (2009). Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Puertos y Costas de la Universitat Politècnica de València (LPC-UPV). Se ensayó un modelo físico correspondiente a un dique en talud convencional con espaldón y tres tipos de manto principal: manto bicapa de cubos y monocapa y bicapa de Cubípodos. Los ensayos se realizaron en condiciones de oleaje sin limitación por fondo, con tres números de Iribarren (Ir = 3, 4 y 5), dos niveles (h[m] = 0.50 y 0.55) y dos alturas del espaldón (Ch[m] = 0.20 y 0.26). Después de cada ensayo se evaluó la estabilidad hidráulica, el oleaje incidente, el rebase y las fuerzas sobre el espaldón.

^bDepartamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil, Universidad de Cádiz, D, pilar, diaz@uca.es

3. Resultados y Conclusiones

La Figura 1.a muestra la diferencia entre ajustar libremente los factores de forma y escala empleando el 10% de los mayores volúmenes individuales de rebase, L1, frente a ajustar sólo el factor de forma obteniendo el factor de escala tras imponer que el valor medio de la distribución Weibull es igual al valor medio registrado, L2; es fundamental ajustar libremente los dos parámetros para representar correctamente la distribución estadística. La Figura 1.b muestra la influencia de la función de utilidad en el ajuste de la función de distribución Weibull. Se han empleado cuatro funciones de utilidad en este estudio; tres de tipo escalón, en las que se han empleado el 10%, 30% y 50% de los mayores volúmenes individuales y una continua en la que se han empleado todos los volúmenes individuales con una función de peso cuadrática. En este estudio se recomienda emplear una función de utilidad continua para eliminar la subjetividad en el corte de las funciones tipo escalón.

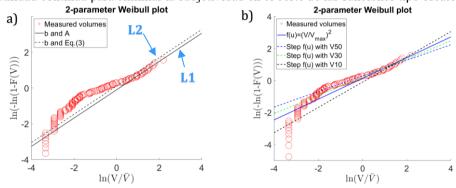


Fig. 1. Distribución Weibull de 2 parámetros ajustada a los volúmenes individuales de rebase, a) influencia del factor de forma y escala y b) influencia de la función de utilidad

Durante la fase de diseño de una estructura debe estimarse primero el número de olas que rebasan y posteriormente V_{max}. Empleando la red neuronal de CLASH para estimar q, el coeficiente de determinación que se obtiene en la estimación de V_{max} tanto con la distribución Weibull como Exponencial está alrededor de 70%.

Referencias

EurOtop, 2018. Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application. Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P., Zanuttigh, B., www.overtopping-manual.com. (Accessed: 31st July 2023).

Molines, J., Medina, J.R., 2015. Explicit wave overtopping formula for mound breakwaters with crown walls using CLASH neural network derived-data. Journal of waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering 142 (3), 10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000322, 04015024.

Molines, J., Herrera, M.P., Gómez-Martín, M.E., Medina, J.R., 2019. Distribution of individual wave overtopping volumes on mound breakwaters. Coastal Engineering 149, 15-27.

Van Gent, M.R.A., Van den Boogaard, H.F.P., Pozueta, B., Medina, J.R., 2007. Neural network modelling of wave overtopping at coastal structures. Coastal Engineering 54 (8), 586–593.





Integración de AI, ML y modelización numérica para el mantenimiento predictivo en dique de escollera: un ejemplo en las costas españolas

Mireia López Paredesa, Corrado Altomarea, Bonaventura Tagliafierroa, Manuel Viñesa, Xavier Gironella^a, Antonio Tomas^b, Cesar Vidal^b, Iván Martínez-Estévez^c, José M. Domínguez^c, Alejandro Crespo^c, Moncho Gómez-Gesteira^c, Lohitzune Solabarrieta^d, Delia Regueira Muñiz^b, Manuel González^d, Mario Hernaez^e y Agustín Sánchez-Arcilla^a ^aUniversitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech, mireia.lopez.paredes@estudiantat.upc.edu. ^bInstituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. ^cUniversidade de Vigo. ^dAZTI. ^eAutoridad Portuaria de Bilbao.

1. Introducción

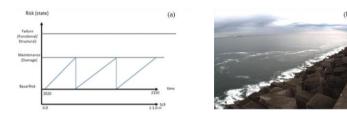
Frente a los desafíos del cambio climático, es crucial fortalecer las defensas costeras. Ingenieros y científicos investigan las implicaciones de la creciente demanda de estructuras de protección artificial, con el objetivo de renovarlas para hacer frente a los cambios en la intensidad y frecuencia de eventos climáticos. La adopción de metodologías de ingeniería avanzadas, como los gemelos digitales, proporciona una comprensión integral de las cargas dinámicas en las estructuras a lo largo de su ciclo de servicio. El proyecto PI-BREAK (Predictive Intelligent system to optimize BREAKwater maintenance) se presenta como un pionero en esta área: Su objetivo fundamental es extender la vida útil de rompeolas en escenarios de cambio climático. Integrando rompeolas a un sistema de monitorización multiplataforma, PI-BREAK utiliza herramientas de modelización híbrida que incluyen instalaciones hidráulicas avanzadas y modelos numéricos.

El enfoque clave de la investigación es la aplicación de Aprendizaje Automático (ML) e Inteligencia Artificial (AI) para desarrollar un modelo de mantenimiento predictivo en diques de escollera. Este modelo se alimenta con datos sobre la evolución del daño en los diques, considerando factores como el nivel del mar, oleaje y daños previos. La información resultante permite definir estrategias secuenciales para mitigar el daño y minimizar el costo total de mantenimiento a lo largo del tiempo. En la figura 1a se muestra un ejemplo de un modelo de la evolución del riesgo mediante el mantenimiento predictivo [1].

2. Metodología operativa y principal aporte al estado del arte

El desarrollo de un modelo de mantenimiento predictivo requiere una base de datos sólida. En el caso de estudio, se selecciona una tipología típica de la costa cantábrica con bloques cúbicos de hormigón como manto principal. Se utiliza la propagación de 32 temporales y formulaciones semi-empíricas del EurOtop [2] para obtener el rebase. Ademas, se emplea modelado numérico: el código DualSPHysics [3] permite simular flujos de superficie libre y la interacción con estructuras, incluyendo bloques de protección bajo cargas generadas por las olas y acoplándose con un modelo de Discrete Element Method (DEM) [4,5].

La metologia se describe como sigue. Se identifican características temporales que causan rebase v se establece un patrón temporal. Se estudian variaciones en propiedades del dique v se evalúa su impacto en el rebase, considerando pérdida del manto principal. Se introducen estrategias de mantenimiento, evaluando su efecto en el volumen de rebase. El modelado numérico contribuye a la comprensión del fenómeno. La simulación avanzada permite una detallada evaluación de la estabilidad, rebase y vulnerabilidades, contribuyendo al desarrollo de diseños más eficaces para fortalecer la resiliencia costera. Finalmente, se introducen, dentro del modelo, estrategias de mantenimiento y, de nuevo, se analiza el efecto que producen en el volumen de rebase. Por último, se incorpora el modelo de ML y AI que determine las estrategias de mantenimiento predictivo a lo largo de la vida útil del dique, considerando siempre la minimización de riesgos.



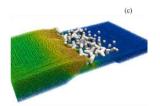


Fig. 1. a: representación esquemática de la evolución del riesgo mediante el mantenimiento predictivo [2]. b: rompeolas de Punta Lucero (Bilbao, España), fuente: AZTI (2022). c: simulación demostrativa de 77 tetrápodos utilizando un acoplamiento SPH y DEM

Agradecimientos

Grant PLEC2021-007810 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the European Union NextGenerationEU/PRTR.

Referencias

- [1] Sánchez-Arcilla, A. Jr, Altomare C., Gonzalez M., VIÑES M., Mösso C., Gómez J., Sánchez-Arcilla A. 2022. "Adaptation under extreme events. Predictive maintenance for risk reduction" en Revista de Investigación Marina, 28(2), p. 53-55.
- [2] EurOtop: Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. 2018. Segunda Edición. Reino Unido: Joint FCERM Research Programme.
- [3] Domínguez J., Fourtakas G., Altomare C. et al. 2022. "DualSPHysics: from fluid dynamics to multiphysics problems". Comp. Part. Mech., 9, 867-895.
- [4] Martínez-Estévez, I., Domínguez, J. M., Tagliafierro, B. et al. 2023 "Coupling of an SPH-based solver with a multiphysics library". Computer Physics Communications., 283, 108581.
- [5] Mitsui J., Altomare C., Crespo AJC, et al. 2023 "DualSPHysics modelling to analyse the response of Tetrapods against solitary wave". Coastal Engineering, , 183, 104315.





Recuperación del DPMT ocupado por el antiguo hotel Arenales en la playa de Arenales del T.M. de Elche (Alicante)

Antonio Pascual Torresa, Raimundo Castón Calatayudb y Amancio Guerrero Romeroc ^aJefe del Servicio de Gestión de DPMT del Servicio Provincial de Costas de Alicante (SPCA), MITERD, ^bJefe de Sección Técnica del SPCA, MITERD y ^cTécnico de Obra de TRAGSA.

1. Introducción

El hotel Arenales fue construido a comienzos de los años 60 del siglo pasado y cesó su actividad en 1979. Originalmente se encontraba fuera del dominio público, pero quedó íntegramente incluido en el mismo con el deslinde realizado por el Ministerio en el año 1997 para adaptarlo a la ley de costas vigente.

En el año 2007, se le otorgó una concesión administrativa en aplicación del régimen transitorio de la Ley de Costas, cumpliendo así una sentencia que obligó a ese otorgamiento.

Después de una serie de vicisitudes y varios procedimientos judiciales, en 2015 comenzaron las obras de rehabilitación del hotel. Estas obras se paralizaron con incoación de expedientes sancionadores por ejecutarse excediéndose de la autorización otorgada.

2. Descripción de la actuación

La actuación, la cual se ha desarrollado en una parcela de DPMT de 6.500 m², en la playa de Arenales de Elche, ha tenido dos fases bien diferenciadas y de igual importancia: una primera de carácter jurídico para conseguir la recuperación del DPMT; y otra posterior de carácter técnico, para conseguir la recuperación medioambiental de la playa y el cordón dunar.

2.1. Actuaciones jurídicas

Tras la paralización de las obras, el concesionario presentó en el año 2016 un nuevo proyecto modificando el procedimiento constructivo para ajustarlo al realmente empleado. Por Orden Ministerial (OM) de 30 de junio de 2017, se denegó la ejecución y se ordenó "el levantamiento de las obras realizadas sin la debida autorización". Esta resolución, tras distintos recursos, devino firme mediante sentencia dictada por la Audiencia Nacional de 10 de mayo de 2019, la cual fue confirmada y ratificada por auto del Tribunal Supremo de 5 de diciembre de 2019, inadmitiendo a trámite el recurso de casación entablado por la mercantil interesada, resultando por tanto de obligado cumplimiento.

Por OM de 15 de enero de 2021, se declaró la caducidad de la concesión otorgada por OM de 28 de noviembre de 2007, a PRINCESOL, S.A., a la vez que se ordenaba el levantamiento y retirada del dominio público del resto de las obras e instalaciones existentes, por los interesados y a sus expensas. La demolición del hotel dió inicio en octubre de 2019 y los trabajos de restitución del DPMT quedaron íntegramente terminados en el año 2022.

2.2. Recuperación medioambiental y paisajística

Los trabajos de recuperación ambiental y paisajística han consistido en la demolición y retirada del vial norte y demás restos de escombros y material no apto, cribado de la arena, aporte de 3.500 m³ de arena de playa procedente de la playa del Altet, formación del cordon dunar, instalación de captadores de arena, eliminación de especies vegetales invasoras en parcea contigua, plantación de especies vegetales dunares, mejora de la accesibilidad transversal mediante la instalación de una pasarela de madera y terminación del ancho completo de paseo marítimo dentro de la servidumbre de tránsito. La ejecución de este proyecto ha supuesto una inversión de 176.000,00 euros, habiéndose ejecutado las obras, con cargo a dos Proyectos de Conservación y Mantenimiento de la Costa de Alicante, por la empresa PAVASAL, S.A. y a través de medios propios por parte del Grupo TRAGSA.

3. Conclusiones

La actuación aquí presentada es un ejemplo práctico de recuperación y reversión al estado natural de un tramo litoral, a través una adecuada gestión integral de la costa con la ejecución de proyectos basados en la naturaleza.





Fig. 1. Evolución de la playa, izquierda año 2015 y derecha año 2023. Fuente: Google Earth



Fig. 2. Aspecto final del tramo de costa recuperado. Fuente: elaboración propia





Recuperación de dominio público marítimo-terrestre en la playa de Babilonia del T.M. de Guardamar del Segura (Alicante)

Rosa de los Ríos Jimeno^a, Raimundo Castón Calatayud^b y Carlos Villena Hernández^c ^aJefa del Servicio Provincial de Costas de Alicante, MITERD, ^bJefe de Sección Técnica del Servicio Provincial de Costas de Alicante, MITERD y cJefe de Obra de TRAGSA

1. Introducción

La playa de Babilonia está situada al norte del entorno urbano de Guardamar del Segura, y se extiende a lo largo de unos 1.800 metros. Sobre la propia playa, existe un centenar de viviendas que se construyeron hacia los años 40, al amparo de concesión administrativa a titulo de precario y con plazo ilimitado.

Dicho tramo de costa, el cual forma parte de uno de los ecosistemas dunares más valiosos de la geografía española y europea, declarado como lugar de importancia comunitaria (LIC) de la Red Natura 2000, sufre un grave estado de deterioro que causa un importante impacto negativo tanto paisajístico como medioambiental, añadiéndose en la situación actual, un problema de extrema inseguridad. Debido a esta regresión de la línea de costa motivada por diversas causas, y con motivo de diversos temporales cada vez más intensos, se produjo el derrumbe de algunas viviendas amparadas por concesiones actualmente extinguidas, y de parte del vial existente que separa la playa del campo dunar.

Desde el año 2004, el Servicio Provincial de Costas en Alicante, ha procedido a la demolición de una veintena de viviendas con concesión administrativa extinguida.

2. Descripción de la actuación

La actuación, la cual se ha desarrollado en una longitud aproximada de 180 metros, concretamente en el tramo de la playa donde se ha liberado de ocupaciones, ha tenido dos fases bien diferenciadas y de igual importancia: una primera de carácter jurídico, para conseguir la recuperación del DPMT; y otra posterior de carácter técnico, para conseguir la recuperación medioambiental de la playa y el primer cordón dunar.

2.1. Actuaciones jurídicas

Del mencionado centenar de viviendas, la situación jurídica de veinte de ellas que se eoncontraban en el ámbito de la actuación, fue depurada previamente para proceder a la liberación y recuperación del dominio público marítimo terrestre. Algunas de estas viviendas se construyeron sin titulo administrativo, por lo que se procedió directamente a ejecutar la recuperación posesoria de los terrenos indebidamente ocupados, a favor del Estado, a través del procedimiento oportuno. Otras de ellas, las cuales sí que se construyeron con concesion administrativa, se extinguieron de forma anticipada, al existir causa de caducidad del título concesional, o alguna otra circunstancia que diera lugar a la extinción anticipada de la misma. Finalmente, se resolvieron los correspondientes recursos judiciales que habían sido interpuestos por sus ocupantes, abriendo así la puerta a la retirada de las ocupaciones a través de la ejecución forzosa.

2.2. Recuperación medioambiental y paisajística

Los trabajos de recuperación ambiental y paisajística han consistido en la demolición y retirada del vial y demás restos de edificaciones, cribado de la arena, formación del primer cordón dunar, instalación de vallados cinegéticos y captadores de arena, plantación de especies vegetales dunares y mejora de la accesibilidad transversal mediante la construcción de una pasarela de madera de 100 metros de longitud. La ejecución de este proyecto ha supuesto una inversión de 219.828,86 euros, habiéndose ejecutado las obras a través de medios propios por parte del Grupo TRAGSA.

3. Conclusiones

La actuación aquí presentada es un ejemplo práctico de recuperación y reversión al estado natural de un tramo litoral de alto valor medioambiental, a través una adecuada gestión integral de la costa con la ejecución de proyectos basados en la naturaleza.





Fig 1. Evolución de la playa, izquierda año 2007 y derecha año 2023. Fuente: Google Earth



Fig 2. Aspecto final del tramo de costa recuperado. Fuente: elaboración propia





El cálculo del limite interior de la zona marítimo- terrestre en la normativa de costas: lecciones aprendidas

José Ramón Martínez Cordero^a, Christian Montero Llerandi^b

a. Cuerpo de Ingenieros de caminos, canales y puertos del Estado. Coordinador del Área de gestión del dominio público marítimo-terrestre, de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.(e-mail: jmcordero@magrama.es).

b. Ingeniero de Montes. Director Técnico de IDYMA (Ingeniería Digital y Medio Ambiente S.L.). (e-mail: christian@idyma.es).

1. Introducción

La Ley 22/1988, de 28 de julio, de costas, definía en su artículo 3.1.a), "La zona marítimoterrestre o espacio comprendido entre la línea de bajamar escorada o máxima viva equinoccial, y el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos o, cuando lo supere, el de la línea de pleamar máxima viva equinoccial. Esta zona se extiende también por las márgenes de los ríos hasta el sitio donde se haga sensible el efecto de las mareas.

Se consideran incluidas en esta zona las marismas, albuferas, marjales, esteros y, en general, los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua del mar".

El Reglamento General de Costas de 1989, precisaba en su artículo 4, que "a) Para fijar el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos se utilizarán las referencias comprobadas de que se disponga. b) Las variaciones del nivel del mar debidas a las mareas incluirán los efectos superpuestos de las astronómicas y de las meteorológicas. No se tendrán en cuenta las ondas de mayor período de origen sísmico o de resonancia cuya presentación no se produzca de forma secuencial."

La ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la ley 22/1988, de 28 de julio, de costas, modificó el artículo 3.1.a, añadiendo que el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos, se determinaría "de acuerdo con los criterios técnicos que se establezcan reglamentariamente".

Estos criterios técnicos se establecieron en el Real decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprobó el Reglamento General de Costas, que en su artículo 4 a) señala que para fijar el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos, se considerarán las variaciones del nivel del mar, debidas a las mareas y el oleaje, que sea alcanzado al menos en 5 ocasiones en un periodo de 5 años. Asimismo, sustituye la El cálculo del limite interior de la zona marítimo-terrestre en la normativa de costas: lecciones aprendidas

consideración de las referencias comprobadas de que se disponga, por la expresión... "Para calcular el alcance de un temporal se utilizarán las máximas olas registradas con boyas o satélites o calculadas a través de datos oceanográficos o meteorológicos".

El Real Decreto 668/2022, de 1 de agosto, por el que se modificó el Reglamento General de Costas de 2014, retoma el Reglamento General de Costas de 1989, estableciendo el limite interior de la zmt en los mayores temporales conocidos, y que "Para fijar el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos, se considerarán las variaciones del nivel del mar debidas a las mareas y el oleaje desde que existan registros de boyas o satélites, o datos oceanográficos o meteorológicos. Para calcular el alcance de un temporal se utilizarán las máximas olas registradas o calculadas con esos datos". Recientemente la sentencia del Tribunal Suprmos de 31 de enero de 2024, anulo la modificación operada por el Real Decreto 668/2022, de 1 de agosto...

Como se aprecia, muchos cambios, para quizás llegar al sitio original y con redacciones de la normativa, digamos que probablemente mejorables.

Esta variación de la normativa, supuso ponerse al día de las tecnicas de registro de oleaje, propagación, formulas de remonte...

En particular se expondrá cómo ha evolucionado el calculo del alcance que datos de mareas y oleajes se analizan, como se ha realizado la propagación hacia la costa y por ultimo como se determina la cota de inundación. En definitiva se trata de un tema complejo en el que confluyen cuestiones jurídicas y técnicas, y cuyo desenlace dista mucho de estar cerca.





ONA Toolbox: prototipo de gemelo digital para inundación costera y erosión de playas en Baleares

Angels Fernández-Mora^a, Francisco Criado-Sudau^a, Elena Sánchez-García^a, Jesús Soriano-Gonzáleza, Emma Revesa v Joaquín Tintoréa,b

^aBalearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (SOCIB); , mafernandez@socib.es; (b), ffcriado@socib.es; (b), esanchez@socib.es; (b), jsoriano@socib.es; (b), ereyes@socib.es; (b), jtintore@socib.es.

Introducción

El concepto de Gemelos Digitales del Océano (GDOs) emerge como una herramienta prometedora para la gestión y la toma de decisiones basada en evidencias científicas en el contexto del cambio global. Los GDOs, al simular entornos reales mediante réplicas digitales, permiten explorar escenarios hipotéticos (del término inglés 'what-if' scenarios), facilitando el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación, así como operar como sistemas de alerta temprana. Enfocándonos en las zonas costeras, se destaca la complejidad de los procesos morfodinámicos como desafíos significativos, requiriendo que los futuros GDOs incluyan modelos numéricos específicos para simular estos procesos. La integración de datos en tiempo real, modelos numéricos, modelos de datos, tecnologías digitales y análisis avanzados en estas réplicas virtuales permitirá a los GDOs ofrecer un enfoque integral para comprender y abordar los efectos del cambio climático en la costa.

Presentamos ONA-Toolbox (Operational tool for climate change impacts at local scAles, Fernández-Mora y Tintoré, 2022), una herramienta operacional con capacidad para proporcionar escenarios 'what-if' sobre inundación costera y erosión de playas a escala local que será uno de los prototipos de GDOs de SOCIB en el mar Balear.

ONA-Toolbox: arquitectura, forzado y modelos acoplados

ONA-Toolbox es una herramienta operativa de software libre desarrollada en el marco del proyecto PIMA Adapta Costas de las Islas Baleares, y base para la creación de uno de los prototipos de GDOs de SOCIB. Su propósito principal es respaldar el desarrollo de Planes de Adaptación al cambio climático a nivel local, como software de referencia en la región. Está específicamente diseñado para el personal técnico de la administración pública, en áreas como planificación urbana, medio ambiente y emergencias.

ONA-Toolbox aborda los impactos del cambio climático en áreas costeras, considerando distintos escenarios de aumento del nivel del mar basados en proyecciones del IPCC

^bInstitut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA-UIB-CSIC).

(Intergovernmental Panel on Climate Change), así como eventos extremos de oleaje y mareas meteorológicas. Incluye una base de datos georeferenciada de tormentas de referencia desarrollada con técnicas estadísticas avanzadas, y utiliza dos modelos numéricos acoplados, SWAN (Booij et al., 1999), para simular la propagación del oleaje, y LISFLOOD-FP (Bates et al., 2010), para simular la inundación costera permanente y extrema a escala local, estimando también la erosión potencial quasi-2D. La herramienta proporciona informes automáticos y capas exportables a sistemas de información geográfica (ArcGIS, OGIS y CAD). La ventaja de ONA Toolbox recae en su escalabilidad, va que puede exportarse a otras ubicaciones al integrar bases de datos locales de morfología de playas, clima de oleaje y proyecciones regionales de nivel del mar. Los desarrollos futuros prevén mejoras en las simulaciones de procesos físicos y la implementación de métodos de IA/ML en datos hidrodinámicos y morfodinámicos a largo plazo. Los primeros cursos para personal técnico en la Escuela Balear de la Administración Pública (EBAP) se realizaron a finales del 2022 con el lanzamiento de la herramienta. Para 2024, están previstos nuevos cursos para la formación de personal público.

3. ONA-Toolbox y el Gemelo Digital del Mar Balear

La capacidad de ONA-Toolbox en la resolución de escenarios 'what-if' así como su arquitectura interna, la convierte en uno de los prototipos de GDOs del mar Balear. Junto con información socioeconómica y medio ambiental, permitirá a los gestores costeros una comprensión integrada de los sistemas costeros, la planificación y reorganización urbanística, la implementación de sistemas de alerta temprana, y el análisis de la vulnerabilidad costera frente a los impactos del cambio climático.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el apoyo y financiación de la Dirección General de Economía Circular, Transición Energética y Cambio Climático del Gobierno de las Islas Baleares en el marco de la Addenda del Proyecto PIMA Adapta Costas Baleares.

Referencias

BATES, P., HORRITT, M. y FEWTRELL, T. (2010). "A Simple Inertial Formulation of the Shallow Water Equations for Efficient Two-Dimensional Flood Inundation Modelling" en Journal of Hydrology, 387. 33-45. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.03.027.

BOOIJ, N., RIS, R. C., y HOLTHUIJSEN, L. H. (1999). "A third-generation wave model for coastal regions: 1. Model description and validation" en J. Geophys. Res., 104(C4), 7649–7666. https://doi.org/10.1029/98JC02622.

FERNÁNDEZ-MORA, À y TINTORÉ, J. (2022). ONA Toolbox User's Manual (Version Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System, https://doi.org/10.25704/TPA5-4Y84.





Análisis de la inundación costera en Europa

Camila Cotrima, Alexandra Toimila, Iñigo J. Losada, Melisa Menéndeza, Hector Lobeto^a, Iria Suárez^a y Sara Novo^a

^a IHCantabria, Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Isabel Torres 15, 39011, Santander, camila.cotrim@unican.es toimila@unican.es losadai@unican.es menendezm@unican.es lobetoh@unican.es suarezi@unican.es novos@unican.es.

1. Introducción

El análisis de eventos meteorológicos extremos y sus efectos en la inundación costera son cruciales para la gestión de los riesgos sobre infraestructuras, entorno construido y población. Identificar las componentes clave del nivel del mar total o cota de inundación (CI) y modelar la propagación de la inundación en tierra presenta desafíos, especialmente a gran escala.

Si bien algunos autores han abordado el cálculo de la CI y el modelado de la inundación a gran escala con anterioridad, la elaboración de políticas de adaptación más precisas y menos inciertas requiere de mejoras en términos de resolución espacial y procesos considerados. Por ejemplo, no todos los estudios existentes determinan la CI considerando la contribución del oleaje y, los que lo hacen, asumen ciertas simplificaciones. Estas simplificaciones incluyen el empleo de bases de datos de oleaje en aguas indefinidas con resolución insuficiente para el estudio de impactos y riesgos costeros (12.5 km a 70 km) y el cálculo del set-up a partir de enfoques simplistas (0,2*Hs) o con formulación semi-empírica considerando un valor de pendiente intermareal espacialmente constante (Kirezci et al., 2020).

En lo que respecta al modelado de inundación, las estrategias actuales siguen basándose en su mayoría en métodos estáticos y, las que utilizan modelado dinámico, lo hacen empleando modelos digitales de terreno (MDT) de 90 m de resolución (Vousdoukas et al., 2016).

En este trabajo se propone una metodología para analizar la inundación costera en Europa a partir de bases de datos de dinámicas costeras con 1 km de resolución, información espacial de pendientes intermareales y modelado de inundación de procesos con 25 m de resolución.

2. Metodología

La metodología propuesta consiste en reconstruir la CI histórica con bases de datos de nivel del mar y de oleaje en costa obtenido mediante regionalización híbrida. La componente del oleaje de la CI se calcula a partir de la formulación semi-empírica (Stockdon et al., 2006) con pendiente intermareal variable a lo largo de la costa (Melet et al., 2020). A partir de las series históricas de CI, se identifican tormentas utilizando el método POT (del inglés, Peak Over Threshold) que se ajustan a una función exponencial, permitiendo obtener eventos extremos de CI de diferente periodo de retorno. Esta información se utiliza como forzamiento para el modelo hidráulico RFSM-EDA (Jamieson et al., 2012), un modelo de procesos que tiene como sub-elemento de la malla de cómputo el MDT y es sensible a la rugosidad de Manning.

3. Resultados

Como resultado de la aplicación de la metodología, se obtienen eventos extremos de CI con 1 km de resolución y una duración representativa de este tipo de tormentas a lo largo de la costa europea, así como mapas de inundación costera con 25 m de resolución (Figura 1). Los mapas resultantes incorporan el efecto de las defensas costeras que existen en la actualidad.

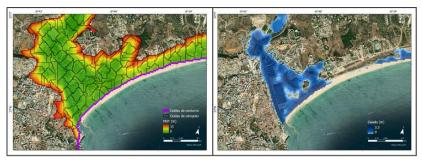


Fig. 1. Malla topográfica y ejemplo de mapa de inundación en Lagos, Portugal

Agradecimientos

Este estudio ha contado con el apoyo del proyecto CoCliCo financiado por la UE (acuerdo de subvención nº 101003598). CC agradece el apoyo financiero de la Beca Concepción Arenal 2021 de la Universidad de Cantabria (UC-21-19).

Referencias

Kirezci, E, Young, IR, Ranasinghe, R, et al. (2020). "Projections of global-scale extreme sea levels and resulting episodic coastal flooding over the 21st Century" en Scientific Reports, 10 (1).

Jamieson, SR, Lhome, J, Wright, G, y Gouldby, B. (2012). "A highly efficient 2D flood model with sub-element topography" en Water Management 165, Issue WM10, 581-595.

Melet, A, Almar, R, Hemer, M, et al. (2020). "Contribution of wave setup to projected coastal sea level changes" en Journal of Geophysical Research: Oceans, 125, e2020JC016078.

Stockdon HF, Holman RA, Howd PA, y Sallenger AH Jr (2006). "Empirical Parameterization of Setup, Swash, and Runup" en Coast Eng 53, pp. 573-588.

Vousdoukas, MI, Voukouvalas, E, Mentaschi, L, et al. (2016). "Developments in large-scale coastal flood hazard mapping" en Natural Hazards and Earth System Sciences, 16 (8), pp. 1841-1853.





Evaluación probabilística de la erosión costera en el litoral catalán bajo la subida del nivel del mar

Rut Romero-Martína, Johan Reynsb, Ali Dastgheibb, Roshanka Ranasingheb y José A. .Jiménez^a

^aUniversitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech (, rut.romero@upc.edu) bIHE Delft Institute for Water Education.

Aunque se acepta de forma generalizada que la subida del nivel del mar (SNM) inducirá un retroceso generalizado de la línea de costa y, por tanto, es una amenaza a considerar en cualquier plan de gestión costera a largo plazo, la correcta evaluación de su magnitud es objeto de debate recurrente dada la ausencia de un modelo predictivo aceptado universalmente. En este contexto, el modelo de Bruun es el más empleado debido a su simplicidad, aunque esto hace también que sea objeto de discusión. En los últimos años, se han propuesto distintos modelos alternativos, entre ellos el modelo de Recesión Probabilística de la Línea de Costa (PCR) (Ranasinghe et al., 2012), que se ha utilizado en numerosas partes del mundo. Este modelo, evalúa la recesión de la línea de costa considerando los impactos combinados de las tormentas y la SLR en términos probabilísticos, al tiempo que permite la recuperación de las playas entre tormentas. Es decir, incorpora la descripción de parte de los procesos involucrados aunque sea de forma parámetrica, a la vez que considera la naturaleza estocástica de los forzamientos.

En este contexto, el objetivo principal de este estudio es evaluar el efecto de la SNM aplicando el modelo PCR a las condiciones del mediterráneo español y comparar los valores obtenidos con los predichos aplicando Bruun. Esta aplicación se ha hecho en la celda costera del delta del Llobregat considerando una situación de aportación de sedimento útil por parte del río a la celda litoral.

El modelo PCR ha sido aplicado siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- Generación de series temporales sintéticas de tormentas de oleaje (~ 100 años).
- Estimación de la SNM en el momento del impacto de cada tormenta durante la serie temporal generada.
- Evaluación del retroceso inducido de la línea de costa para cada tormenta en la serie temporal de tormentas generada. Adicionalmente se incorpora la recuperación de la costa durante los intervalos inter-tormentas.
- 4. Estimación del retroceso potencial de la línea de costa restando la posición inicial de su posición final calculada.

El modelo probabilístico se implementó ejecutando 100,000 simulaciones de 80 años para una SNM dada por los escenarios del IPCC AR6 SPSS1-2.5 y SSPS5-8.5.

Por otro lado, se ha aplicado el modelo de Bruun teniendo en cuenta la variabilidad potencial introducida por la geomorfología de la plataforma, estimándose el retroceso de la línea de costa en términos de un valor medio y una desviación estándar.

La Fig. 1 muestra los resultados preliminares donde puedeve verse las CDF del retroceso medio de la línea de costa en el delta del Llobregat para 2100 bajo los escenarios de SNM considerados. A modo de referencia se incluye la CDF del retroceso en condiciones actuales, sin SLR, así como la mediana de las proyecciones del modelo de Bruun para 2100.

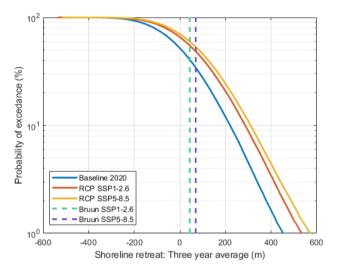


Fig. 1. CDF de la recesión de la línea de costa bajo los escenarios de SLR SSP1.2-6 y SSP5-8.5 obtenidos con el modelo PCR en el delta del Llobregat

En el trabajo final se proporcionará un análisis exhaustivo, comparando el rendimiento del modelo PCR con los resultados derivados del modelo de Bruun.

Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto CoastSpace (TED2021-130001B-C21), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea "NextGenerationEU"/PRTR.

Referencias

RANASINGHE, R., CALLAGHAN, D., & STIVE, M. J. (2012). "Estimating coastal recession due to sea level rise: beyond the Bruun rule". Clim. Change, 110, 561-574.





Monitorización y gestión democratizada de playas: impacto y aplicaciones de CoastSnap Baleares

Jesús Soriano-González^a, Elena Sánchez-García^a, Francisco Criado-Sudau^a, y Àngels Fernández-Mora^a

^aBalearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (SOCIB); ¹, isoriano@socib.es: ¹. esanchez@socib.es; , ffcriado@socib.es; , mafernandez@socib.es.

1. Introducción y métodos

La monitorización de la posición de la línea de costa es un recurso de vital importancia para entender las dinámicas de las playas y favorecer una gestión basada en el conocimiento. La iniciativa internacional de ciencia ciudadana 'CoastSnap' se postula como una gran herramienta de bajo coste para este fin (Harley and Kinsela, 2022). CoastSnap involucra a los ciudadanos a través del simple acto de tomar y compartir fotos de la playa desde localizaciones concretas. Las imágenes se recopilan por medios virtuales, se criban manualmente, y se georectifican para extraer la posición de la línea de costa en coordenadas terrestres con bajo error - RMSE < 1.5 m - (González-Villanueva, et al., 2023). En Mallorca (Islas Baleares), hay dos estaciones CoastSnap en playas de espacios protegidos que no permiten instalar otros sistemas de seguimiento: S'Amarador y Arenal d'En Tem. Este trabajo muestra el impacto y las aplicaciones de CoastSnap en la monitorización y gestión de playas en las Islas Baleares.

2. Resultados y conclusiones

En el primer año de funcionamiento, CoastSnap Balear ha generado 277 imágenes válidas, con una media mensual de 13.8 y 8.1 imágenes en S'Amarador y Arenal d'en Tem, demostrando una elevada implicación de la población a lo largo del año (Figura 1i). Las líneas de costa obtenidas permiten calcular indicadores importantes para el estudio de las playas y su gestión en relación a agentes climáticos que las modulan (Figura 1ii). Gracias al soporte fotográfico que hay detrás de cada una de las líneas de costa, CoastSnap también posibilita un análisis más transparente de las dinámicas permitiendo estudiar otros fenómenos locales que les afectan (Figura 1iii). A diferencia de las imágenes satelitales comúnmente utilizadas, CoastSnap no garantiza una adquisición sistemática, pero es un complemento óptimo dado que no presenta limitaciones en condiciones climáticas adversas (ej. nubes en Figura 1iii), ofrece mejor resolución con bajo coste y fácil instalación, e involucra a la población en la monitorización de playas, democratizando así la gestión de la costa.

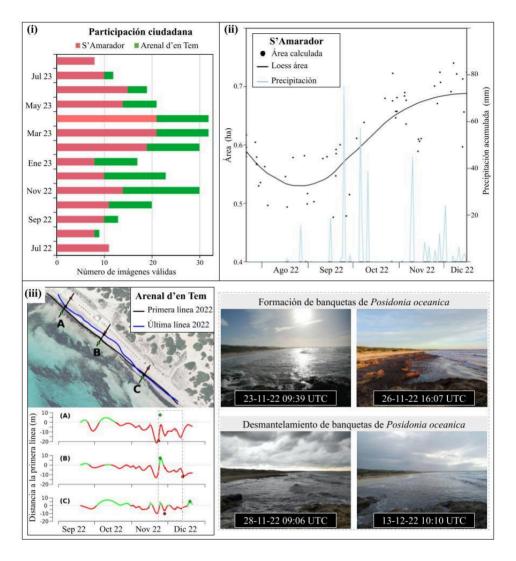


Fig. 1. Participación y aplicaciones en CoastSnap Balerares

Referencias

GONZÁLEZ-VILLANUEVA, R., et al. (2023). "SCShores: a comprehensive shoreline dataset of Spanish sandy beaches from a citizen-science monitoring programme". Earth System Science. Data, 15, 4613-4629. https://doi.org/10.5194/essd-15-4613-2023.

HARLEY, M. D., KINSELA, M.A (2022). "CoastSnap: A global citizen science program to changing coastlines". Continental 104796. monitor Shelf Research, 245, https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104796.





Levantamiento topográfico de playas con drones

Gregorio de Nicolás Gómez

Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX , Gregorio.denicolas@cedex.es.

1. Introducción

El levantamiento topográfico con drones a través de la técnica de fotogrametría consiste en obtener un gran número de fotografías desde un plano cenital con gran solape entre ellas para después definir de forma muy precisa la zona de estudio. Los factores que determinan la calidad de este método son numerosos, entre los que destacan:

- Cámara empleada para la toma de las fotografías
- Dron
- Velocidad de vuelo
- Altura de vuelo
- Solape entre fotografías y número de pasadas
- Sensores GPS RTK en los drones o en su defecto puntos de control en la zona.

Una vez que los equipos se encuentran en campo, hay dos posibles formas de trabajar dependiendo de los sensores que monte el dron. Si se dispone de un dron con sistema de GPS RTK (Real Time Kinematics) no serán necesarios más que algún punto de control para cotejar datos, facilitando así la operativa a los trabajadores y acelerando el proceso de la toma de datos. Sin embargo, si no se dispone de sistema RTK, será necesario la implantación de dianas georreferencias mediante GPS diferencial con anterioridad al vuelo del dron para después referenciar las imágenes obtenidas.

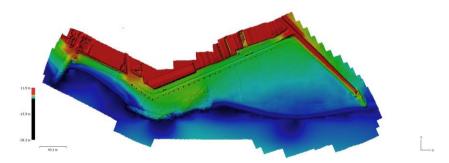


Fig. 1. Modelo digital obtenido por fotogrametría de la playa de la Rábita en Granada

2. Comparativa levantamiento GPS vs Dron

En la figura se muestra la comparativa entre 2 MDT realizados con técnicas diferentes (mediante GPS y mediante drones). En este caso se muestra como el levantamiento del dron es mucho más detallado, especialmente en las zonas más complejas como el espigón y las zonas con cambios del terreno más abruptas.

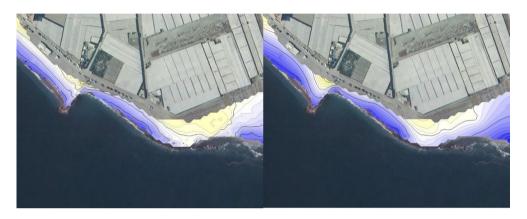


Fig. 2. Comparativa entre la topografia mediante dron (izq.) y la topografia mediante GPS diferencial (dcha.)

3. Resumen y conclusiones

El levantamiento topográfico de playas mediante drones y escáneres topográficos ofrece numerosos beneficios y aplicaciones. En primer lugar, permite obtener datos más precisos y detallados en comparación con los métodos tradicionales. Esto resulta especialmente útil en proyectos de planificación y gestión costera, evaluación de riesgos naturales y monitoreo del cambio ambiental. Además, la capacidad de obtener resultados rápidos y detallados permite una toma de decisiones más informada y una respuesta más eficiente ante eventos críticos, como tormentas o erosión costera.





Seguimiento y predicción de la respuesta morfológica de las playas del entorno del puerto de Bilbao

M. Viñesa, I. Epeldeb, J. Francob, A. Abaliab, P. Liriab, M.Gonzálezb, C. Mössoa, J. Sospedra^a, A. Sánchez-Arcilla Jr^a, J. Gómez^a, A. Ojanguren^c, M. Hernaez^c, A. Sánchez-Arcillaª

^aLaboratori d'Enginyeria Marítima, UPC, Barcelona, ESPAÑA, [D, manuel.vines@upc.edu, [D] cesar.mosso@upc.edu, joaquim.sospedra@upc.edu, ۱D, agus3asa@gmail.com, jesus.gomez@upc.edu, [D], agustin.arcilla@upc.edu, bInvestigación Marina, Alianza Vasca de Investigación y Tecnología, AZTI, Bilbao, ESPAÑA, [o], iepelde@azti.es, [o], jafranco@azti.es, [o], aabalia@azti.es, , pliria@azti.es, , mgonzalez@azti.es, Autoridad Portuaria de Bilbao, APB, Bilbao, ESPAÑA, aojanguren@bilbaoport.eus, mhernaez@bilbaoport.eus

1. Introducción

Caracterizar el clima de oleaje a distintas escalas es esencial para entender el comportamiento morfodinámico de las playas, así como para el mantenimiento de las mismas y sus elementos, (espigones y diques), especialmente en zonas como el Mar Cantábrico, con fuertes tormentas de oleaje y una apreciable carrera de marea. El principal objetivo de este trabajo es contribuir a determinar, para una serie de variables hidro y morfodinámicas clave, el comportamiento de las playas encajadas del litoral vasco. Asimismo, se compararán los costes y resultados de modelos basados en estadística y modelos basados en la física de la propagación del oleaje. Este análisis comprende tanto el Abra de Bilbao (playa de Arrigunaga) y sus playas advacentes (playas de La Arena, Barinatxe y Arrietara), como un conjunto de 32 tormentas simuladas como primer paso para plantear una comparación más exhaustiva entre modelos físicos y modelos de inteligencia artificial.

El tratamiento de los datos pretende caracterizar tendencias y correlaciones para establecer modelos de comportamiento de esta tipología de playas a medio y largo plazo. Los datos de oleaje en mar abierto (boya de aguas profundas Bilbao-Vizcaya) fueron proporcionados por Puertos del Estado, y cubren el periodo de 1992 a 2022. Las variables hidrodinámicas clave para este primer análisis son la altura de ola significante (Hs) y el período de pico (Tp) y se han promediado mensualmente con el fin de desestacionalizar los datos (eliminar la correlación serial), proceso imprescindible para el estudio de correlación cruzada (Guevara Díaz, 2014). A su vez, para los datos obtenidos por AZTI, se ha asimilado la terna (Hs, Tp, Om) con los valores de H, T y dirección de un tren regular de olas offshore. Las variables morfodinámicas, se han obtenido mediante técnicas de videometría proporcionados por la

Seguimiento y predicción de la respuesta morfológica de las playas del entorno del puerto de Bilbao

Autoridad Portuaria de Bilbao y la Diputación Foral de Bizkaia y en este primer análisis son las áreas supra e intermareales. En base a la experiencia de análisis anteriores, nuevamente, se han utilizado valores mensuales filtrando así cualquier término impulsor de duración inferior al mes (Chust, 2022). Asimismo, todas las relaciones obtenidas se combinan, a su vez, con simulaciones mediante el modelo SWAN y series temporales obtenidas de campañas intensivas de 2 meses de duración (Pallares, 2014). Las correlaciones y tendencias identificadas ofrecen una base para implementar sistemas de alerta rápida (EWS) y mantenimiento predictivo en playas de esta tipología, cuyas combinaciones posibles de monitorización y simulación en función de los objetivos del trabajo (figura 1) serán la base para el desarrollo de la investigación. (Gracia, 2014)



Fig. 1. Diagrama comparativo de observaciones y modelado para el análisis hidro-morfodinámico de playas, considerando el nivel de interés e inversión asociado a cada playa. Fuente: Viñes, M (2023)

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto «Asistencia técnica para el seguimiento ambiental del proyecto de extracción de arenas en el sector norte de la Zona II de la Autoridad Portuaria de Bilbao (2022-2026) con especial vinculación al proyecto del Espigón Central », realizado para la Autoridad Portuaria de Bilbao.

Referencias

Chust, G., González, M., Fontán, A., Revilla, M., Alvarez, P., Santos, M., Cotano, U., Chifflet, M., Borja, A., Muxika, I., Sagarminaga, Y., Caballero, A., de Santiago, I., Epelde, I., Liria, P., Ibaibarriaga, L., Garnier, R., Franco, J., Villarino, E., ... Uriarte, A. (2022). "Climate regime shifts and biodiversity redistribution in the Bay of Biscay". Science of The Total Environment, 803, 149622. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149622

Guevara Díaz, J. M. (2014). "Uso correcto de la correlación cruzada en Climatología: el caso de la presión atmosférica entre Taití y Darwin."

Gracia, V., García-León, M., Sánchez-Arcilla, A., Gault, J., Oller, P., Fernández, J., Sairouni, A., Cristofori, E., & Toldrà, R. (2014). "A new generation of early warning system for coastal risk the icoast project."

Pallares, E., Sánchez-Arcilla, A., & Espino, M. (2014). "Wave energy balance in wave models (SWAN) for semi-enclosed domains-Application to the Catalan coast." Continental Shelf Research, 87, 41-53. https://doi.org/10.1016/j.csr.2014.03.008





Almacenamiento de Hidrógeno Verde Offshore en Plataformas Marítimas tipo GBS en el marco del Proyecto OCEANH2

José Manuel González Herrero^a, Natividad Sánchez López^b, Jon Martínez Fontecha^c y Daniel Zamora Serrano^d

^aigherrer ext@acciona.com; ^bAcciona Ingeniería (AI),natividad.sanchez.lopez@acciona.com; ^cAI; jonmartinez@acciona.com; dAI; daniel.zamora.serrano@acciona.com

1. Introducción

El objetivo principal del Proyecto OCEANH2, un proyecto de innovación industrial financiado parcialmente por el Programa "Misiones Ciencia e Innovación" del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial E.P.E. (CDTI), es el diseño y validación de una planta hidrógeno verde offshore en España.

Para que el hidrógeno offshore sea competitivo con respecto a otros combustibles, el proyecto busca cubrir toda la cadena de valor necesaria para poder producir, almacenar y distribuir hidrógeno a partir de generación eléctrica renovable offshore, uniendo tecnología eólica y fotovoltaica flotante.

En este contexto, el disponer de un sistema adecuado para almacenar grandes cantidades de hidrógeno ha sido uno de los factores limitantes para el uso de éste a gran escala, junto a la escasa madurez de otras tecnologías y los mercados asociados.

La propuesta de ACCIONA Ingeniería para el componente de almacenamiento tipo GBS (Gravity-Based Structure), consiste en una estructura marítima offshore capaz de acoger en su interior un sistema de almacenamiento multi-depósito de hidrógeno presurizado en estado gaseoso. El estudio de este elemento se ha abordado desde diferentes enfoques:

- En primer lugar, se ha maximizado la capacidad de almacenamiento de hidrógeno de la estructura GBS para albergar cantidades masivas de hidrógeno, en el orden de toneladas.
- Se ha perseguido que la solución sea modulable y escalable a diferentes escalas de producción (de 20 a 1000 MW de producción).
- La solución ha de ser consistente y capaz de soportar las acciones externas, fundamentalmente, las de los agentes metoceánicos y las debidas a atraque/amarre de buques para cubrir la posibilidad del transporte marítimo.
- Ha de ser constructivamente viable y competitiva económicamente.

2. Resultados

El GBS a pequeña escala (20 MW), consiste en un cajón de hormigón armado lastrado con material granular. La geometría del cajón de hormigón armado es adaptada para ubicar un sistema de depósitos de hidrógeno gaseoso a presión de al menos 10 toneladas de capacidad. El cajón se completa con una superestructura de hormigón y un muro de coronación. A mayor escala se forman islas energéticas con varios módulos.

El objetivo de alcanzar una gran capacidad de almacenamiento por unidad de GBS se aborda desde dos frentes en paralelo: por un lado, en el diseño de depósitos de almacenamiento innovadores en colaboración con la Universidad de Loyola y la compañía Alestis Aerospace, y por otro, en la definición geométrica de la estructura de gravedad capaz de dar cabida a dichos depósitos. Fruto de dicho trabajo se consigue un almacenamiento masivo en cantidades 13 t para 150 bar, e incluso las 20 t si aumentamos a 350 bar por unidad de GBS.

En cada unidad GBS tipo se destina un espacio de unos 6000 m³ (36,70 m x 13,45 m x 13,50 m) en donde se ubica el sistema de almacenamiento innovador multidepósito. Además, cada módulo GBS es capaz de albergar los equipos necesarios para la generación y distribución de la cantidad de hidrógeno almacenada, lo que permite que la solución sea modulable y escalable para distintos tamaños de planta de generación.

Un aspecto fundamental en el diseño del GBS es que sea capaz de soportar las cargas externas a las que estará sometido. El estudio realizado ha analizado las posibles localizaciones en todo el litoral español caracterizando los condicionantes meteoceánicos. Para las localizaciones escogidas, se verifica que el GBS cumple con los requisitos de seguridad exigidos bajo los agentes externos: oleaje, corrientes, viento y sismo. El diseño ha sido validado con ensayos en modelo reducido en el CEPYC.

Con el GBS dimensionado para que tenga capacidad de almacenamiento suficiente y para que sea viable técnicamente desde un punto de vista operativo, se propone un proceso constructivo que lo convierta en una solución viable y competitiva.

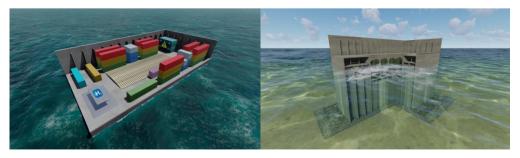


Fig. 1. GBS de almacenamiento del proyecto OCEAN H2. Fuente: elaboración propia



Diques de abrigo flotantes en aguas semi abrigadas. Aplicaciones prácticas

Rafael Torres Sampera, Juan Carlos Lanchab

aneos maritime consulting, , rafael.torres@neos-mc.com; bneos maritime consulting juancarlos.lancha@neos-mc.com.

1. Introducción

Los diques de abrigo flotantes son una solución válida, en ciertos casos, para el abrigo exterior de los puertos.

No obstante, su aplicabilidad crece notablemente en el caso de aguas semiabrigadas, tanto por su mayor competitividad en condiciones de menor oleaje incidente como por sus ventajas inherentes desde el punto de vista del impacto ambiental, tanto durante la ejecución de la obra como en su servicio e incluso desmantelamiento y uso circular.

En la presente comunicación se presentan algunos casos concretos de aplicación de la tecnología de diques flotantes en aguas semiabrigadas.

2. El dique flotante como abrigo exterior

El dique de abrigo flotante es una solución válida, en algunos casos, para diques exteriores. Como ejemplo se mostrará el caso del anteproyecto dique de abrigo en Cueva Bermeja (Puerto de Santa Cruz de Tenerife) con 1.600 m de eslora, 50 m de manga y 10 m de calado, fondeado mediante amarres a 100 m de profundidad, mostrando algunos detalles de su diseño.



3. El dique flotante como abrigo en aguas semiabrigadas

El dique de abrigo flotante también es una solución, que puede resultar más competitiva aún, en el caso de aguas semiabrigadas.

En algunos de estos casos en los que, aun habiendo una exposición al oleaje menor que en aguas expuestas es necesario un abrigo adicional, el dique flotante puede presentar algunas ventajas clave en comparación con las soluciones tradicionales cimentadas sobre fondo, como son:

- · El impacto ambiental asociado con su construcción es mínimo, pudiendo incluso construirse en un lugar alejado del de su colocación final.
- Requiere un consumo de materiales muy inferior al del dique convencional, lo cual permite un menor daño medioambiental, al implicar una mucho menor explotación de canteras.
- El impacto ambiental de la obra una vez en servicio es también mucho menor pues no invade el fondo marino y permite la circulación de agua bajo el propio dique, mejorando la calidad d el agua y reduciendo el daño a la flora y fauna en la zona abrigada.
- Al tratarse de una estructura esencialmente hueca, su espacio interior puede aprovecharse, sin apenas incremento de coste, para diversos usos portuarios (instalaciones comerciales, parking, marina seca, ...).
- La menor dimensión del oleaje incidente en aguas semiabrigadas permite dimensiones muy reducidas para las estructuras flotantes, que las hacen también muy competitivas desde el punto de vista del coste con relación a las soluciones tradicionales.
- Finalmente, las estructuras flotantes tienen la posibilidad de ser reubicadas, permitiendo la ampliación o modificación de geometría en planta de la zona abrigada.

En la ponencia se mostrarán diversos casos reales y concretos de proyectos de aplicación de esta tecnología de dique de abrigo flotante en aguas semiabrigadas.

4. Conclusión

En resumen, las posibilidades de aplicación de los diques flotantes no se limitan a las aguas exteriores. En el caso de aguas semiabrigadas los escenarios de viabilidad son más amplios, ofreciendo soluciones donde las tecnologías convencionales no tienen cabida, bien por motivos ambientales o por motivos de coste.





Diseño de estructuras de mitigación del viento sobre elementos flotantes en marinas. Aplicación al puerto de O Xufre (Pontevedra)

Juan Antonio Rodríguez Pardo^a, Jorge Álvarez Couceiro^a Andrés Figuero^b, José Sande^b, Enrique Peña^b, Alberto Alvarellos^b, Raúl Guanche^c, Sergio Fernandez^c

^aPortos de Galicia, Plaza de Europa 5A - 6°, 15707 Santiago de Compostela (A Coruña), España, juan.antonio.rodriguez.pardo@xunta.gal, jorge.alvarez.couceiro@xunta.gal.

^bUniversidade da Coruña, Centro de Innovación Tecnolóxica en Edificación e Enxeñaría Civil (CITEEC), Campus de Elviña, 15071 A Coruña, España, bandres.figuero@udc.es, jose.sande@udc.es, alberto.alvarellos@udc.es enrique.penag@udc.es.

^cIHCantabria, Grupo de Ingeniería Offshore y Energías Marinas, Calle Isabel Torres, 15, 39011 Santander, España, praul.guanche@unican.es. sergio.fernandezruano@unican.es.

1. Introducción

La acción del viento local sobre los barcos atracados en puertos pesqueros o deportivos puede generar problemas de incomodidad en los usuarios. Con el objetivo de buscar una solución, se desarrolló un trabajo de investigación para analizar la viabilidad de utilizar pantallas antiviento sobre las estructuras flotantes del puerto, como medida para mejorar la calidad de la estancia en el atraque. El estudio se realizó en el puerto de O Xufre, situado en la Illa de Arousa (Pontevedra). El ente público Portos de Galicia ha realizado múltiples intervenciones en dicho puerto, que han supuesto una renovación integral del mismo. Tras la puesta en servicio de la Dársena Exterior, los usuarios reportaron ciertos problemas generados por el viento procedente del cuarto cuadrante, motivo por el cual se seleccionó esta instalación.



Fig. 1. Puerto de O Xufre, Illa de Arousa (Pontevedra). Pantalanes de la dársena exterior

2. Definición de las alternativas y evaluación en modelo numérico

Los principales condicionantes para el diseño de una pantalla anti-viento son: porosidad, altura, longitud, orientación y proximidad al objeto a proteger. Teniendo en cuenta estos y la

problemática del puerto, la única localización viable para las pantallas era sobre los módulos de cabecera de los pantalanes, seleccionando como caso piloto el pantalán central. Los principales parámetros quedaron fijados por la localización, a falta de la porosidad óptima, la altura y posición sobre los módulos. Los dos últimos, se seleccionaron teniendo en cuenta condicionantes estructurales y de afección a los usuarios (altura 2 m). Por último, la porosidad se generaría variando la disposición de distintos elementos: perfiles laminares verticales, perfiles tubulares verticales y láminas perforadas. Por tanto, se evaluó la capacidad de apantallamiento en modelo numérico CFD de 4 posibles prototipos y 4 porosidades, comprendidas entre el 20-35%. Los resultados permitieron definir la pantalla óptima de entre las evaluadas, siendo esta la pantalla vertical de lámina perforada con porosidad del 28%.

3. Diseño del prototipo, instalación y monitorización de campo

Una vez seleccionada la mejor alternativa, la estructura se diseñó para cumplir la premisa de seguridad estructural incorporando el menor peso posible. Tras definir su diseño, el prototipo fue fabricado e instalado en puerto. Para conocer y comparar el comportamiento dinámico de los módulos de cabecera y las características del viento local en el propio pantalán, previa y posteriormente a la instalación de la pantalla, se planificaron dos campañas de campo de 3 y 12 meses de duración. Los movimientos de los módulos portantes se monitorizaron mediante la instalación de 2 unidades de medida inercial y 2 distanciómetros. El viento local se caracterizó con 3 anemómetros situados a 10 m, 26 m y 43 m del borde exterior de los módulos.

4. Resultados

Los registros de viento han mostrado una reducción importante del mismo en las direcciones de trabajo del prototipo (W, WNW y NW) pudiendo establecer ese valor entorno al 40% (medido a 2.5 m de altura). Respecto a la dinámica de movimientos de los módulos, esta no se ha visto modificada significativamente. Aunque se han podido identificar situaciones de movimiento directamente relacionadas con la acción del viento, el principal forzador de movimientos continúa siendo el oleaje generado por el paso de barcos.

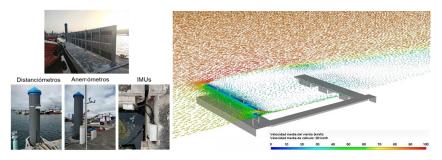


Fig. 2. Pantalla instalada y equipos de medida. Modelo CFD 3D de la alternativa seleccionada





Proyecto de reacondicionamiento de terminal portuaria mediante estructuras tipo jacket

Ofelia Rivero^a, Alejandra Revillas^b v Ana Álvarez^c

^aWorley Consulting, ofelia.rivero@worley.com; ^bWorley Consulting, alejandra.revillas@worley.com and ^cWorley Consulting, ana.alvarez@worley.com

1. Introducción

La terminal portuaria de proyecto es un pantalán de graneles líquidos construido hace más de tres décadas, y cuya tipología estructural es la de jacket metálico coronado con losa de hormigón. El objeto del proyecto es el acondicinamiento del frente de atraque para la recepción de una nueva flota de buques con un rango de capacidad superior al de diseño.

2. Reutilización de infraestructura existente

2.1. Ventajas del reacondicionamiento de infraestructura portuaria

La terminal se ubica en uno de los focos globales de biodiversidad con mayor carácter endémico del mundo, donde la ejecución de nuevas obras costeras puede llevar a la degradación del medio marino, y a la pérdida de biodiversidad y recursos pesqueros. Por ello, el reacondicionamiento de infraestructura existente es una solución atractiva para crear valor económico sin perjudicar el medio.

Desde el punto de vista económico, el reacondicionamiento revaloriza las infraestructuras, extendiendo su vida útil, ampliando sus usos, o destinando recursos a un mercado más lucrativo, y provee soluciones de forma más inmediata y con menor inversión a corto plazo frente a la nueva construcción.

2.2. Análisis de la factibilidad de uso del muelle

El proyecto comienza con un análisis para determinar la viabilidad de reutilizar la estructura sin realizar ningún tipo de modificación estrutural. Para ello se realiza una evaluación de la adecuación del diseño y las condiciones actuales de los equipos marítimos y la estructura del atraque para soportar las cargas inducidas por la operación de la nueva flota de diseño, no solo en su condición actual sino en una futura ampliación de 25 años en su vida útil

Durante la fase de análisis, se identifica la necesidad de sustituir los equipos marítimos y de instalar dos duques de alba interiores para posibilitar la compatibilidad geométrica tanto de la nueva flota de diseño como de la original. En el diseño de la nueva infraestructura se decide emplear la tipología de jacket metálico que, por un lado, se encuentra en consonancia con el resto de la infraestructura, y por otro, presenta un mayor número de ventajas de cara al proyecto tanto desde el punto de vista de coste como de sostenibilidad.

2.3. Diseño conceptual de los jacket

El jacket es una estructura metálica reticular. Su uso se asocia al campo offshore, pero para la terminal objeto de estudio se trataba de la opción más ventajosa debido a su estabilidad y resistencia a las cargas, su adaptabilidad a la batimetría existente (profundadidades de más de 30 m) y el hecho de que se puede construir modularmente en tierra y ensamblarse en su posición final, minimizando la afectación a la terminal existente y sus operaciones.

Para el diseño de los jackets se recurrió al modelado numérico. Mediante este procedimiento, se partió de una estructura genérica que se somete a las cargas de proyecto, lo que permite identificar las secciones más y menos solicitadas para optimizar tanto el tamaño como el número de elementos del jacket necesarios, permitiendo encontrar una solución que se adapta a las condiciones de carga sin sobredimensionar el material requerido.

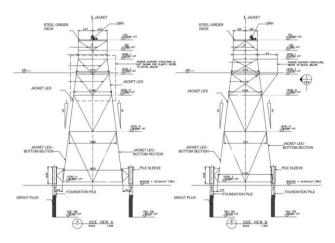


Fig. 1. Pre-diseño de jackets para cimentación de las estructuras de atraque

2.4. Conclusiones

El reacondicionamiento estructural permitió obtener a la solución más óptima en términos ecológicos y económicos. El jacket metálico es una opción excelente como tipología estructural de duque de alba en aguas profundas, debido a las facilidades que brinda para adaptarse al medio, optimizar el diseño y para su montaje en obra.





Proyecto de demostración en entorno operativo del sistema inteligente autoadaptativo para absorción de reflexiones NoWaves®

Jose Alberto González-Escrivá^a, Enrique Ripoll^b, Jorge Molines^c, Josep R. Medina^d, Joaquín Garrido e, Lisardo Fortf y Carmen García-Vilarg

^a Universitat Politècnica de València, D 0000-0003-2634-7961 jgonzale@upv.es; ^b enrido@upv.es, ^c © 0000-0001-7850-0759 jormollo@upv.es; d №00-0001-5007-7426 jrmedina@upv.es; ° Ingeomar consulting jgarrido@ingeomar.es; e Rover Maritimeg, lmfort@rovergrupo.com y @ loalenciaPort, carmengarcia@valenciaport.com;

1. Introducción

La protección frente al oleaje constituye uno de los principales objetivos del diseño portuario maximizand ola operatividad y la seguridad en las operaciones marítimas. Las obras de abrigo ofrecen una buena protección frente al oleaje.

Otras socilaciones del nivel del mar, de mayores periodos, penetran libremente en el interior de los puertos amplificándose si las condiciones geométricas que definene diques, muelles y el fondo marino son propicias para el fenómeno de resonancia (típiamente oscilaciones de entre 30 y 300 s de periodo en puertos y dársenas comerciales). Las estructuras antirreflejantes convencionales no son capaces de absorber las oscilaciones, siendo necesario plantear otras soluciones que sean efectivas para la atenuación de la energía de las oscilaciones de mayor peridodo. El sistema antiffeflehante de circuitos (Medina et al, 2016) que se integra en NoWaves® permite la absorción tanto de oleaje como de oscilaciones de mayor periodo quedando integrado en un muelle de gravedad (Martinez et al, 2010).

2. Sistema inteligente auto-adaptativo NoWaves®

La estructura básica del sistema antirreflejante NoWaves® consiste en un cajón para muelle de gravedad con aberturas por las que las ondas pueden acceder a circuitos interiores de longitudes suficientes para provocar disipación de la energía por fenómenos de fricción, cambios de dirección y sección e interferencia destructiva de ondas, El funcionamiento se basa en el de las estructuras antirreflejantes tipo Jarlan (Jarlan, 1961) para la absorción de oleaje, que se modifica para que sea posible la disipación de ondas de mayor periodo que requerirían estructuras mucho más anchas que las empleadas habitualmente para la construcción de diques y muelles (González-Escrivá et al, 2018).

La efectividad ha sido validada en experimentación física a gran escala (1/11.6). A partir de dichos resultados, se modeló numéricamente un entrono portuario real, demostrándose

sustanciales mejoras en la operatividad al reemplazar parcialmente (aprox. 1/5 de la longitud del controno interior del puerto) los muelles convencionales por el sistema NoWaves[®]. (Gonzalez-Escriva'et al, 2020).

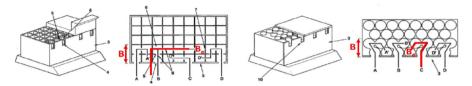


Fig. 1. Ejemplos de dos estructuras NoWayes® con circuitos de mayor longitud que el cajón

3. Sistema inteligente auto-adaptativo NoWaves®: validación ≥TRL7

La introducción de mecanismos que modifiquen la geometría de los circuitos NoWaves®posibilita la definición de un sistema autoadaptativo sntitrflrjasnte óptimo dependiendo de las características de las oscilaciones que se produzcan/prevean en tiempo real. El proyecto de demostración dirigidopor Rover Maritime y ValenciaPort describe cómo se llevará a cabo el diseño, la construcción, monitorización y evaluación del sistema NoWaves en una dársena portuaria con el compromiso de lanzamiento comercial a los 12 meses de la finalización del proyecto.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación para proyectos en fase comercial por Puertos del Estado (Ports 4.0, 2011) en su 2ª convocatoria TRADETECH, proyecto 2-19, « NoWaveees"

Referencias

Gonzalez-Escriva, J. A., Molines, J., Medina, J. R., Gómez-Martin, M. E. (2018): "Analysis of longcircuit type caissons for attenuation of long-period waves", Coastal Engineering proceedings, 1(36), papers 19, https://doi.org/10.9753/iccwe.v36.papers.19 [acceso enero 2024]

Gonzalez-Escrivá, J. A., Medina, J. R, Garrido, J. M. (2020): "Port resonance mitigation modeled introducing ARJ-R structures", Coastal Engineering proceedings, 36v structures 38, https://doi.org/10.9753/ice.v36.structures.38 [acceso enero 2024]

Jarlan (1961): "A perforated vertical breakwater". The Dock and Harbour Authority, FOSLOW, Vol.41 n°486, pp. 394-398

Martínez, Manuel,, S. Yagüe, D., Garrido, J.M., Ponce de León, D., Berruguete, A., Gonzalez-Escriva, J. A., y Medina, J. R. (2010): "Designing a New Low-Reflexivity Quay Wall Caisson", *Proceedings of* the. 32nd PIANC Conference, pp. 949-963.

Medina, J.R., Gonzalez-Escriva, J. A., Fort, L., Martínez, S., Ponce de León, D., Manuel, J., Yagüe, D., Garrido, J.k. y, Berruguete, A. (2016): "Vertical maritime structure with multiple chambers for attenuation of wave reflection", EP 2504496 (B1) European Patent Bulletin 2016 / 26, 29.06.2016 Ports 4.0 (2023) Ports of Spain Tradetech fund

https://www.ports40.es/main/static.html?static page id=39 [acceso enero 2024]





Oxagon cumpliendo objetivos con Tablestacas de Acero

Chisco Ruiz Manso

ArcelorMittal Sarl, chisco.ruiz@arcelormittal.com; (afiliación, D IEI CEng), (afiliación, D ATPyC/PIANC)

1. Introducción

ArcelorMittal se compromete a descarbonizar su producción de acero y a alinearse con los objetivos climáticos mundiales. Bajo la iniciativa, XCarb®, por la reducción del CO₂, la gama EcoSheetPileTM Plus, se fabrica con acero 100% reciclado y electricidad 100% renovable. La huella de carbono resultante es de [347 kg CO₂-eq / t] en los módulos A1-A3 del ACV, mucho menor que la siderurgia convencional y otras soluciones constructivas gracias a la posibilidad de extracción, reúso y fácil reciclado. La velocidad y facilidad de instalación también prestan un beneficio ambiental en obra. La gama EcoSheetPile™ Plus es adecuada para el proyecto Oxagon, que es una ciudad industrial parcialmente flotante en NEOM, Arabia Saudí que aspira a ser el futuro de las industrias avanzadas y limpias.

2. Oxagon: descripción del proyecto

El proyecto Oxagon es una iniciativa de Arabia saudita para crear una ciudad portuaria ganada al mar con cero emisiones en el mar Rojo, cerca del Canal de Suez. Su propósito es redefinir el modelo tradicional de la actividad industrial, acelerando los enfoques de la Industria 4.0 y los principios de la circularidad. Oxagon se concibe como un centro de industrias limpias y avanzadas, impulsado por el hidrógeno verde como combustibles, y alimentado por energías renovables.

2.1 Las pantallas de Tablestacas

En esta primera fase se proyectan 2km de muelles en Neom, lado costa de Oxagon. Los



Fig. 1. Plano general fase 1. ArcelorMittal CRPS (2013)

muelles se componen de tablestacas de muros combinado con perfiles HZ en longitudes de hasta 45 m y pantallas convencionales de tablestacas (véase Fig. 1) sumando un total aproximado de 50.000 toneladas de acero de gama EcoSheetPile™ Plus. E

2.1.1 Diseño sísmico

A parte de las ventajas medioambientales el diseño en acero otorga a los muelles flexibilidad y resistencia suficientes para afrontar con facilidad las exigencias sísmicas de la zona ($k_h \approx 0.28 g$).

2.1.2 Geotecnia

La geotecnia se caracteriza principalmente de arenas limosas con ocasionales estratos de caliza y arenas de alta compacidad (SPT>50).

2.1.3 Puesta en obra

Actualmente los trabajos de hinca del muro combinado avanzan a un buen ritmo de 15 metros lineales al día. La hinca se lleva a cabo con métodos convencionales combinando el uso de vibro y martillo de impacto IHC S90 de 10t

Agradecimientos

Se agradece a los compañeros Eric Kaparornyai, Robert Sassel, Ernst Weber, Boris Even y Alberto Alcón por sus contribuciones y apoyo.

Referencias

- ARABIAN BUSINESS. (2023) Inside Saudi Arabia's floating logistics city The Oxagon [Consulta: 15 de diciembre 2023].
- NEOM. Oxagon. https://www.neom.com/en-us/regions/oxagon [Consulta: 15 de diciembre 2023].
- PALPLANCHES ARCELORMITTAL. Reducing carbon footprint with ECO Sheet Pile Plus. https://palplanches.arcelormittal.com/news/reducing-carbon-footprint-ecosheetpileplus/ [Consulta: 15 de diciembre 2023].
- PROJECTS ARCELORMITTAL. ECOSheet Pile Plus https://projects.arcelormittal.com/foundations/sustainability/ecosheetpile-plus [Consulta: 15 de diciembre 2023].
- VISION 2030. Oxagon. https://www.vision2030.gov.sa/en/projects/oxagon [Consulta: 15 de diciembre 2023].





Dispersión del material de descarga en el puerto de Santander

María Jesús Martína, Alberto Rodríguezb y Obdulio Serranoc

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX), Madrid, mimartin@cedex.es.; ^bAutoridad Portuaria de Santander, ars@puertosantander.com y ^cPuertos del Estado, obdulio@puertos.es

1. Introducción

Esta presentación trata la emisión de partículas de distintas mercancías en el proceso de descarga con cuchara en las tolvas situadas en los muelles de Raos 3 y Raos 5 del puerto de Santander (figura 1). Se analizan, de acuerdo a la Autoridad Portuaria de Santander (APS), 3 productos con 3 tipos de combinaciones con dos direcciones de viento

2. Descripicion del estudio

Las características del material de descarga considerado para reproducir la dispersión del material en su proceso de caída desde la cuchara a la tolva se recogen en la tala 1.

PRODUCTO	Tamaño particulas (mm)			Densidad aparente
PRODUCTO	Minimo	Máximo	Medio	(t/m³)
Sulfato Sódico (R5)	0.05	1	0.27	1.66
Abono_Nutramon(R3)	0.5	5	3.6	1.04
trigo (R3 v R5)	5	9	7	0.7

Tabla 1. Características de los productos de descarga considerados

La descarga de los distintos productos en las dos tolvas se combina de la siguiente forma: Sulfato (R5)-Abono (R3); Cereales (R5)-Abono (R3); Sulfato(R5)-Cereales(R3)

2.1. Características de las simulaciones

Las simulaciones numéricas se han realizado con el módulo de Fase Discreta Densa (Discrete Phase Model (DPM) del Fluent, de la empresa ANSYS. El modelo es un modelo multifase en el que la fase discreta (partículas emitidas) es tratada en un marco de referencia lagrangiano y la fase continua con métodos eulerianos. Ambas fases son acopladas a través de términos fuentes en las ecuaciones de gobierno.

El flujo de la fase discreta se introduce "inyectando partículas", injections, que pueden ser referidas de distintas formas habiéndose seleccionado en estas simulaciones, invecciones a través de la superficie asociada a la parte inferior de la cuchara que se considera abierta. De acuerdo a la información suministrada por la APS, la caída de material de la cuchara se realiza aproximadamente en 1min y la cantidad vertida está en torno a 40t. Teniendo en cuenta la distancia de la cuchara a la superficie (â‰^9.5m), la tasa aproximada de descarga es â‰^665.0 kg/s.

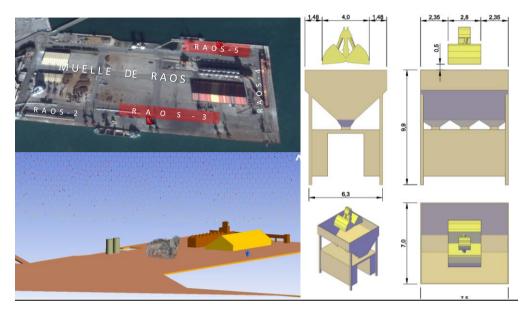


Fig. 1. Características de la tolva de descarga. Geometría reproducida en el modelo

3. Resultados

Los resultados son analizados considerando la concentración de partículas en planos, verticales y horizontales, equidistantes de las tolvas, así como el domino total reproducido. Los resultados obtenidos dependen de la intensidad del viento de la distribución granulométrica considerada en los distintos productos, la distancia de la cuchara a la superficie de entrada del material descargado en la tolva y las características de los obstáculos en la dirección de actuación del viento.

Referencias

Menter, F.R. Kuntz, M. and Bender, R. A (2003). A scale-adaptive simulation model for turbulent. Conference: 41st Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, Nevada. DOI: 10.2514/6.2003-767

Modeling Discrete Phase. Release 2022 R1 - © ANSYS, Inc





Transporte Lagrangiano de microplásticos y basuras marinas en aguas costeras: provecto LAMARCA y la crisis del Toconao

Irene Ruiz Muñoza, Ivan Manso-Narvartea, Manuel González Péreza, Pedro Liria Loza^a, Oihane C. Basurko^a, Santiago Gaztelumendi De Miguel^b y Anna Rubio Compañva

^aAZTI Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA) Herrera Kaia, Portualdea s/n, 20110-Pasaia (Gipuzkoa) , iruiz@azti.es; Agencia Vasca de Meteorología (EUSKALMET). Parque Tecnológico de Álava, Calle Albert Einstein. Nº 28, 01510 - Miñano (Araba), santiago.gaztelumendi@tecnalia.com

1. Introducción

La contaminación producida por la basura marina es en un problema medioambiental notable a escala mundial. A nivel europeo, el Mar Mediterráneo occidental y el golfo de Bizkaia constituyen dos zonas particularmente afectadas por este tipo de contaminación (Rodriguez-Díaz et al., 2020). En estas regiones, el transporte oceánico y la hidrodinámica costera, y en particular, los procesos físicos de meso O(10-100km) y submesoescala O(0.1-10km) condicionan el comportamiento de la basura marina favoreciendo, entre otros fenómenos, la acumulación de residuos a lo largo de la costa en zonas frontales contaminación (Hernandez-Carrasco et al., 2020, Ruiz et al., 2020). Comprender en detalle estos procesos es crucial para determinar la distribución, acumulación y el destino final de la basura marina en estas cuencas. En este contexto, surge en 2022 el proyecto LAMARCA, con el propósito de estudiar cómo los procesos costeros de submeso y pequeña escala O(<0.1 km) afectan al transporte y la agregación y dispersión de los residuos en superficie, a lo largo de la columna de agua y en el fondo marino. LAMARCA plantea la combinación de observaciones armonizadas, muestreos in-situ, técnicas de modelización numérica y novedosas herramientas Lagrangianas en base a sistemas complejos para resolver los procesos asociados, p.e., a zonas frontales producidas por eddies o estructuras de Langmuir. La crisis producida por el vertido de pellets de plástico del carguero Toconao frente a la costa de Galicia en diciembre de 2023 ha servido para profundizar en el transporte de microplásticos en el marco del proyecto con la puesta a punto en operacional de simulaciones Lagrangianas ad-hoc y el lanzamiento de una campaña con boyas de deriva para el seguimiento del vertido en la costa del golfo de Bizkaia.

2. Objetivo

El enfoque de las tareas ha sido múltiple: (1) Simular diferentes escenarios para predecir la trayectoria de microplásticos en superficie (en este caso pellets de plástico) a partir de datos de corriente superficial y viento, (2) adquirir y el analizar datos observacionales necesarios para validar las trayectorias proporcionadas por el modelo, y (3) sentar las bases para el desarrollo de productos de datos futuros que permitan un seguimiento más preciso de microplásticos y su acumulación. Estas tareas han contribuido además a las acciones de vigilancia y seguimiento del vertido dentro del 'Plan Especial de Emergencias de Euskadi ante la Contaminación Marina' (Itsasertza).

3. Bases de datos utilizadas

Para la obtención de datos de corriente superficial se han considerado dos fuentes. Por un lado, las predicciones del modelo regional operacional Iberia-Vizcaya-Irlanda (IBI) de Copernicus Marine Systems y, por otro, los datos observados mediante la estación de radar de alta frecuencia (HF radar) del observatorio costero EusKOOs. Los datos de viento superficiales han sido elaborados y proporcionados por el area Meteorología y Clima de Tecnalia, expresamente para el seguimiento del vertido. Las travectorias para validar el modelo proceden 6 boyas de deriva diseñadas y construidas conjuntamente entre AZTI y Université du Littoral Côte d'Opale.

4. Metodología y trabajos desarrollados

En este trabajo se ha configurado y aplicado la interfaz web del modelo GNOME, concebido para dar respuesta a vertidos de petróleo y desarrollado por la División de Respuesta a Emergencias de la Oficina de Respuesta y Restauración (OR&R) de la NOAA. El modelo simula el movimiento del vertido, calculando las trayectorias a partir de campos de vientos y corrientes. Las simulaciones se han inicializado en 5 zonas a lo largo de la costa cantábrica: una zona para el vertido inicial y 4 zonas de control. En las zonas de control, el vertido se ha definido a partir de 3 puntos a lo largo de un transecto perpendicular a la costa y se ha simulado el transporte diariamente con una ventana de previsión de 5 días. Para la validación de las trayectorias simuladas, se han lanzado las boyas por parejas a una distancia de 1.5, 2.5 y 3.5 millas de la costa de Bermeo En cuanto al desarrollo de nuevos productos, se han generado de manera operacional mapas de estructuras coherentes Lagrangianas mediante exponentes de Lyapunov para identificar la presencia de zonas frontales. Asimismo, se ha aplicado el método de interpolación variacional bidimensional 2dVar para espacialmente aumentar la resolución y rellenar huecos en los campos de corriente del HF radar.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto de I+D+i PID2021-123352OB-C33 financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y "FEDER Una manera de hacer Europa".

Referencias

HERNANDEZ-CARRASCO et al., (2020). "Lagrangian flow effects on phytoplankton abundance and composition along filament-like structures". Progress in Oceanography, 189, 102469.

RODRIGUEZ-DIAZ et al., (2020). "The Bay of Biscay as a trapping zone for exogenous plastics of different sizes". Journal of Sea Research, 163, 101929.

RUIZ et al., (2020). "Litter Windrows in the South-East Coast of the Bay of Biscay: An Ocean process Enabling Effective Active Fishing for Litter. Frontiers in Marine Science, 292, 118216.





Avances en el modelado numérico de residuos plásticos marinos: algunas consideraciones sobre su forma, flotabilidad y biofouling

Paula Núñeza, Cristina Misicb, Laura Cutroneob, Marco Capellob, Raúl Medina y Giovanni Besio^c

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, nunezp@unican.es

^bDipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università degli Studi di Genova, Italy ^cDipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale, Università degli studi di Genova, Italy

1. Introducción

Los modelos numéricos han demostrado ser herramientas eficaces para evaluar el transporte y dispersión de residuos marinos en las escalas global, regional y local. Aunque la mayor parte de estas herramientas emplean partículas esféricas para representar los residuos (e.g., Núñez et al., 2019), la realidad indica que la forma de la mayoría de los residuos difiere significativamente de una esfera. Por otro lado, la mayoría de los estudios se ha centrado en elementos plásticos con flotabilidad positiva (e.g., Núñez et al., 2019) y solo unos pocos se han dedicado a los elementos no flotantes, representados por partículas inerciales (e.g., Stocchino et al., 2019). Sin embargo, cuando los residuos plásticos llegan al medio marino pueden o no flotar y esta capacidad no depende solo de la densidad del material, sino que se vería también influenciada por otros procesos como el crecimiento de biofouling (adhesión de microorganismos, plantas y animales a la superficie de los residuos). Por lo tanto, los enfoques convencionales utilizados en la literatura presentan limitaciones significativas debido a las características inherentes a la forma y flotabilidad de los residuos. Estas limitaciones pueden conllevar a representaciones imprecisas del comportamiento real de los residuos, generando trayectorias y acumulaciones notablemente distintas a las reales.

Este estudio tiene como objetivo abordar las limitaciones numéricas previas con el fin de mejorar la precisión en las predicciones del transporte de residuos marinos. El propósito es proporcionar resultados más precisos y útiles para los gestores, permitiéndoles definir estrategias efectivas de mitigación y limpieza. Para ello se explora, con base en experimentos de laboratorio, el diámetro de las esferas que mostrarían una flotabilidad equivalente a la de residuos plásticos de diferentes tamaños, formas y densidades. Además, se examina la contribución del biofouling a las variaciones en dicha flotabilidad y se proporcionan indicaciones para incluir estos efectos en las herramientas numéricas.

2. Metodología

La metodología se basa en la ejecución de ensayos de laboratorio para analizar la flotabilidad de diversos tipos de residuos plásticos. Se consideran variables como la densidad, el tamaño y la forma (Fig. 1a). Con este propósito, se evaluaron las velocidades terminales de ascenso/asentamiento de los materiales plásticos flotantes/no flotantes, utilizando un tanque de dimensiones 50×50×50 cm³ (Fig. 1b). La posición de los plásticos

se monitoreó mediante una cámara que capturó imágenes a 22 fps y una resolución de 1280×720 píxeles. La velocidad terminal de cada material se determinó tras calibrar la cámara y aplicar técnicas de análisis de imágenes (Fig. 1c). Adicionalmente, se examinó el impacto del crecimiento del biofouling en la flotabilidad. Para ello se incubó biofilm en los materiales de prueba durante 3 meses y se repitió el proceso descrito anteriormente para estimar las nuevas velocidades terminales y así, los cambios en la flotabilidad inducidos por el crecimiento de biofilm.

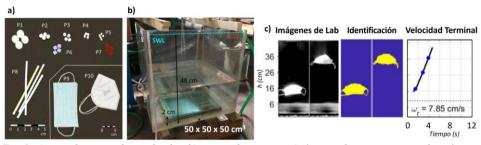


Fig. 1. a) tipos de materiales evaluados, b) tanque de ensayo y c) técnicas de procesamiento de imágenes empleadas durante los ensayos. Fuente: Núñez et al. (2023)

3. Resultados

De los resultados obtenidos, se presentan nuevas relaciones y recomendaciones para abordar las limitaciones actuales en el modelado numérico del transporte de residuos plásticos. La determinación del diámetro de la esfera con velocidad terminal equivalente a la del residuo plástico de interés se puede obtener mediante fórmulas del estado del conocimiento que requieren aplicar complejos métodos de resolución numéricos. Este estudio identifica una relación experimental sencilla entre las dimensiones y la forma de cada residuo para estimar rápidamente el diámetro de la esfera equivalente. Por otra parte, los resultados revelan que el desarrollo del biofilm provoca una disminución en la flotabilidad de materiales sólidos; no obstante, se observa una tendencia opuesta en los materiales huecos y abiertos, evidenciando un aumento en la flotabilidad. A partir de los análisis de los resultados, se derivan relaciones sencillas para considerar los cambios en la densidad debidos al crecimiento de biofouling.

Referencias

NUÑEZ, P., GARCIA, A., MAZARRASA, I., JUANES, J. A., ABASCAL, A. J., MENDEZ, F., CASTANEDO, S. & MEDINA, R. (2019). "A methodology to assess the probability of marine litter accumulation in estuaries" en Marine Pollution Bulletin, 144, 309-324.

NUÑEZ, P., MISIC, C., CUTRONEO, L., CAPELLO, M., MEDINA, R., & BESIO, G. (2023). "Biofilm-induced effect on the buoyancy of plastic debris: An experimental study" en Marine Pollution Bulletin, 193, 115239.

STOCCHINO, A., DE LEO, F., & BESIO, G. (2019). "Sea waves transport of inertial micro-plastics: Mathematical model and applications" en Journal of Marine Science and Engineering, 7(12), 467.





El modelado numérico como herramienta de apovo en la respuesta al vertido de pellets del buque Toconao: del corto plazo al medio plazo

Ana J. Abascal^a, Germán Aragón^a, César Antonio Pérez^a, Paula Núñez^a, Andrés García^a, Raúl Medina^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain.

abascalaj@unican.es

1. Introducción

El 8 de diciembre de 2023, el buque Tocoano sufre un incidente en aguas portuguesas. Como resultado de este incidente el buque pierde 6 contenedores enfrente de la costa norte de Portugal, uno de ellos cargado con aproximadamente 1000 sacos de pellets. A partir de ese momento, se produce una llegada a numerosas comunidades costeras de una "marea blanca" (como se le ha llamado coloquialmente) de pellets que deriva en la activación de diferentes planes de emergencia. Esta situación genera una serie de interrogantes, como ¿van a llegar los pellets a nuestras costas?, ¿cuándo llegarán?, ¿por qué algo que ocurre en la costa norte de Portugal puede alcanzar comunidades que se localizan a cientos de kilómetros del origen del vertido?.

Para ayudar a resolver estas preguntas y entender la evolución del vertido, desde el origen, su deriva y el comportamiento en la costa, nos apoyamos en el uso de modelos numéricos y herramientas estadísticas que aportan luz a la resolución de estas cuestiones. Por este motivo, en este estudio se presenta el análisis realizado de la evolución del vertido de pellets derivado del buque Toconao, desde el origen del incidente a un horizonte de medio-plazo (3 meses), analizando las capacidades de las herramientas numéricas y las mejoras requeridas de cara a futuros incidentes.

2. Metodología

Dada la incertidumbre asociada a la información del vertido, la metodología para el análisis se basa en 3 enfoques: i) modelización histórica (hindcast) desde el 8 de diciembre de 2023 con el objeto de calibrar y validar el modelo numérico y estimar el porcentaje de vertido que puede quedar a la deriva y entrar en el Golfo de Vizcaya; ii) modelado probabilístico basado en la simulación de N (200) posibles trayectorias del vertido de pellets bajo diferentes condiciones océano-meteorológicas, de tal forma que la información respecto a la evolución del vertido se proporciona en términos probabilísticos y a medio plazo y iii) análisis sobre la aplicación de los modelos en tiempo real para proporcionar predicción de deriva a corto plazo.

3. Resultados v conclusiones

En la presentación se mostrarán: i) los resultados derivados de la reconstrucción del vertido durante un mes desde el origen del mismo; ii) los mapas probabilísticos a medio plazo (3 meses) de la afección al medio marino y a la costa y los tiempos mínimos de llegada esperados; y iii) las lecciones aprendidas en cuanto a la ventajas y limitaciones de las herramientas disponibles.

El análisis realizado muestra, entre otros aspectos: i) la importancia de conocer y calibrar el peso relativo del efecto del viento y las corrientes en la modelización de la evolución; ii) la relevancia de los modelos probabilísticos para proporcionar información de qué va a ocurrir en el medio plazo (> 15 días - 3 meses) y iii) la necesidad de seguir generando datos en las zonas costeras para mejorar las herramientas de prevención y respuesta.

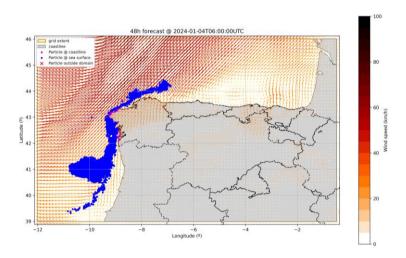


Fig. 1. Ejemplo de simulación del vertido derivado del buque Toconao

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto C-OIL (PID2020-117267RB-I00) financiado por MCIN/AEI/10.13039/ 501100011033//. Con la colaboración de la Consejería de Presidencia, Justicia, Seguridad y Simplificación Administrativa del Gobierno de Cantabria.





Sistema de ayuda a la toma de decisiones para la gestión de la calidad del agua y contaminación marina en zonas costeras y estuarios

Andrés García^a, Ana J. Abascal^a, Javier García^a, Germán Aragón^a, Javier F. Bárcena^a, Mirko Rupani^a, Luciana Badano^a, Andrés Felipe Julio^a, César Antonio Pérez^a, Raúl Medinaa

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain. garciagan@unican.es

1. Introducción

La contaminación marina es una realidad creciente a la que se enfrenta y seguirán enfrentándose las costas de nuestro entorno. Tal y cómo se reconoce internacionalmente, conservar y utilizar sosteniblemente los océanos y los mares es una prioridad para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los hitos establecidos por la Agenda 2030. Dada la relevancia de esta problemática, en las últimas décadas se ha realizado un esfuerzo importante en la obtención de datos del medio físico y en el desarrollo de modelos, metodologías y herramientas para la prevención y gestión de la contaminación marina, tanto derivada de vertidos industriales, derrames accidentales o plásticos y basura marina.

A pesar de los esfuerzos realizados, la disponibilidad de datos y herramientas en la escala costera y local es limitada, debido principalmente a la alta resolución espacial requerida en estas zonas y a la complejidad de los procesos a modelar. La gran disponibilidad de datos (big data) existentes hoy en día, permite el desarrollo de técnicas basadas en inteligencia artificial y métodos híbridos, que permiten optimizar tanto el downscaling hidrodinámico como las herramientas para la alerta, gestión y toma de decisiones. Para aprovechar este potencial, en este trabajo se presenta el proyecto MARION, financiado por el Programa de Ciencias Marinas, cuyo objetivo es el desarrollo de nuevas técnicas y herramientas basadas en métodos innovadores, como la ciencia de datos y la inteligencia artificial, para contribuir a mejorar la prevención y gestión de la calidad de aguas de baño y la contaminación marina en entornos costeros.

2. Metodología

El proyecto MARION se basa en el desarrollo de metodologías y herramientas basadas en modelado numérico, híbrido y de inteligencia artificial, con un doble objetivo: por un lado, contribuir con técnicas que permitan obtener, de forma óptima, las variables marinas de alta resolución que se requiere en entornos costeros y, por otro, ofrecer técnicas estadísticas e híbridas que -a partir de las variables marinas antes obtenidas- permitan crear de forma idónea los sistemas de alerta, prevención y gestión ante la contaminación marina.

3. Resultados

Como resultado del provecto se obtendrán los siguientes productos (véase la Figura 1): i) Nuevas técnicas de downscaling hidrodinámico basadas en modelado numérico, híbrido e inteligencia artificial; ii) Sistema de oceanografía operacional para la costa de Cantabria; iii) Desarrollo de un sistema de oceanografía operacional de alta resolución basado en técnicas de Inteligencia Artificial (IA) y métodos híbridos en la Bahía de Santander; iv) Desarrollo de un sistema de modelado lagrangiano para la predicción en tiempo real y evaluación de la peligrosidad ante sustancias contaminantes en el medio marino (IH-TESEO); v) Desarrollo de un sistema de alerta para la calidad de aguas de baño (CICLOPE); vi) Desarrollo de una herramienta de ayuda a la toma de decisiones ante contaminación marina en la Bahía de Santander y zona adyacente que integre los resultados previos (sistema de oceanografía operacional, IH-TESEO, CICLOPE). En la presentación se mostrarán resultados específicos obenidos en las diferentes tareas.



Fig. 1. Metodología y tareas del proyecto MARION

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido parcialmente financiado por el Proyecto MARION del Programa de Ciencias Marinas, el cuál forma parte del programa ThinkInAzul, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad Autónoma de Cantabria, y por el proyecto C-OIL (PID2020-117267RB-I00) financiado por MCIN/AEI/10.13039/ 501100011033//.



Análisis de los efectos de los vertidos de sistemas de saneamiento en áreas estuarinas fuertemente antropizadas. Caso de la Ría de Bilbao

Javier García-Alba^a, Javier F. Bárcena^a y Alejandro Fernández Ferrero^b

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, parciajay@unican.es b Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaja, Bilbao, Spain.

1. Introducción

Las áreas estuarinas son zonas de gran ocupación demográficas debido a los diferentes servicios ecosistémicos que estas ofrecen. Este crecimiento puede favorecer la necesidad de desarrollar metodologías para poder evaluar y comprender el posible efecto de los saneamientos sobre estas zonas. En el caso de la Ría de Bilbao, el importante número de factores involucrados en el análisis de la evolución de los vertidos del Sistema de Saneamiento Galindo - Lamiako y su efecto sobre la concentración de fósforo en la ría y Abra de Bilbao (véase Figura 1) ha requerido la utilización de modelos matemáticos, capaces de analizar la dinámica de las masas de agua en la zona receptora de cada vertido y de predecir la evolución de cada vertido en función de las condiciones ambientales. En consecuencia, se ha desarrollado una metodología basada en análisis hidrodinámicos y de evolución, transporte y dispersión de sustancias en el medio marino.



Fig. 1. Localización de la zona de estudio respecto a la ubicación del Abra de Bilbao. Fuente: elaboración propia

2. Metodología

Las plumas introducidas por el Sistema de Saneamiento Galindo-Lamiako en el medio receptor procedentes de los vertidos de sistemas de saneamiento urbanos se hallan sometidas a fenómenos de transporte y dispersión promovidos por la acción de las corrientes marinas, estuarinas o fluviales (IHCantabria, 2019). Asimismo, aquellos contaminantes susceptibles de sufrir procesos reactivos estarán sometidos a una cinética de degradación progresiva como se muestra en el modelo desarrollado para analizar la evolución de la concentración de fósforo recogido en la Figura 2. En este sentido, en un primer paso se ha llevado a cabo una validación del modelo de calidad de agua desarrollado para a continuación poder evaluar el efecto de las descargas del sistema de saneamiento sobre la calidad de las diferentes partes de la Ría de Bilbao, así como llevar a cabo el análisis del efecto de diferentes actualizaciones sobre el funcionamiento del mismo.



Fig. 2. Esquema de funcionamiento del modelo de evolución de la concentración de fósforo desarrollado. Fuente: elaboración propia.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia a través del contrato para la realización del estudio titulado «Modelo de calidad de impacto de los vertidos del sistema de saneamiento Galindo sobre la concentración de fósforo en la Ría de Bilbao».

Referencias

IHCANTABRIA, (2019). Modelo de impacto de los vertidos del sistema de saneamiento Galindo en la Ría de Bilbao. Informe técnico.

POSTMA, L., BODERIE, P., VAN GILS, J. y VAN BEEK, J. (2003). "Component software system for surface water simulation" en Lecture Notes in Computer Science, 2657, 649-658.





Ingeniería marítima en tramos en los que el transporte transversal es predominante

Leonardo Monzonís Fornera, Fernando Pérez Burgosb, María Josefa Solernou Sanzc, Miguel Angel Aragón Babilonid y David Aragón Balaguere

^aServicio Provincial de Costas en Castellón, Dirección General de la Costa y el Mar, lmonzonis@miteco.es. ^bfpburgos@miteco.es, ^cmjsolernou@miteco.es, dmaragon@miteco.es. edaragon@miteco.es D MITECO

1. Introducción

Tradicionalmente, la ingeniería marítima se ha enfrentado con problemas de erosión en tramos en los que el transporte longitudinal es predominante. Sin embargo, en la medida que los aportes sedimentarios de los ríos se han ido reduciendo, y las barreras al transporte han ido produciendo sus efectos, reteniendo los sedimentos, algunos tramos han evolucionado hacia la orientación de equilibrio; lo cual significa que en estos tramos el transporte longitudinal neto tiende a anularse; y con ello, el transporte tranversal se vuelve predominante. Esto justifica que prestemos cada vez mayor atención a los cambios inducidos por el transporte transversal y que sea oportuno estudiar qué tipo de soluciones pueden ser aplicables cuando estos tramos entran en regresión.

2. Cambios inducidos por el transporte tranversal

La hipótesis de ortogonalidad es la base de la metodología estándar para estudiar el transporte de sedimentos. De acuerdo con esta hipótesis, es posible dividir el transporte sedimentario en dos direcciones: una paralela a la costa y otra perpendicular a la costa. El transporte paralelo a la costa (longitudinal) es el responsable de los cambios inducidos en la planta de la playa, mientras que el transporte perpendicular (transversal) es el responsable de los cambios inducios en el perfil de la playa.

Esta hipótesis tiene importantes restricciones cuando se trata de estudiar una unidad fisiográfica completa no lineal o cuando tratamos con la evolución histórica a largo plazo. Sin embargo, puede seguir siendo útil cuando tratamos de resolver problemas en la escala temporal y espacial en la que lo hace la ingeniería marítima.

De acuerdo con esto, los cambios que van asociados al transporte trasnversal son los cambios en el perfil de la playa, y son estos cambios, por lo tanto, a los que tiene que atender el diseño de la solución a un problema de regresión cuando es éste el transporte predominante. Estos cambios en el perfil tienen, por otra parte, características específicas que los distinguen de los cambios en planta.

Mientras que el caudal de transporte neto anual medio es un dato básico cuando tratamos de plantear soluciones en el caso de que el transporte longitudinal sea predominate, los tiempos más relevantes son ahora otros: las variaciones estacionales y los cambios hiperanuales.

2.1. Cambios estacionales en el perfil de la playa

Estos cambios han sido ampliamente estudiados en la literatura científica. La formación de barras y su movimiento estacional fue ya abordada en los años noventa (Sunamura y Takeda, 1993). Actualmente es un asunto de enorme interés para la gestión de las playas, puesto que la temporada de baños se ha extendido notablemente y los usuarios se encuentran, o bien con que el perfil de verano no se ha completado; o bien, al final de la temporada que ya está cambiando hacia el perfil de invierno. Este es un tema que merece un tratamiento en profundidad, pero que no es objeto de esta ponencia en la que nos centraremos en los problemas de regresión que tienen un carácter más estructural, de carácter hiperanual.

2.2 Cambios hiperanuales en el perfil de playa asociados a temporales extraordinarios

Con periodicidad hiperanual se producen temporales extraordinarios muy energéticos que provocan grandes cambios en el perfil de la playa, tanto sumergido como emergido, que se traducen en retrocesos importantes en el ancho de la plataforma. Estos cambios se producen en horas o días, mientras que la recomposición del perfil puede prolongarse durante meses o años. Cuáles son los parámetros que intervienen en estos procesos y en qué medida, por un lado, y qué actuaciones pueden llevarse a cabo para reducir los efectos sobre la plataforma de playa, por otro, son los asuntos que desarrolamos en esta ponencia.

Referencias

Artículos

SUNAMURA T. y TAKEDA Y. (1993). « Bar Movement and Shoreline Change. Predictive Relations » en Journal of Coastal Research, 15, 125-140. Tesis

Tesis

MARTINEZ SÁNCHEZ, J. (2013). Evolución de la línea de costa a partir del equilbrio dinámico del perfil playa.. Tesis doctoral. Santander: Universitad Cantabria. https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/4429/Tesis%20JMS.pdf?sequence=1 > [Consulta: noviembre 2023]

MORENO BLASCO L.J. (2015). Perfil de playas sustentadas. Estudio Hidrodinámico y experimental. Directrices de diseño. Tesis doctoral. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/39111/1/Luis Moreno Blasco.pdf> [Consulta: noviembre 2023]





Pedagogía de la costa a los ingenieros de agua dulce y secano

Vicente Ibarra Damiáa

^aGeneralidad Valenciana, Dirección General de Costas Puertos y Aeropuertos, ibarra vic@gva.es.

1. Introducción

Predicar que la protección de la costa es tarea de todos, es una obviedad que por ser una afirmación de alcance general todos comparten sin que a título individual nadie se sienta concernido.

Más comprometido es afirmar que la protección de la costa compete a todos los ingenieros, añadiendo que ahí incluimos a los de secano y agua dulce, apelativo que les damos en clave de humor, y hacerles ver que sus proyectos y obras en tierra adentro, aunque cierta pereza intelectual les induzca a desconocerlo, afectan a las playas. Y generalmente no para bien.

Pero la pedagogía quedaría incompleta si se limitara a señalarlos como culpables, dejémoslo en que por omisión, de la regresión de las playas. Apuntarles algunas de las acciones que pueden y deben emprender les permitirá tenerlas presentes en el futuro y facilitará que sean colaboradores en mejorar el estado de nuestra costa.

Obras que retienen áridos y medidas correctoras

Hemos incorporado los ingenieros a nuestros proyectos infinidad de estudios sobre cuestiones que antes nos parecían ajenas a nuestras obras y sin las que hoy nos parecerían proyectos incompletos.

Así, los estudios de impacto ambiental, que deben someterse a una compleja tramitación administrativa, tratan de la afección que puede causar la obra a los reinos animal y vegetal en su estado preexistente a nuestra actuación. También al paisaje; o a restos arqueológicos que pudiera haber y que habríamos de rescatar; el ruido; la contaminación lumínica ...

El iter de estos estudios ambientales debe concluir con una Declaración, en la que se impondrán medidas compensatorias y correctoras del impacto que causan, con objeto de anularlo o cuando menos minimizarlo.

Pero ningún proyecto de obra sobre una presa, por ejemplo en el Pirineo, prevé corregir la disminución de áridos que inexorablemente lleva aparejada, debida en primer lugar a la reducción de la erosión en los tramos de aguas bravas y en segundo a la retención en el fondo del embalse del poco material erosionado.

Tampoco la explotación de los embalses prevé su dragado periódico y la gestión, difícil, del material extraído, pese a los perjuicios que de modo directo les causa: reducción de volumen embalsado, colapso de los desagües de fondo ...

3. Un artículo timorato en una ley enérgica

Tiene fama, merecida, nuestra ley de Costas de ser una ley enérgica. Los deslindes y sus efectos sobre las ocupaciones previas, legales e ilegales; las limitaciones de usos y volúmenes en zona de servidumbre; el establecimiento de la zona de afección, etc, mostraron al tiempo de su redacción la voluntad de recuperar una costa que por tantas causas se había deteriorado.

Pero cuando en su art. 29 se ocupa de la aportación de áridos a la desembocadura de los ríos, la limita a los que que se encuentran en los tramos finales de los cauces, remitiendo a una distancia geométrica a determinar no se sabe si reglamentariamente, orden ministerial u otro instrumento con alcance normativo aún más limitado.

4. Planes hidrológicos de cuenca

La Directiva Marco del Agua impone el análisis unitario de las aguas continentales, de transición, y marinas. De la elaboración de los Planes Hidrológicos se encargan los Organismos de Cuenca. Calificar de buen estado un agua marina atendiendo sólo a su calidad. desconociendo su estado geomorfológico es incompleto y por ello erróneo e inexacto.

Que se remite y conoce la Comisión Europea.

Pese a las dificultades para una rigurosa definición y cuantificación, la necesidad de establecer un caudal ecológico ha sido incorporada a estos Planes. Sólo para el agua.

El establecimiento de un caudal ecológico sólido, es tarea pendiente.

5. No sólo las presas ni los ingenieros de las Confederaciones: todos

Si estas últimas consideraciones ya atribuyen la falta de áridos a obras alejadas de los tramos finales de los ríos, también obras ajenas a ellos son causa de regresión. Como se ha apuntado en la Introducción, el objetivo de la ponencia será, acompañando algún ejemplo real como el revestimiento de una cuneta de carretera, implicar a todos los ingenieros en la conservación de la costa, recordándoles que deben estudiar también cómo las obras, en secano, alteran la erosión que de modo natural, antes o después, llevaría áridos al mar. Y obrar en consecuencia.

No son dificultades técnicas. Es conocimiento y voluntad





Problemas y soluciones para el secado de muestras de arena a bordo de una draga

Patricia Lopez-Garcia^a, Juan J. Muñoz-Perez^a, Antonio Contreras^a, Francisco Contreras^a, Jeanette Romero-Cozar^a, Pilar Diaz-Carrasco^a, Bismarck Jigena-Antelo^a.

Universidad de Cádiz (F.Ciencias del Mar, E.Politécnica y EIMANAR), España. (patricia.lopezgarcia@uca.es, juanjose.munoz@uca.es. antonio.contreras@uca.es, francisco.contreras@uca.es, jeanette.romero@uca.es, pilar.diaz@uca.es, bismarck.jigena@uca.es)

1. Introducción

Los parámetros que se usan habitualmente para caracterizar el tamaño de la arena son la mediana (D_{50}) y el sorting o desviación típica (σ), y son imprescindibles en el análisis que se lleva a cabo para investigar los procesos costeros y las consiguientes regeneraciones de playas (USACE, 2002; Santos-Vendoiro et al. 2021).

En las obras de regeneración de playa a bordo del buque dragador se lleva a cabo un control, previo al vertido en playa, de las arenas que se van extrayendo. Es crucial una determinación lo más precisa posible de esos dos parámetros (D₅₀ y σ) para comprobar si la arena dragada de la zona de préstamo es compatible con la arena nativa de la playa a regenerar (Pranzini et al. 2018). Los análisis para la comprobación deben realizarse en un limitado tiempo de trabajo, que será el tiempo de recorrido desde que la cántara se ha llenado en el punto de préstamo hasta el lugar de vertido, y que no suele superar los 60-90 minutos. Otras limitaciones importantes a bordo de una draga para llevar a cabo estos análisis son el escaso espacio de trabajo, las dimensiones y peso del material requerido que hay que subir al buque, la inestabilidad de la tensión eléctrica y las aceleraciones inducidas por los movimientos del buque (Poullet et al. 2019). Teniendo en cuenta dichas limitaciones y conseguir resultados precisos, otros autores ya han adaptado parte de la metodología de obtención de los parámetros de grano de arena a bordo de dragas: (1) encontrando el tiempo necesario de tamizar agitando a mano la columna de tamices en lugar de usar la máquina tamizadora (Lopez-Garcia et al. 2021) y (2) cómo tamizar usando tamices de 10 cm de diámetro en vez de los de 20 cm (Roman-Sierra et al. 2013).

Un aspecto primordial no estudiado todavía, se refiere al secado a bordo de la muestra previo a su tamizado. Cuando las muestras de arena se secan en tierra, se utiliza una mufla y el tiempo de secado es de 12 horas. Por contra, debido a las limitaciones mencionadas, a bordo de las dragas se utiliza un microondas para el secado. Hasta ahora, no se ha determinado ni el tiempo necesario de secado, ni la potencia de calentado, ni una metodología precisa para evitar la explosión de la muestra dentro del microondas (Fig.1) y conseguir un cálculo lo más preciso posible de los parámetros granulométricos. Para maximizar la eficacia y minimizar los errores, la metodología ha consistido en la realización de múltiples ensayos con arenas de diferentes playas, y distintas potencias y tiempos de secado con el microondas. Se confrontaron dichos resultados con los obtenidos para el secado mediante mufla y 12 horas de duración. A tal fin, se compararon los gramos retenidos en cada tamiz y otros parámetros (D₅₀, σ , D₉₅, D₈₄, D₇₅, D₂₅, D₁₆ y D₅). Finalmente, durante la ponencia y tras identificar los problemas existentes, se presentará una metodología sencilla para determinar las pautas necesarias (potencia, tiempo, caracteristicas del recipiente, etc.) que permitan un secado rápido en función del tipo de arena.



Fig.1. Muestra de arena húmeda que ha explotado en intento de secado en microondas

Referencias

- LOPEZ P., MUÑOZ J.J., CONTRERAS A., VIDAL J., JIGENA B., SANTOS J.J., ROMERO J. y CONTRERAS F. (2021). Error on the Estimation of Sand Size Parameters When Using Small Diameter Sieves and a Solution. Front. Mar. Sci. 8:738479
- POULLET P., MUÑOZ J.J., LOPEZ P., GARCIA S., MARTELL R., SILVA R. y MORENO L. (2019). Sand size variability inside the hopper of a trailing suction dredger for beach nourishment purposes. Geo-Mar Lett 39, 513-520
- PRANZINI E., ANFUSO G. v MUÑOZ J.J. (2018). A probabilistic approach to borrow sediment selection in beach nourishment projects. Coastal Engineering 139, pp. 32-35
- ROMAN J., MUNOZ J.J. y NAVARRO, M. (2013). Influence of sieving time on the efficiency and accuracy of grain-size analysis of beach and dune sands. Sedimentology 60(6), pp. 1484-1497
- SANTOS J.J., MUNOZ J.J., LOPEZ P., JODAR J., MERA J., CONTRERAS A., CONTRERAS F. y JIGENA B. (2021). Evolution of Sediment Parameters after a Beach Nourishment. Land 10, no. 9: 914.
- USACE (2002). Coastal Engineering Manual. EM 1110-2-1100, www.publications.usace.army.mil





Los problemas del ábaco de James y una solución alternativa

Enzo Pranzini a. Giorgio Anfuso b v Juan J. Muñoz b

- ^a Dpto de Ciencias de la Tierra, Universidad de Florencia, Borgo Albizi, 28, 50122 Florence, Italia (enzo.pranzini@unifi.it)
- ^b Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, CASEM, Universidad de Cadiz, Rio San Pedro s/n, 11510 Puerto Real, España (giorgio.anfuso@uca.es y juanjose.munoz@uca.es)

1. Introducción

Para comprobar la compatibilidad de las arenas de préstamo con las nativas de la playa nos basamos principalmente en la comparación de sus respectivos tamaños de grano. El Coastal Engineering Manual (USACE, 2002) recomienda un D₅₀ de préstamo similar al nativo, consiguiendo, de ese modo, un perfil de equilibrio similar y una respuesta parecida frente a las tormentas.

Fueron Krumbein and James (1965) quienes, para evaluar la idoneidad de un material de préstamo, propusieron unas ecuaciones que introducen un factor de realimentación. Es decir, una estimación del volumen de arena necesario para compensar las pérdidas por finos. Otros autores (Dean, 1974; James, 1975) ahondaron en el tema, siendo el nomograma de este último (conocido como el Ábaco de James) el más ampliamente utilizado por los proyectistas de realimentaciones de playa (Fig 1), proporcionando un factor de sobrellenado u Overfill Factor (R_A). La razón para ello es su facilidad de uso, dado que para calcular los parámetros de entrada $(M_{\phi} \ y \ \sigma_{\phi})$, que consideran las medias y las desviaciones típicas, se usan los parámetros D₁₆ y D₈₄ de sencilla obtención.

Sin embargo, cabe señalar que la hipótesis de partida de este método exige una distribución logarítmico normal de ambos sedimentos (préstamo y nativo), lo que no siempre es cierto (e.g. Hobson, 1977). Asimismo, existen dos zonas problemáticas dentro del ábaco. La zona azul de la Fig. 1 corresponde a arenas de préstamo más gruesas y mejor clasificadas que las nativas. En ese caso, se las considera simplemente como "estables", siendo el nomograma incapaz de discernir entre diferentes fuentes de préstamo cuál de ellas es la más adecuada. Por otro lado, la zona roja (Fig. 1) corresponde a arenas de préstamo bien clasificadas y de tamaño sensiblemente similar. En este área, las líneas están tan juntas que pequeños errores pueden conducir a grandes diferencias volumétricas en su utilización.

Para solventar los problemas del ábaco de James, se presentará en esta ponencia un nuevo método que, no requiriendo de una distribución log-normal del sedimento, y siendo de muy fácil utilización, permite clasificar distintas fuentes de préstamo por su idoneidad.

Tras haberse aplicado en varias regeneraciones de playas en Italia y España, el método ha probado su consistencia y utilidad (Pranzini et al., 2018).

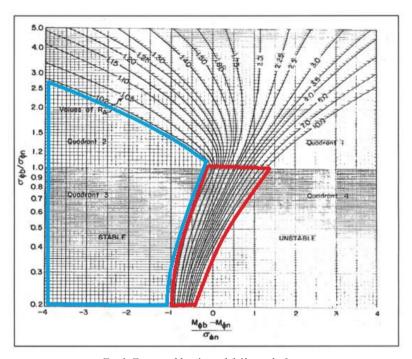


Fig.1. Zona problemática del ábaco de James

Referencias

- DEAN R. (1974). Compatibility of borrow material for beach fills. In: Proc. 14th Int. Conf. on Coastal Engineering, vol. 2, pp. 1319–1330.
- JAMES W.R. (1975). Techniques in Evaluating Suitability of Borrow Material for Beach Nourishment. T.M. 60. CERC, US Army Corps of Engineers, Fort Belvoir.
- HOBSON R.D. (1977). Review of Design Elements for Beach Fill Evaluation. T.P. 77-6. CERC, US Army Corps of Engineers, Fort Belvoir.
- KRUMBEIN W.C. y JAMES W.R. (1965). A Lognormal Size Distribution Model for Estimating Stability of Beach Fill Material. T.M. 16. US Army Corps of Engineers, Beach Erosion
- PRANZINI E., ANFUSO G. y MUÑOZ J.J. (2018). A probabilistic approach to borrow sediment selection in beach nourishment projects. Coastal Engineering 139, pp. 32-35
- USACE (2002). Coastal Engineering Manual. EM 1110-2-1100, www.publications.usace.army.mil





Desarrollo de metodología híbrida estimar el una para comportamiento de la cuña salina en ambientes estuarinos

Mirian Jiméneza, Laura Cagigala, Alba Ricondoa, Beatriz Pérez- Díaza, Cielo Fernández^b, Javier Sopelana^b, Sonia Castanedo^a, y Fernando Méndez^a

Universidad D ^aGeoOcean de Cantabria, mirian.iimenez@unican.es: group. alba.ricondo@unican.es; (D) laura.cagigal@unican.es: beatriz.perez@unican.es: cielo@aquaticaingenieria.es; isopelana@aquaticaingenieria.com.

Introducción 1.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021-2030), recoge diferentes provecciones climáticas regionalizadas para España, realizadas a partir de los modelos climáticos utilizados en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5). Estas proyecciones reflejan unas tendencias a futuro donde se concluye que, en la mayoría de las cuencas españolas, se producirá una disminución en los caudales medios. Además, se contempla un incremento del ascenso del nivel del mar entre 17-25 cm para los escenarios analizados en el corto plazo (2026-2045) en las costas españolas. Estos cambios, pueden causar cambios en el desplazamiento de la cuña salina dentro de los mismos. El avance o retroceso de esta cuña salina puede no solo producir cambios en los ecosistemas estuarinos, sino que también puede comprometer la disponibilidad de agua dulce para actividades como el regadío y para diferentes actividades industriales. Diversos estudios científicos han investigado los efectos de la subida del nivel del mar sobre el desplazamiento de la cuña salina en los estuarios. Tian (2019) analiza los distintos factores que contribuyen a dicho desplazamiento. Estos estudios están basados generalmente en el modelado de procesos. Este tipo de aproximaciones es, en ocasiones, inabordable debido al gran esfuerzo computacional que requieren. Es por ello por lo que en este trabajo se propone el desarrollo de una metodología de "downscaling" híbrido, donde se combinan la implementación de modelos numéricos con herramientas estadísticas.

2. Metodología

Esta metodología de downscaling híbrido consta de diversos pasos. (1) Se parametrizan los factores que determinan el comportamiento de la cuña salina, relativos a la caracterización del caudal del río, de las dinámicas costeras. (2) Se configuran los generadores estocásticos, donde se generan casos sintéticos (N=100000 casos), dando valores a los parámetros establecidos con anterioridad mediante la técnica del hipercubo latino. (3) Se realiza una selección de N = 1500 casos representativos mediante la aplicación del algoritmo de máxima disimilitud (MDA) sobre los casos generados sintéticamente. (4) Los N casos seleccionados son modelados numéricamente con el modelo DELFT3D (Fig1). Este modelo ha sido previamente calibrado y validado con campañas de campo, realizadas en diferentes estaciones climáticas. (5) Una vez modelada toda la casuística seleccionada, se realiza un Análisis de Componentes Principales (PCA) en el eje longitudinal del estuario, durante un ciclo mareal. Este algoritmo nos permite capturar los principales modos de la variabilidad del predictando a lo largo del tiempo, y finalmente, (6) se crea una superficie de interpolación de la concentración de sal mediante Funciones de Base Radial (RBFs).

Resultados

Con base en la metodología previamente descrita, se obtiene una herramienta predictiva de alta resolución para evaluar el comportamiento de la cuña salina de cualquier estuario de una forma rápida, fiable y robusta.

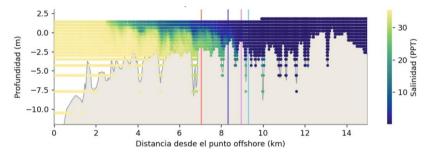


Fig.1. Representación de la cuña salina en un instante del ciclo de marea en el eje longitudinal de un sistema estuarino

Referencias

TIAN., (2019). "Factors controlling saltwater intrusion across multi-time scales in estuaries, Chester River, Chesapeake Bay ». Estuarine Coastal and Shelf Sci., 223: 61-73

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo se enmarca dentro de: Metodologías para la evaluación de riesgos del sector industrial y adaptación al cambio climático en el ámbito estuarino (MyEst) que cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Convocatoria de subvenciones para la realización de proyectos que contribuyan a implementar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021-2030).





Emulador climático basado en tipos de tiempo para la evaluación del riesgo por inundación compuesta

Jared Ortiz-Angulo^{a1}, Paula Camus^a, Fernando Méndez^a, Sonia Castanedo^a, Mirian Jiméneza, Laura Cagigala y Beatriz Pérez-Díaza

^a GeoOce	ean group, Depart	tamen	to de Ciencias y Ténicas del Agu	a y del Medio Ambiente, Univers	idad
de	Cantabria,	tabria, Djared.ortizangulo@unican.es;		paula.camus@unican.es;	
fernando	o.mendez@unicar	n.es;	sonia.castanedo@unican.es;	mirian.jimenez@unican.es;	(D)
laura.cas	gigal@unican.es:	b e	atriz.perez@unican.es		

1. Introducción

Los episodios extremos de inundación suelen ocurrir por la combinación de oleaje de alto nivel energético (definido por ej. por altura de ola significante, (Hs), periodo (Tp) y dirección (Dir)) con sobreelevaciones del nivel del mar producido por la marea, tanto astronómica (AT) (p.ej. coincidencia de pleamares vivas), como meteorológica (SS) por el efecto de las bajas presiones y el viento, combinadas con las aportaciones fluviales, tales como precipitaciones (P), sus correspondientes caudales de aportación (Q) y escorrentías. Dicha ocurrencia simultánea de los factores, da lugar a lo que se conoce como inundación compuesta, agravando y aumentando el riesgo de la inundación.

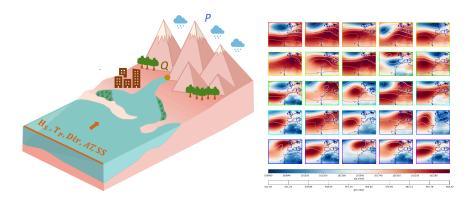
La complejidad de este problema ha impulsado la necesidad de mejorar la comprensión y modelización probabilística de la variabilidad climática y las tendencias de la dinámica estuarina a lo largo del tiempo. Para superar las limitaciones impuestas por la falta de registros históricos, han surgido emuladores basados en el clima que han sido empleados para reproducir series temporales sintéticas de las diferentes variables que tienen influencia en los eventos de inundación.

2. Metodología

Se propone el empleo de una nueva versión del emulador climático TESLA (Cagigal et al., 2020) para generar nuevos eventos de inundaciones compuestas identificando su relación con un conjunto de tipos de tiempo (DWTs) que representan diferentes patrones de presión atmosférica a gran escala. El uso de tipos de tiempo permite analizar la variabilidad climática histórica y proporciona información sobre la variabilidad espacial y temporal en la región.

El desarrollo del emulador consta de los siguientes pasos: 1) Aplicación de un algoritmo para aislar y parametrizar las variables oceanográficas; 2) Generación de los tipos de tiempo diarios basados en campos de presión (presión a nivel medio, gradiente de presión y

geopotencial 500 hPa); 3) Ajuste de un modelo autoregresivo logístico para generar series sintéticas del tipo de tiempo basado en predictores a gran escala; 4) Y finalmente, modelado sintético de series temporales de las distintas variables implicadas en los eventos de inundación compuesta (Hs, Tp, Dir, AT, SS, P y Q) considerando la estacionalidad, las variaciones intranuales, interanuales (Anderson et al., 2019) y preservando la cronología a todas estas escalas.



 $f(H_s, T_n, Dir, AT, SS, P, Q)/DWTs$

Fig. 1. Croquis del proceso inundación compuesta a escala local y tipos de tiempo basados en campos de presión

3. Resultados

Con base en las metodologías anteriores, se ha desarrollado un emulador climático compuesto por diferentes módulos estadísticos capaces de generar miles de años de series temporales diarias de variables meteorológicas y oceánicas preservando la cronología de las series temporales históricas, la correlación entre las diferentes variables, así como las distribuciones marginales de cada variable. Estas series pueden ser empleadas como condiciones de contorno de un metamodelo o de cualquier tipo de modelo para calcular, entre otros, riesgo presente, futuro y considerando los efectos del cambio climático.

Referencias

ANDERSON, D., RUEDA, A., CAGIGAL, L., ANTOLINEZ, J.A.A., MENDEZ, F.J., RUGGIERO, P. (2019). "Time-varying emulator for short and long-term analysis of coastal flood hazard potential". J. Geophys. Res. Ocean. 1–26.

CAGIGAL, L., RUEDA, A., ANDERSON, D., RUGGIERO, P., MERRIFIELD, M. A., MONTAÑO, J., COCO, G., MÉNDEZ, F. (2020). "A multivariate, stochastic, climatebased wave emulator for shoreline change modelling". Ocean Modelling, 154, 101695.





Clasificación sinóptica de eventos compuestos extremos de lluvia y oleaje en el Mediterráneo Peninsular: evolución de tipos de tiempo en eventos persistentes y efemérides

Marc Sanuy^a, Jose A. Jiménez^b

^aLaboratori d'Enginyeria Marítima (LIM), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), 0000-0003-2711-5409, marc.sanuy@upc.edu; bLIM,UPC, 0000-0003-0900-4684, jose.jiménez@upc.edu

1. Introducción

La Costa Mediterránea Peninsular (CMP) es susceptible al impacto de lluvias y tormentas costeras extremas, provocando inundaciones y erosión del litoral sobre un entorno altamente urbanizado. Estos episodios están asociados a la potencial magnificación de las inundaciones cuando los forzamientos se producen en la misma cuenca costera (eventos multivariados), y a la acumulación de impactos a lo largo de múltiples cuencas gestionadas por una misma administración (eventos compuestos espacialmente). Además, cuando estos episodios son muy persistentes o ocurren en una rápida sucesión de picos, dichos impactos se acumulan, y potencialmente agravan) en el tiempo (eventos compuestos temporalmente). Los diferentes tipos de evento compuesto (Zscheischler et al., 2020), suponen un reto para la gestión del riesgo, y para la capacidad de los servicios de emergencias. El análisis de patrones sinópticos ayuda a entender bajo que estructuras atmosféricas se producen dichos episodios, así como a establecer relaciones entre los patrones atmosféricos y la intensidad y distribución espacial de los forzamientos (lluvias y oleaje severos).

2. Aplicación

Se han identificando eventos compuestos a partir de datos de estaciones meteorológicas gestionadas por AEMET y el SMC (lluvia) y nodos SIMAR gestionados por Puertos el Estado (oleaje), para el período 1980-2022, y cubriendo todas las cuencas de la CMP.

La clasificación sinóptica se ha realizado a partir de dators de ERA-5, y consiste en análisis de componentes principales y k-means, que han sido aplicados en este caso a los campos presión en superficie, el geopotencial a 500hPa y la componente horizontal del viento del pico de las tormentas, usando escala continental (Sanuy et al., 2024).

Se ha realizado una segunda identificación de episodios con doble umbral de lluvia (100 i 40mm) para identificar sucesiones de picos de magnitud extrema que se pueden extender durante semanas. A partir de una selección de episodios históricos de máxima magnitud (efemérides de lluvia diaria máxima, Hs, lluvia acumulada y flujo de energía del oleaje) se Clasificación sinóptica de eventos compuestos extremos de lluvia y oleaje en el Mediterráneo Peninsular: evolución de tipos de tiempo en eventos persistentes y efemérides

ha analizado la evolución diaria de las estructuras atmosféricas durante el evento, clasificando los campos atmosféricos medios diarios en los patrones obtenidos anteriormente a partir de los picos de tormenta.

3. Resultados

En el presente trabajo se presentará la primera clasificación y caracterización de tipos de tiempo para el fenómeno compuesto lluvia-olas a la escala de la CMP (Figura 1). Los tipos de tiempo obtenidos se utilizarán para analizar la evolución temporal (diaria) de eventos concretos de máxima magnitud y larga duración, en base a los patrones sinópticos previamente obtenidos.

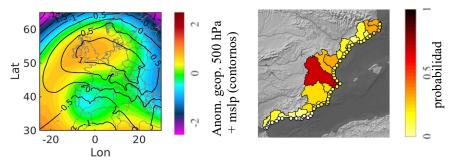


Fig. 1. Ejemplo de tipo de tiempo compuesto extremo (izquierda) y su caracterización a lo largo del territorio (derecha). La probabilidad de lluvia > 200mm se muestra en las cuencas y la probabilidad de tormenta extrema de oleaje en los nodos costeros

Agradecimientos

Proyecto de investigación C3RiskMed (PID2020-113638RB-C21, Ministerio de Ciencia e Innovación), y proyecto MyFlood (PLEC2022-009362, Agencia Estatal de Investigación). Los autores expresan su agradecimiento a AEMET y SMC por el suministro de datos de lluvia y a Puertos del Estado por el suministro de datos de oleaje.

Referencias

ZSCHEISCHLER, J., MARTIUS, O., WESTRA, S., BEVACQUA, E., RAYMOND, C., HORTON, R. M., VAN DEN HURK, B., AGHAKOUCHAK, A., JÉZÉQUEL, A., MAHECHA, M. D., MARAUN, D., RAMOS, A. M., RIDDER, N. N., THIERY, W., AND VIGNOTTO, E.: A typology of compound weather and climate events, Nat. Rev. Earth Environ., 1, 333–347, 2020.

SANUY, M., PEÑA, J.C., ASSIMENIDIS, S., JIMÉNEZ, J.A.: Synoptic weather patterns conducive to compound extreme rainfall-wave events in the NW Mediterranean, Nat. Haz. Earth Sis. Sci., 28, 283–302, 2024.





Caracterización de eventos compuestos lluvia-olas a lo largo de la costa Mediterránea

María Aguilera-Vidal¹, Marc Sanuy¹, Maria I. Ortego², José A. Jiménez¹

¹Laboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona Tech, Barcelona,

Email:maria.aguilera.vidal@upc.edu Email:jose.jimenez@upc.edu Email:marc.sanuy@upc.edu

²Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona Tech, Barcelona. Email: ma.isabel.ortego@upc.edu

1. Introducción

El Mediterráneo español se caracteriza por ser una costa sometida al impacto de temporales costeros y de riadas asociadas a episodios de lluvia intensa, de tal manera que una evaluación adecuada del riesgo pasa por la estimación del impacto de ambos fenómenos, que muchas veces ocurren de forma simultánea en lo que se conoce como eventos compuestos. Estos eventos se corresponden con la acción simultánea de varios agentes durante los cuales o bien se intensifica el impacto local o, se acumula su impacto a lo largo del territorio.

Aunque la caracterización de las componentes individuales, tormentas costeras y riadas, ha sido ampliamente abordada desde diferentes puntos de vista a lo largo de la costa mediterránea española, no ocurre lo mismo con los eventos compuestos a pesar del reto que representan para la gestión del riesgo en la zona costera ya que pueden desbordar la capacidad de los servicios de emergencia como se ha puesto de manifiesto en eventos como el temporal Gloria en enero de 2020. Dentro de este contexto, este trabajo presenta una primera caracterización de los eventos compuestos extremos de lluvia intensa y temporal de oleaje a lo largo de la costa mediterránea española.

2. Área de estudio y datos

El área de estudio es la zona costera del Mediterráneo español peninsular, desde Cataluña a Andalucía. La zona ha sido zonificada en base a la existencia de cuencas hidrográficas a las cuales se les asocia un tramo de costa en su parte vertiente. En cada una de esas zonas se ha caracterizado los episodios de lluvia intensa a partir de los registros medidos en las estaciones meteorológicas existentes operadas por AEMET (~ 500 estaciones). La variable utilizada para caracterizar esta componente es la lluvia acumulada diaria. La componente del oleaje se ha caracterizado a partir de la base de datos SIMAR (Puertos del Estado), para lo cual se han seleccionado los puntos existentes frente a cada una de las cuencas a lo largo de la costa.

3. Metodología y resultados

Para cada una de las cuencas se ha construido una serie sintética representativa en la que se retiene la lluvia más intensa registrada por cualquiera de las estaciones de la cuenca y que representaría la lluvia capaz de actuar sobre la zona costera correspondiente a esa cuenca. La parte marina se corresponde con la serie de oleaje del punto SIMAR correspondiente a la zona y ambos se analizarán de forma conjunta.

En primer lugar, se detectan los eventos individuales de lluvias y oleaje mediante el método del POT, eligiendo un umbral estadístico local asociado al percentil 99.5. Una vez identificados los eventos, se realiza un análisis exploratorio para conocer sus características básicas a lo largo del litoral e identificar su variabilidad espacial en términos de magnitud y frecuencia. Finalmente se realiza un análisis de la probabilidad de ocurrencia mediante el uso de cópulas. Para ello se analizan diferentes combinaciones bivariadas de ambas variables climáticas, una en la que ambas componentes superan el umbral de evento extremo y, otras dos en la que una de las componentes es extrema (supera el umbral) y la otra puede serlo o no. En la figuar adjunta se presentan unos resultados provisionales para la zona de Cataluña. En el artículo final se presentarán los resultados para toda la costa mediterránea española.

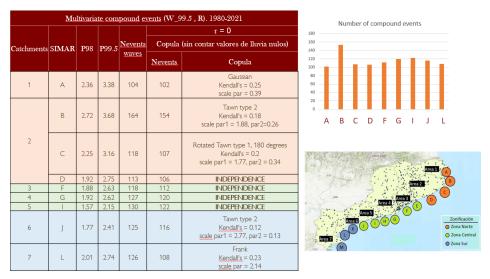


Fig. 1. Análisis de dependencia y frecuencia de eventos compuestos (R, W 0.995) de eventos compuestos en Cataluña

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro de los proyectos C3RiskMed y CONBACO (PID2020-113638RB-C21, PID2021-125380OB-I00).



Estudio de inundaciones por eventos compuestos en estuarios: aplicación de un metamodelo

Paula Camus^a, Jared Ortiz-Angulo^a, Fernando Méndez^a, Sonia Castanedo^a, Mirian Jiméneza, Laura Cagigala, Beatriz Pérez-Díaza

^a GeoOcean	group,	Universidad	de	Cantabria,	paula.camus@unican.es;	(ID)
jared.ortizangu	ılo@unicar	n.es; Dernando	.mend	lez@unican.es;	onia.castanedo@unican.es;	(D
mirian.jimenez@unican.es;						

1. Introducción

Muchos núcleos urbanos costeros se encuentran en estuarios donde las inundaciones pueden originarse por dinámicas oceanográficas (marea astronómica, marea meteorológica y olas), pero también por el caudal de ríos (fluvial) y escorrentía superficial directa (pluvial). Estos factores suelen estar vinculados causalmente a través de tormentas, pudiendo ocurrir simultáneamente o en sucesión cercana, agravando el impacto de las inundaciones. La simulación de las interacciones entre el caudal del río y el nivel del mar que se propaga desde la desembocadura del estuario, manifestándose en cambios en la lámina del agua y zonas inundadas a lo largo del estuario y sus canales mareales, requiere del uso de modelos numéricos con alto coste computacional. Además, comúnmente se ha abordado el efecto del caudal considerándolo simplemente como un promedio o máximo representativo, sin tener en cuenta la co-ocurrencia histórica de estas dinámicas forzadoras ni la evolución a lo largo del evento compuesto.

2. Metodología

Se propone el desarrollo de un metamodelo para predecir de manera eficiente las variaciones espaciales del nivel del agua y las áreas de inundación para evaluar el peligro de inundaciones compuestas (Figura 1). Este método rápido y efectivo para predecir la hidrodinámica estuarina se basa en técnicas de selección e interpolación (Ricondo et al., 2023), reduciendo el costo computacional intensivo de la modelización dinámica clásica. Uno de los aspectos más importantes para garantizar la eficiencia de un metamodelo es la parametrización del problema, que consiste en la definición de un conjunto variables representativas del proceso que se quiere modelar. En este caso se consideran hidrogramas de caudal y marea meteorológica (Dullaart el al., 2023) para definir la típica evolución de estas dinámicas durante eventos extremos, ciclos de marea astronómica de diverso rango característicos del sitio de estudio, y el desfase que pueda existir entre caudal y nivel. El metamodelo, desarrollado en las marismas de Santoña, donde desemboca el río Asón, permite la

reconstrucción de la inundación para cualquier nueva combinación de condiciones oceanográficas y fluviales, y caracterizar probabilísticamente el riesgo de inundación compuesta.

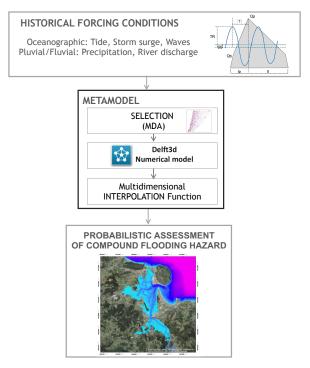


Fig. 1. Esquema metodológico

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a los proyectos MyFlood (PLEC2022-00936R), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/PRTR. HyBay (PID2022-141181OB-I00), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE y BahiaLab, financiado por la Comunidad Autónoma de Cantabria y por la Unión Europea Next GenerationEU/PRTR.

Referencias

DULLAART, J. C. M., MUIS, S., DE MOEL, H., WARD, P. J., EILANDER, D. y AERTS, J. C. J. H. (2022). "Enabling dynamic modelling of global coastal flooding by defining storm tide hydrographs en EGUsphere [preprint], https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-1048.

RICONDO, A., CAGIGAL, L., PÉREZ-DÍAZ, B. y MÉNDEZ, F.J. "HySwash: A hybrid model for nearshore wave processes" en Ocean Engineering, Volume 291, 116419.





Análisis de inundaciones compuestas en estuarios y ríos costeros del noroeste de España

Javier Sopelana Peralta^a Luis Cea Gómez^d

- ^a Aquática Ingeniería Civil S.L. Areal 42 36201 Vigo, jsopelana@aquaticaingenieria.com
- d Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente GEAMA, Universidade de A Coruña.

1. Introducción

Los estuarios y tramos de ríos costeros, además de poseer una elevada riqueza ambiental, actúan como zonas de laminación de avenidas. Estas zonas se caracterizan por estar sometidas a diferentes dinámicas, de tal forma que el mismo evento extremo de nivel de agua puede resultar de la acción de una dinámica o de la diferente combinación de varias dinámicas, algunas de las cuales están correlacionadas. Esto se conoce en la actualidad como eventos de inundación compuestos.

Por otro lado, estas zonas litorales destacan por ser zonas presionadas y densamente pobladas. Las actuaciones antrópicas de las últimas décadas han dado lugar a la ocupación de estos terrenos, disminuyendo la capacidad de laminación o de respuesta ante eventos extremos y aumentando el riesgo de inundación.

2. Descripción de la problemática

Dentro de la directiva europea de inundaciones, los organismos de cuenca están obligados a definir los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) y a disponer de un Plan de Gestión del Riesgo de Inundación. En el territorio de Galicia-Costa, de las 170 ARPSIs existentes, 138 están compuestas por estuarios o tramos de ríos costeros, lo que representa un 80% del total.

La Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) de la Dirección General del Agua (Sánchez y Lastra 2011), justificándose en la complejidad de los procesos, a la hora de realizar el modelo hidráulico en los ríos con desembocadura aplica una condición de contorno de nivel del mar correspondiente al mismo periodo de retorno que el de la avenida que se esté modelizando, lo cual resulta conservador y lejos de la realidad.

Este vacío metodológico, en una zona presionada urbanísticamente y que además está potencialmente expuesta a los efectos del aumento del nivel medio del mar debido al cambio

climático, ha sido la semilla de la Tesis doctoral de Sopelana, J. 2022, cuyos resultados se propone presentar en estas jornadas.

3. Metodología

Dentro de los trabajos se han analizado diferentes métodos para estudiar las inundaciones compuestas en estuarios y tramos de ríos costeros. Las inundaciones en estas zonas resultan de la interacción de varias dinámicas con diferentes escalas y donde algunas de las cuales están correlacionadas.

Para ello, se han seleccionado de todo el territorio de Galicia Costa tres ARPSIs con datos suficientes y que representan la casuística gallega. Se han aplicado tres metodologías para la evaluación de la inundación compuesta a partir de datos de caudal de río, marea astronómica y marea meteorológica, en forma de series sintéticas simultáneas generadas previamente.

- La primera metodología es la tradicional que consiste en suponer las dinámicas dependientes y llevar a cabo una simulación hidráulica considerando el mismo periodo de retorno en cada dinámica tal y como recomienda la Guía del SNCZI.
- La segunda metodología es la multivariante, y consiste en hacer un análisis extremal conjunto mediante funciones cópula de los eventos compuestos para posteriormente simular numéricamente algunos eventos asociados al mismo período de retorno.
- La tercera metodología es la de simulación en continuo, que consiste en simular hidráulicamente la totalidad de las series temporales de las dinámicas involucradas y con los resultados de nivel hacer estadística y determinar el periodo de retorno.

Además de comparar los resultados obtenidos con las tres aproximaciones, se han analizados el efecto de otros parámetros como el tamaña de la cuenca o la importancia del Tlag, o intervalo de tiempo existente entre el pico del hidrograma y el instante de pleamar.

Referencias

SÁNCHEZ, F. J., & LASTRA, J. (2011). "Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. (2011)". Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

SOPELANA, J., CEA, L., RUANO, S. (2018). "A continuous simulation approach for the estimation of extreme flood inundation in coastal river reaches affected by meso and macro tides". Natural Hazards, 93(3), 1337-1358. DOI: 10.1007/s11069-018-3360-6.

SOPELANA PERALTA, J. (2022). "Estudio de inundaciones compuestas en estuarios y tramos de ríos costeros: aplicación a ríos del noroeste de España". Tesis Doctoral. Universidade da Coruña. http://hdl.handle.net/2183/30481



Relevancia de la morfología intermareal en la inundación compuesta en estuarios (caso del Oka, Costa Vasca)

Iñaki de Santiago^a, Roland Garnier^a, Irati Epelde^a, Aritz Abalia^a, Andrea del Campo^a, Giovanni Cocob, Pedro Liriaa

^aAZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Herrera Kaia. Portualdea z/g, 20110 Pasaia, Gipuzkoa, Spain, , idsantiago@azti.es y bUniversity of Auckland, SCIENCE CENTRE 302 - Bldg 302, 23 SYMONDS ST, AUCKLAND CENTRAL, AUCKLAND, 1010, New Zealand, D, g.coco@auckland.ac.nz

1. Introducción

El fenómeno de inundación costera se produce por la combinación de múltiples forzadores. Estos se pueden categorizar como; oceanográficos (marea astronómica, marea meteorológica y oleaje), pluviales (escorrentía superficial directa) y/o fluviales (aumento de la descarga de los ríos), y pueden verse modificados por factores estructurales y/o morfológicos. El enfoque clásico para obtener la inundación costera se basa en el análisis de los forzadores de forma independiente, sin embargo, estos pueden producirse de manera simultánea (fenómeno de inundación compuesto), y aun no siendo extremos, pueden dar lugar a aumentos no lineales del impacto debido a sus interacciones físicas (Zscheischler et al., 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, este estudio tiene como objetivo analizar la relevancia de la morfología intermareal en la inundación compuesta en zonas costera.

2. Datos y metodología

El estuario del Oka está situado en el sureste del Golfo de Vizcaya en el País Vasco (norte de España) y pertenece a la Reserva de la Biosfera de Urdaibai declarada por la UNESCO en 1984. El estuario, en su tramo inferior, está dominado principalmente por la acción combinada del oleaje y las corrientes de marea, y en su tramo superior (donde la influencia del oleaje es prácticamente inexistente), dominan los efectos de la marea y de la escorrentía (Garnier et al., 2022).

Los datos de oleaje se recogieron de la boya de aguas profundas de Bilbao-Vizcaya la cual proporciona las características del oleaje desde 1990 hasta la actualidad. Los datos de nivel proceden del mareógrafo de Bilbao3 y cubre el periodo comprendido entre 1992 hasta la actualidad. La topo-batimetría del estuario se obtiene combinando mediciones sobre el terreno (topografías y batimetrías históricas) con información obtenida mediante técnicas de videometría costera. La estación de videometría del estuario del OKA cubre parcialmente el estuario inferior desde su instalación en el año 2007, siendo esta la primera estación de videometría instalada en el País Vasco (Liria et al., 2021). La modelización numérica se realiza mediante el modelo basado en procesos Delft3D que permite simular los procesos físicos que gobiernan la dinámica de las distintas zonas del estuario.

3. Resultados

Se analizan cuatro indicadores morfológicos (Área de playa supramareal, posición de la barra intermareal W, posición del canal S y posición del canal N) a lo largo del estuario inferior con objeto de obtener una serie de estados morfológicos característicos de la zona intermareal del estuario inferior y así, analizar el efecto de estos en la inundación costera. El análisis de tendencias indica la presencia de una tendencia descendente (ascendente) en los indicadores Área de playa supramareal y Canal N. Los análisis de autocorrelación y correlación cruzada indican una estacionalidad marcada en la posición de la barra intermareal W, y posición del canal S y la influencia del flujo de energía en este comportamiento. Este análisis, lleva a categorizar los estados morfológicos en i) estado asociado a alta energía (invierno) caracterizado por presentar una barra intermareal alargada y la presencia o ausencia de playa seca (área supramareal) y ii) estado asociado a baja energía (verano) caracterizado por presentar una barra intermareal más corta y la presencia o ausencia de playa seca (área supramareal).

Agradecimientos

Este trabajo es parte del proyecto PLEC2022-009362 (MyFlood) financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/PRTR. Iñaki de Santiago agradece la financiación del Gobierno Vasco a través del Programa de movilidad del personal investigador doctor.

Referencias

- Garnier, R., Townend, I., Monge-Ganuzas, M., de Santiago, I., Liria, P., Abalia, A., Epelde, I., del Campo, A., Chust, G., Valle, M., 2022. Modelling the morphological response of the Oka estuary (SE Bay of Biscay) to climate change. Estuar. Coast. Shelf Sci. 279, 108133.
- Liria, P., Epelde, I., Santiago, I., Garnier, R., Abalia, A., Mader, J., 2021. KOSTASYSTEM, A COASTAL VIDEOMETRY TECHNOLOGY: DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, in: 9th EuroGOOS International Conference.
- Zscheischler, J., Westra, S., Van Den Hurk, B.J.J.M., Seneviratne, S.I., Ward, P.J., Pitman, A., AghaKouchak, A., Bresch, D.N., Leonard, M., Wahl, T., 2018. Future climate risk from compound events. Nat. Clim. Chang. 8, 469-477.





gobernanza del litoral: ejemplo de aplicación en la desembocadura del río Bidasoa

Cristina Maíllo Fernández^a, Beatriz Escribano Sau^b y Juan Pérez Martínez^c

^aJefa de Servicio de Proyectos y Obras en Servicio Provincia de Costas en Santa Cruz de Tenerife (cmaillo@miteco.es); bTécnica Superior N26 en Servicio Provincial de Costas de Gipuzkoa (bescribano@miteco.es) y ^cJefe de Servicio de Proyectos y Obras en Demarcación de Costas del País Vasco (jperezmar@miteco.es).

1. Introducción

La gestión sostenible del medio litoral constituye uno de los más importantes desafíos de las sociedades modernas.

A lo largo de los siglos XX y XXI actividades económicas con un gran peso en la economía nacional, como son la pesca y el turismo, han producido una importante incidencia en la franja costera de nuestro país. Esta situación ha generado en esta zona un desarrollo urbanístico sin precedentes, impactos en la ordenación del territorio, incremento del consumo energético y el deterioro de la biodiversidad y el paisaje, entre otros aspectos negativos.

En este contexto aparece el concepto de Gestión Integrada de Zonas Costeras (GIZC), el cual se puede definir como una herramienta dinámica que permite reforzar y mejorar la coordinación dentro de las actuaciones públicas de las administraciones con competencia en el ámbito costero, así como un mecanismo de comunicación y colaboración entre estas administraciones y los distintos agentes socioeconómicos implicados; mediante la utilización de criterios de sostenibilidad y formas efectivas de participación ciudadana e institucional; en lo que se ha dado en llamar Gobernanza del litoral.

2. Caso práctico "Gobernanza del litoral en la bahía de Txingudi"

Se expone en esta comunicación un ejemplo de gobernanza del litoral hecha realidad que se inició hace más de 10 años en la bahía de Txingudi. Aunque nunca se ha planteado desde el punto de vista de la Gestión Integrada de las Zonas Costeras, en realidad se podría decir que se ha cumplido en gran medida con este concepto.

La desembocadura del río Bidasoa, también conocida como la bahía de Txingudi, es un enclave de gran valor ambiental ubicado en la provincia de Gipuzkoa y compartido en su margen derecha con Francia. Gran parte de su superficie se encuentra incluida en la red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad (Red Natura 2000) desde noviembre del 2000, y a su vez el espacio figura en la Lista RAMSAR de humedales de importancia internacional desde noviembre de 2002.

3. Origenes del Plan Director de Txingudi

Gestionar un espacio como este implica una tarea compleja desde el punto de vista de la gestión administrativa. En él se aúnan competencias de toda índole debido al carácter ambiental, costero y transfronterizo del entorno.

Para conseguir este objetivo con éxito, desde la acción de las administraciones públicas se viene trabajando con intensidad en la recuperación de este espacio protegido desde el año 1991, cuando se firmó el Convenio de Colaboración entre el Gobierno Vasco, Diputación Foral de Gipuzkoa y los ayuntamientos de Irún y Hondarribia.

Sin embargo, el 4 de junio de 2013 se designan la Zona Especial de Conservación «Txingudi-Bidasoa» y la Zona de Especial Protección para las Aves «Txingudi» y se aprueban sus medidas de conservación, fue en este momento cuando el Departamento de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes del Gobierno Vasco impulsó la creación de una comisión interinstitucional que comenzó a trabajar de forma coordinada hasta hoy en día.

En diciembre de 2015 se aprobó el Plan Director de Txingudi, redactado con el consenso de todas las instituciones participantes. Este documento, junto con la continuidad de la comisión institucional creada para su redacción, ha servido de guía para coordinar las diferentes propuestas y acciones de mejora ambiental y social de la bahía de Txingudi.

4. Ejemplo de Proyectos materializados por la Dirección General de la Costa y el Mar: recuperación ambiental de las marismas de San Lorenzo "Plaiaundi"

Dentro de las objetivos generales definidos en el Plan Director de Txingudi se encuentra la realización de diversas actuaciones, pudiendo destacar por su actualidad la recuperación ambiental de las marismas de San Lorenzo.

Dicho Proyecto tiene como principal objeto la restauración de la zona marismal de San Lorenzo, la cual fue sometida a un importante proceso de desecación y degradación a lo largo del siglo pasado. De forma esquemática los trabajos previstos en el proyecto incluyen los siguientes cometidos:

- Balance de tierras (se estima una cubicación de 59.755 m³ de excavación y 17.997 m³ de relleno).
- Obtención de la mayor lámina de agua posible.
- Talud de excavación y relleno en 5H:1V para las márgenes de la marisma.
- Apertura de la bocana para la entrada de la carrera de mareas.
- Conexión con los itinerarios peatonales.
- Eliminación de las compuertas de la laguna existente.





Plan Bahía: una oportunidad de planificación GIZC en la bahía de Santander

María Merino González-Pardo^a, María Recio Espinosa^a y Raúl Medina Santamaría^a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, [D], maría.merino@unican.es maría.recio@unican.es raul.medina@unican.es

'Plan Bahía' es el nombre del proyecto de elaboración del Plan de Gestión Integrada de la Bahía de Santander, cuyo objetivo es proponer un conjunto de actuaciones que permitan garantizar la sostenibilidad de los diferentes usos, recursos y actividades de la bahía. Esta bahía es el estuario más grande de la cornisa cantábrica y uno de los más relevantes, tanto por sus valores naturales como por su importancia económica y social. Las actividades antrópicas desarrolladas en la bahía y en sus cuencas drenantes, y los procesos relacionados con el cambio climático están provocando importantes cambios en las dinámicas del estuario. Entre ellos destacan los cambios sedimentarios en la bocana, el crecimiento del arenal de El Puntal y el retroceso del sistema dunar de Somo-Loredo, con el consecuente impacto que estos cambios tendrán en la conservación de los valores naturales y los usos de la bahía. Esta situación se ve agravada por la compleja gobernanza de la bahía, en la que se entrelazan diferentes actividades (portuaria, deportiva, marisquera, turística, etc.) e intereses, múltiples entidades con competencias a diferentes niveles administrativos y un gran número de usuarios con una creciente concienciación del valor de la bahía, lo que supone un reto para la implementación de medidas integrales y consensuadas.

Ante esta situación, y como elemento precursor de Plan Bahía, en 2019 se constituyó la Mesa de la Bahía, con el objetivo de establecer un marco de colaboración para desarrollar un plan gestión integral. La mesa integra a las principales administraciones con competencias en la gestión de la bahía de Santander: los ayuntamientos, la Delegación del Gobierno de España en Cantabria, la Dirección General de la Costa y el Mar, la Autoridad Portuaria de Santander, varias Direcciones Generales relacionadas con el medio ambiente, la ordenación territorial, el fomento y la industria del Gobierno de Cantabria y la Universidad de Cantabria.

Plan Bahía pretende ser el instrumento de planificación que permita abordar los retos a los que se enfrenta el estuario de forma consensuada con las instituciones competentes y con los principales agentes sociales, incluyendo el sector privado, asociaciones, federaciones y otros actores relevantes. Además del propio plan de gestión, Plan Bahía tiene como objetivo desarrollar una guía metodológica de referencia para el desarrollo de planes similares en otras zonas de la costa española, reforzando así los compromisos nacionales en materia de Gestión Integrada de Zonas Costeras (GIZC).

Las actividades diseñadas para llevar a cabo el objetivo definido se estructuran en tres grandes bloques de trabajo interrelacionados (Fig. 1):

- Un primer bloque enfocado a la elaboración del diagnóstico integrado de la Bahía, en el que se combinan análisis científicos y el diagnóstico percibido de diferentes actores costeros. En el diagnóstico se articulan y ponen en valor diferentes estudios e iniciativas desarrolladas en el estuario, de carácter físico-ambiental, socioeconómico y de gobernanza. Además, se ha realizado un análisis de las estrategias y planes aplicables a la Bahía con el fin de evitar duplicidades y fomentar sinergias entre diferentes actuaciones.
- El segundo bloque corresponde a la fase de planificación, en la que se identifican y seleccionan medidas para afrontar los retos identificados en la fase de diagnóstico. Las medidas, de diferente tipología (p.ej.: de restauración ambiental, de adaptación al cambio climático, de fortalecimiento institucional, etc.), serán consensuadas con los principales agentes, especialmente con aquellos implicados en su desarrollo, con los que se elaborará el cronograma y estrategia de implementación.
- El tercer bloque, transversal a los anteriores, se centra en la comunicación y participación de los diferentes actores costeros. Tiene como objetivo incorporar las necesidades y visión de los actores en el plan de gestión y facilitar el consenso entre todas las partes y, por tanto, la implementación y el éxito de las medidas propuestas. Este aspecto es de gran importancia ya que Plan Bahía no es un instrumento vinculante legalmente. Este bloque está dirigido a tres grupos de actores:
 - o La Mesa de la Bahía.
 - o Profesionales y gestores de diferentes sectores de la Bahía (p.ej.: turismo azul, pesca y marisqueo, conservación, etc.).
 - o Público en general, cuyo conocimiento y apoyo es fundamental para alcanzar un desarrollo sostenible y resiliente de la bahía de Santander.



Fig. 1. Esquema de trabajo de Plan Bahía. Fuente: elaboración propia

Este estudio forma parte del programa ThinkInAzul, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.II) y por la Comunidad Autónoma de Cantabria.





Oportunidades de multi-uso en el mar Mediterráneo: Acuicultura v energías renovables marinas

Bárbara Ondiviela^a, Elvira Ramos^a, Lucía Meneses^a, Carlos V.C. Weiss^a, Raúl Guanche^a, José A. Juanes^a

- ^a IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain
- ondiviela@unican.es; ramose@unican.es; ulucia.meneses@unican.es;
- dacruzev@unican.es; guancher@unican.es, pjuanesj@unican.es;

1. Resumen

1.1. Introducción

La actual crisis energética, la necesidad de neutralidad climática y la creciente demanda de productos del mar precisan explorar nuevos enfoques sobre los usos múltiples en las costas y mares europeos. El presente trabajo analiza las oportunidades de explotación combinada de la acuicultura y las energías renovables marinas (viento y olas) en el Mar Mediterráneo. El Mediterráneo es un punto caliente de biodiversidad marina. Contiene el 18% de la riqueza natural mundial, alberga más de 17.000 especies marinas y tiene la mayor tasa de endemismo del mundo. Todo ello en el 0,3% del volumen total de los océanos. Por todo ello, el estudio realizado examina las oportunidades del multI-uso, analizando la presencia de Áreas Marinas Protegidas y de zonas de alta Biodiversidad.

1.2. Metodología

El potencial del mar Mediterráneo para el desarrollo de la acuicultura y la explotación comercial de las energías renovables marinas eólica y undimotriz se aborda mediante los enfoques desarrollados por Weiss et al., (2018a; 2018b). Dichas aproximaciones evalúan la oportunidad para el desarrollo de estas actividades a partir de la idoneidad del recurso, la idoneidad operativa, la idoneidad estructural y la idoneidad para la transmisión de energía. El resultado final se expresa como la probabilidad de encontrar condiciones óptimas para el desarrollo de la actividad. El estudio analiza las oportunidades de usos múltiples, y la presencia de Áreas Marinas Protegidas y zonas de alta Biodiversidad.

1.3. Resultados

La lubina (Dicentrarchus labrax) es la especie que encuentra mejores oportunidades de cultivo en el Mediterráneo. Las zonas con condiciones más óptimas se localizan en el Adriático, la costa turca, la Península Ibérica, las Islas Baleares, y la costa de Grecia. Si bien

actualmente la lubina es la principal especie comercial cultivada en el Mediterráneo, los estudios realizados muestran que, al menos, otras 10 especies piscícolas presentan también condiciones muy óptimas para su cultivo. Por su parte, el mar Egeo, entre Grecia y Turquía, reúne las mejores condiciones para la explotación de energía eólica del Mediterráneo y la costa norteafricana de Túnez, Libia, Egipto y Marruecos para la explotación de energía undimotriz.

El término multi-uso hace referencia al uso conjunto de recursos próximos geográficamente. El Mediterráneo dispone de 32.292 Km² con condiciones óptimas para la explotación conjunta del viento, las olas y la acuicultura (>5 especies diferentes). El viento y las olas son compatibles en amplias zonas del Mediterráneo (152.757 Km²), pero, si se tiene en cuenta la acuicultura, la superficie compatible para el aprovechamiento múltiple se reduce en un 80%. Estas zonas se sitúan principalmente en el Mediterráneo meridional y occidental, donde el 11,7% y el 2,1% se solapan, respectivamente, con Zonas Marinas Protegidas y con zonas de alta biodiversidad, ocupadas por praderas de Posidonia oceanica. El 78% de las oportunidades de multi-uso en el Mediterráneo se encuentran en tres países: Túnez (11.802 km²), país con las mejores condiciones para todas las combinaciones posibles de multi-uso, Libia (7.212 km²) y España (6.516 km²).

La aplicación realizada se basa en una metodología estandarizada, cuantitativa y escalable, diseñada para ser utilizada y consultada por la comunidad científica, gestores, administración competente y usuarios finales. Los resultados están disponibles en el siguiente visor: https://msp.ihcantabria.com/#/.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida del programa FPA Copernicus (Ares(2020)2271454) para desarrollar el proyecto "Examining the opportunities for multiuse activities in the Mediterranean Sea: Aquaculture and renewable energies (MEDAOUA)".

Referencias

- Weiss, C.V.C., Ondiviela, B., Guanche, R., Castellanos, o., Juanes, J.A.2018a A global integrated analysis of open sea fish farming opportunities. Aquaculture 497: 234-245
- Weiss, C.V.C., Guanche, R., Ondiviela, B., Castellanos, O., Juanes, J.A. 2018b. Marine renewable energy potential: A global perspective for offshore wind and wave exploitation. Energy Conversion and Management, 177: 43-54





Guía para la elaboración de los estudios de dinámica litoral y cambio climático establecidos en el Reglamento General de Costas

Mauricio Gonzáleza, Verónica Cánovasa, Alexandra Toimila, Íñigo Losada y Raúl Medinaa

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain nauricio.gonzalez@unican.es

1. Introducción

Los problemas identificados en la costa española en las últimas décadas y la perspectiva de agravamiento por efecto del cambio climático motivaron la publicación del Reglamento General de Costas (RD 876/2014, de 10 de octubre, en adelante RCG), que regula la gestión de los títulos de ocupación de terrenos correspondientes al Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPM-T). Sin embargo, los posibles usos del litoral son de diversa naturaleza (hamacas, espigones...) y no todos generan el mismo impacto en el litoral, por lo que a menudo, tanto los solicitantes de una ocupación o utilización del DPM-T como los gestores, encuentran dificultades a la hora de interpretar lo solicitado en el RGC o el alcance de los estudios que se deben realizar. Estas carencias dificultan la realización de esos estudios y su evaluación y, como consecuencia, demora la toma de decisiones por parte de los gestores. Por este motivo, se ha desarrollado una guía metodológica que ayuda en la elaboración y evaluación de dichos estudios teniendo en cuenta la diversidad de tipos de ocupación o usos del DPM-T y, en particular, del litoral andaluz.

2. Descripción de la Guía metodológica

Dado que la presentación de los Estudios Básicos de Dinámica Litoral (EBDL) y de Evaluación de los Efectos del Cambio Climático (EECC) requeridos en el RGC para la tramitación de una solicitud están encaminados a conocer los posibles efectos de la misma en el entorno tanto en la situación actual como futura, y que éstos varían en función de las características del tipo de ocupación, se ha elaborado una guía metodológica que permite identificar los estudios y alcances que se deben incluir en el EBDL y EECC en función de la tipología de la concesión o autorización, su localización, su duración, temporalidad, así como sus posibles efectos en el entorno y las dinámicas actuantes en la costa.

En la figura se muestra un esquema de la guía metodológica, que toma como punto de partida la determinación de las características de la ocupación. Estas permiten, por un lado, identificar cuáles son las dinámicas a considerar y la metodología a emplear en función cuál es el tipo de costa en el que se ubica la concesión y su localización en la costa y, por otro lado, conocer el nivel de detalle que se precisa del estudio (simplificado, intermedio o detallado) en función de las consecuencias potenciales de la concesión en las zonas especiales (expuestas o protegidas) y en las dinámicas. Una vez estimadas las posibles consecuencias y considerando la duración de la misma, se determina la aproximación (Nivel N1, N2, N3 o N4) más adecuada para llevar a cabo el EECC.

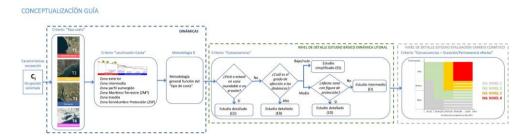


Fig. 1. Conceptualización de la guía metodológica. Fuente: IHCantabria (2023)

Además, se ha propuesto una estructura de índice para organizar los resultados que se obtengan en cada uno de los estudios con el fin de uniformizar los documentos que los solicitantes presentan y, de este modo, facilitar la evaluación de los mismos.

Esta guía se ha desarrollado para el litoral andaluz, pero se podría adaptar a otras regiones considerando las fuentes de datos de dicha región y cambiando los criterios empleados para definir el nivel de detalle de los estudios si fuese necesario.

En la presentación oral se mostrarán algunos ejemplos de aplicación de la metodología.

Agradecimientos

Este proyecto CONTR 2020/44623 ha sido financiado por programa operativo FEDER 2014-2020, a petición de la Dirección General de Sostenibilidad Ambiental y Cambio Climático de la Junta de Andalucía, a quien los autores quieren agradecer su disposición y colaboración en el desarrollo del estudio.

Referencias

IHCantabria (2023). "Informe E3: Metodología para la elaboración del Estudio Básico de Dinámica Litoral incluyendo los efectos del Cambio Climático: guía metodológica" en Elaboración de manual sobre contenidos de la evaluación de los efectos del cambio climático y estudio básico de dinámica litoral, recogidos en el Reglamento General de Costas (RD 876/2014, de 10 de octubre). Dirección General de Sostenibilidad Ambiental y Cambio Climático de la Junta de Andalucía, Santander, Cantabria.





Estimación de la capacidad de carga náutica diaria y riesgo de saturación en zonas de fondeo

Aina G. Gómeza, Pau Balaguera, Àngels Fernández-Mora, Joaquín Tintoréa,b

^aBalearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (SOCIB); ⁽¹⁾, aggomez@socib.es; ⁽¹⁾. pbalaguer@socib.es; (D), mafernandez@socib.es; (D), itintore@socib.es. ^bInstitut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA-UIB-CSIC).

1. Introducción

El turismo náutico, con gran impacto en la economía global, ha experimentado un aumento significativo especialmente en el Mar Mediterráneo. Sin embargo, la actividad provoca desafíos, como la sobrecapacidad de algunas zonas de fondeo, generando problemas ambientales y conflictos sociales. La gestión eficaz de las zonas de fondeo es crucial y debe abordarse desde una perspectiva multidimensional: física (características geométricas), social (percepción de las personas usuarias), ambiental (tipología del fondo), de seguridad (condiciones del clima marítimo) y considerando la demanda (número de amarres). El objetivo de este trabajo es desarrollar herramientas que permitan evaluar la capacidad de carga náutica, la capacidad de carga náutica potencial diaria y el riesgo de saturación de las zonas de fondeo (Figura 1), que permitan definir los planes de gestión ambiental de zonas de fondeo y marinas. Estas herramientas han sido validadas mediante su aplicación a 318 zonas de fondeo en las costas de las Illes Balears.

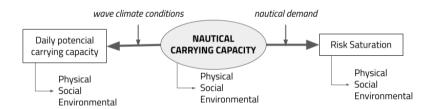


Fig. 1. Resumen gráfico. Fuente: Gómez, et al., 2023

2. Metodología

Los procedimientos metodológicos de las tres herramientas desarrolladas son (Gómez et al., 2023):

La capacidad de carga náutica (física, ambiental y social) se estima considerando diferentes escenarios espaciales e hipótesis de fondeo, haciendo uso de sistemas de información geográfica.

- La capacidad de carga náutica potencial diaria (física, ambiental y social), se expresa como el porcentaje de puntos de fondeo diarios disponibles en función de las condiciones climáticas.
- El riesgo de saturación combina el riesgo global y local de saturación, en función de la demanda náutica y el número de puntos de fondeo.

3. Resultados

Los principales resultados de este estudio, tras la aplicación de las tres herramientas a las zonas de fondeo de las Islas Baleares, son: i) la capacidad de carga náutica física, ambiental y social en las zonas de fondeo en las Islas Baleares es de 20.508, 5.379 y 5.634 puntos de fondeo, respectivamente; ii) la capacidad de carga náutica potencial diaria en Mallorca muestra el porcentaje de puntos de fondeo disponibles más elevado $(31.9 \pm 11.6\%)$, seguida de Eivissa $(6.5 \pm 1.8\%)$, Formentera $(6.3 \pm 3.1\%)$ y Menorca $(4.8 \pm 2.2\%)$; iii) el 6% de las zonas de fondeo identificadas en las Islas Baleares mostraron un alto riesgo de saturación considerando la capacidad de carga física, mientras que hasta un 40% presentaron un alto riesgo de saturación considerando la capacidad de carga náutica ambiental o social.

Conclusiones

Las herramientas desarrolladas permiten priorizar acciones y estrategias de planificación y gestión ambiental. Estas herramientas pueden ayudar a los gobiernos locales, gestores de marinas y partes interesadas a identificar zonas de fondeo sobre las que actuar.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el apoyo de Ports de les Illes Balears de la Conselleria de Mobilitat i Habitatge del Govern de les Illes Balears. Los autores agradecen su apoyo a Marc Pons, Xavier Ramis, Cristina Barahona, Pedro Puigdengoles, Mateo Barceló y Laura Molano. Los autores agradecen a Rosa Rodríguez, Verónica Ortiz y Llúcia Ribot la revisión y edición editorial del informe técnico.

Referencias

GÓMEZ, A.G., et al. (2023). Mapping the nautical carrying capacity of anchoring Policy, 155: 105775. areas of the Balearic Islands' coast. Marine DOI: 10.1016/j.marpol.2023.105775





Plan estratégico nacional para la protección de la costa española, considerando los efectos del cambio climático

Ángel Muñoz Cubillo^a, Ana García-Fletcher^a, Jara Martínez Sánchez^b, Raúl Medina^b, Maria Ferreira^c

^aDG de la Costa y el Mar, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, amunoz@miteco.es y agfletcher@miteco.es. b IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, p jara.martinez@unican.es (ORCID 0000-0003-4917-4215) y raul.medina@unican.es D ORCID 0000-0002-0126-2710). Coastal & Marine Union -EUCC, m.ferreira@eucc.net.

1. Introducción

Entre octubre de 2020 y febrero de 2023, se ha elaborado el Plan Estratégico Nacional de la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) para la protección de la costa española considerando los efectos del cambio climático. En la presente comunicación se presentarán la visión de la DGCM, la misión y objetivos del plan, las componentes del proyecto para su elaboración y los resultados finales.

2. Visión, misión y objetivo general

La DGCM aspira a aumentar la naturalidad de la costa en el litoral español y así favorecer la resiliencia natural del medio físico costero como medio fundamental para la prevención del riesgo de erosión costera y para la adaptación al cambio climático, de modo que se potencia la función protectora de los ecosistemas costeros sobre los bienes y usos permitidos al mismo tiempo que aumenta la biodiversidad y riqueza del medio natural. Por otro lado, La misión del Plan Estratégico Nacional es guiar la toma de decisiones para ordenar las actuaciones a llevar a cabo por la DGCM en el ámbito nacional durante el presente ciclo de gestión, desde la actualidad hasta el año 2045, en el marco de sus competencias para la gestión del riesgo de la erosión costera (protección de la costa), maximizando las sinergias con la gestión del riesgo de la inundación e incorporando la adaptación al cambio climático, con el objetivo de proporcionar un enfoque coherente, garantizando la armonización regional y la aplicación de las medidas de protección de la costa más adecuadas en todo el litoral español.

3. Componentes del proyecto

Los trabajos se ha organizado según las siguientes 5 componentes:

- 1. Diagnóstico integrado, cuyo objetivo es mejorar la comprensión de los problemas derivados de la erosión costera, la inundación costera y los efectos del cambio climático sobre éstas, así como entender la percepción de los problemas costeros por parte de los actores relevantes.
- 2. Participación y comunicación, que persigue asegurar el compromiso, apoyo y conocimiento de los actores relevantes en relación al desarrollo y resultado del Plan Estratégico Nacional, con el fin de favorecer sinergias y alcanzar el mayor consenso social posible.
- 3. Revisión de experiencias europeas, cuvo objetivo es incorporar recomendaciones de un Panel Internacional de Expertos con base en el análisis de diversos casos de estudio en Francia, Italia, Portugal, Irlanda, Holanda y España.
- 4. Plan Estratégico Nacional, que contiene la propuesta de actuaciones de ámbito nacional para la gestión y protección de la costa y permite ordenar y guiar la toma de decisiones en relación a la implementación de dichas actuaciones.
- 5. Guías técnicas y documentos complementarios, entre los que se incluyen:
 - Lecciones aprendidas de las prácticas y estrategias europeas de gestión y protección de la costa.
 - b) Guías para (i) el desarrollo de las estrategias regionales para la protección de la costa, considerando los efectos del cambio climático y (ii) el análisis regional del riesgo de erosión e inundación costera.
 - c) Guía legal para la implementación del Plan Estratégico Nacional.
 - d) La protección de la costa en España Diagnóstico de la situación actual.

4. Resultados

El Plan Estratégico Nacional contiene cinco programas de actuación que desarrollan 13 actuaciones estratégicas y 80 actuaciones específicas, ordenadas en una hoja de ruta según 6 itinerarios correspondientes a metas sucesivas para los años 2025, 2029, 2033, 2037, 2041 y 2045.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el programa de Apoyo a las Reformas Estructurales de la Unión Europea. Los autores agradecen al personal de la DG de la Costa y el Mar en las demarcaciones de costas y servicios provinciales su colaboración a lo largo del proyecto. También agradecen al Instituto Universitario de Investigación en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOAQUA), de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) todas sus contribuciones.





Nuevo dique exterior del puerto de Génova (Italia)

Elena Quevedo Baquerizo^a, Laia Ortego Valencia^b, Daniele Maroni^c, Antonio Lizzadro^d v Marco Vaccarie

^aSener S.A.U. ^bAPM Terminals Mobility elena.quevedo@sener.es; laia.ortego@apmterminals.com; 'Sener Mobility S.A.U., daniele.maroni@sener.es; dTECHNITAL S.p.A. Antonio.Lizzadro@technital.it; ePorts of Genoa - Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, marco.vaccari@portsofgenoa.com.

1. Introducción

Sener ha participado en el diseño conceptual del nuevo dique del puerto de Génova, un dique exento de 6,2 km de longitud que protege uno de los más importantes puertos del Mediterráneo. El objetivo del diseño era ofrecer una nueva bocana y canal de navegación más anchos que los actuales, para poder acoger buques mayores y aumentar la seguridad. El nuevo dique debía ofrecer al menos el mismo nivel de protección que el actual, y se debían reutilizar al máximo los materiales procedentes de la demolición del dique actual.



Fig. 1. Modelo 3D del diseño propuesto para el nuevo dique del puerto de Génova. Fuente: Sener

2. Alternativa flotante

Durante la primera fase del diseño se estudiaron una serie de alternativas, entre las cuales se analizó la opción de construir un dique flotante.

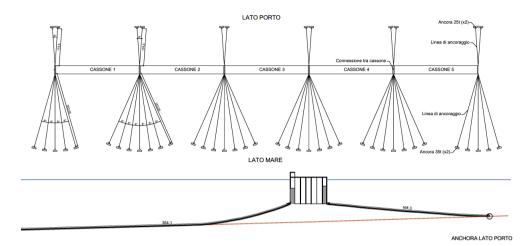


Fig. 2. Vista en planta y un alzado de la alternativa flotante. Fuente: Sener

Para desarrollar esta alternativa se estudió el dique de La Condamine (Mónaco), el único ejemplo de dique flotante existente de similares dimensiones.

Sin embargo, el clima marítimo en el Puerto de Génova es más energético y el oleaje tiene periodos superiores a Mónaco, por lo que la manga y puntal del cajón debían ser bastante superiores para conseguir los estrictos coeficientes de transmisión que se requerían. Como consecuencia, esta alternativa no resultó viable económicamente y su construcción presentaba grandes retos y dificultades, por lo que finalmente hubo que descartarla.

3. Solución de dique vertical / japonés con materiales reutilizados

En la segunda fase del proyecto, se desarrolló una alternativa de dique vertical con algunos tramos protegidos mediante los bloques de hormigón que se recuperaban de la demolición del dique actual, de manera que quedaba una sección horizontalmente compuesta o "dique japonés". La escollera y el hormigón del dique actual machacado también se reutilizaban por completo en la banqueta del nuevo dique, en sus protecciones e incluso como relleno de las celdas de los cajones.

En esta fase del proyecto, se analizaron diversas alternativas para minimizar las cargas del oleaje y optimizar la estabilidad del cajón, incluyendo el uso de un espaldón retranqueado.

Consideramos que esta solución es un ejemplo de economía circular en la construcción de diques.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda de Andrea Cappelletti y Giulia Bragantini, de Technital.





Proyecto y construcción de las obras marinas de la desaladora de Santa Eulalia del Río (Ibiza)

Pablo Pita^a, Eloy Pita^b y Mario Sánchez-Barriga^c

^aIngeniería Creativa Pita SL, INCREA, pitapablo@increa.eu; ^bINCREA, epita@increa.eu ^cINCREA, msanchezb@increa.eu

1. Introducción

Es probable que este Congreso no hubiera podido celebrarse de la misma manera si las obras descritas en esta Ponencia no se hubiesen llevado a cabo. La puesta en marcha de la IDAM de Santa Eulalia del Río permitió reducir la explotación de las aguas subterráneas, cuya utilización resultaba cada vez más difícil por la intrusión salina.



Fig. 1. Desaladora de Santa Eulalia del Río

2. Descripción de la planta desaladora

La desaladora de Santa Eulalia del Río tiene una capacidad de 15.000 m³/día garantizando el abastecimiento a toda la isla a través de la interconexión con la red general de distribución de Ibiza.

3. Descripción de las obras marinas

La toma de agua de mar se realiza a través de un inmisario cuyo tramo más próximo a la costa se ejecuta en túnel para evitar la agresión a la pradera de Posidonia oceánica, hasta alcanzar un lecho arenoso existente donde comienza un tramo fondeado y apoyado directamente en el terreno hasta alcanzar la torre de toma.

La salmuera se vierte a través de un emisario ejecutado en su primer tramo en túnel y en su segundo tramo apoyado en el fondo, terminando en un difusor. Para dar cumplimiento a la DIA, antes de proceder a su vertido mediante difusores, se realiza una dilución del agua de rechazo con agua de mar en proporción 2 (agua de mar) y 1(salmuera).

Las características de las obras marinas son:

- Captación: Tubería de PEAD de diámetro 1000 mm y 785 m de longitud (384 m en perforación dirigida). La torre de toma, con un peso de 70 t, tiene una altura de 5 m.
- Vertido: Tubería de PEAD de diámetro 710 mm y 478 m de longitud (428 m en perforación dirigida). El tramo difusor está compuesto por 16 difusores colocados a tresbolillo.





Fig. 2. Torre de toma y difusores

4. Singularidades de las obras marinas

Estas obras se encuentran en una zona de gran belleza y calidad del agua por lo que el impacto ambiental y paisajístico debe ser reducido al mínimo. El proyecto realizado contribuyó al máximo a la protección del ecosistema marino y su entorno.





Fig. 3. Ejecución de ensanches del túnel (escariador)





Diseño hidráulico de los espigones para la apertura de la desembocadura del río Comoe en Grand Bassam (Costa de Marfil)

Thomas Conduché^a; Gómez-Martín, Laura^a Enrique Ripoll Dominguez^b

aSENER Mobility, c/ Creu Casas i Sicart 86-88, Parc de l'Alba, CP08290, Cerdanyola del Vallès (Barcelona) thomas.conduche@sener,es; laura.gomez@sener.es ; b Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Univesitat Politècnica de València enrido@upv.es

1 Introducción

Las obras de apertura de la desembocadura del río Comoe en Grand Bassam (Costa de Marfil) responden a las necesidades de restablecer el entorno natural de la desembocadura, reducir el riesgo de inundaciones, promover el desarrollo socioeconómico local y mejorar la calidad de los recursos ecológicos. Las obras se iniciaron en 2020 y finalizaron con éxito en 2023.



Fig. 1. Obras de apertura de la desembocadura del río Comoe em Grand Bassam. Fuente: SENER

El contratista encargado de las obras confió a SENER el diseño hidráulico y geotécnico de la solución proyectada, consistente en dos espigones de 210 m y 140 m de longitud. Los espigones, formados por capas de escollera y tetrápodos de 6,3m³, se proyectaron perpendiculares a la línea de costa para evitar la obstrucción de la desembocadura del río por transporte dinámico de arena costera.

SENER desarrolló el diseño hidráulico de los espigones en diferentes etapas, optimizando un diseño conceptual inicial mediante métodos de Nivel 0, a la vez que fueron considerados requisitos y exigencias del proceso constructivo. Posteriormente, el diseño fue verificado mediante ensayos 3D en modelo físico reducido. Las principales singularidades de estos espigones son las posiciones de sus troncos en zona de rompiente y de sus morros en zona de rotura de oleaje, cobrando así especial relevancia los riesgos de socavación y el análisis de estabilidad de los morros y transiciones.

Diseño hidráulico de los espigones 2

2.1 Verificación v optimización del diseño conceptual

En primer lugar, se llevó a cabo la revisión del diseño conceptual en colaboración con el contratista de la obra, con el fin de optimizar los costes de ejecución y proporcionar mayor fiabilidad del diseño. Con este propósito, se realizó una verificación de estabilidad geotécnica e hidráulica de los espigones mediante métodos de Nivel 0 analizando los siguientes modos de fallo: deslizamiento superficial y rebase (durante la construcción y la operación), socavación del fondo y, estabilidad del manto principal y del pie. El análisis permitió obtener optimizaciones de diseño, tales como la reducción de materiales, la eliminación del uso de geotextil y la uniformización de los materiales propuestos.

2.2 Ensavos 3D en modelo físico reducido

SENER llevó a cabo el diseño de detalle, verificándolo mediante ensayos 3D en modelo físico reducido. Con base en los resultados obtenidos, se realizaron adecuaciones en el diseño, ajustando la ubicación de las transiciones, con el fin de alejarlas de las zonas de rotura y, alargando los pies de los morros de los espigones, para desplazar el punto de rotura del oleaje fuera del talud del manto.





Fig. 2. Modelado físico de los espigones. Oleaje con altura de ola de 5,70 m periodo de 12 s. Fuente: Laboratoire Public d'essais et d'études (LPEE)

2.3 Conclusiones

El diseño de espigones en zona de rotura y de rompientes con fuerte dinámica sedimentaria es un proceso que requiere de una colaboración estrecha entre el contratista y la ingeniería encargada del diseño. Así mismo, el uso de técnicas de diseño del "estado del arte", combinado con el uso de un modelo 3D a escala reducida, imprescindible para la verificación de este tipo de estructuras, ha permitido un diseño hidráulico de los espigones que ofrece la máxima garantía en términos de seguridad de diseño y costes.





Acondicionamiento y mejora estructural del muelle de pasajeros en el puerto de Mahón (isla de Menorca)

David Valiñoa, Eloy Pitab, Lucas Martínc

^aVías y Construcciones, S.A., David.valino@vias.es; ^bIngeniería Creativa Pita SL, INCREA, epita@increa.eu y cINCREA, lmartin@increa.eu

1. Introducción

En esta ponencia se describirá el Proyecto de detalle y la construcción del acondicionamiento estructural del atraque de Levante del muelle de pasajeros en el puerto de Mahón, en la isla de Menorca, realizado para la Autoridad Portuaria de Baleares. La obra la ejecutó VÍAS Y CONSTRUCCIONES durante los años 2020 y 2021 con el apoyo de la ingeniería de INCREA, quien realizó numerosas tareas para optimizar y mejorar el diseño inicial (de un tercero).

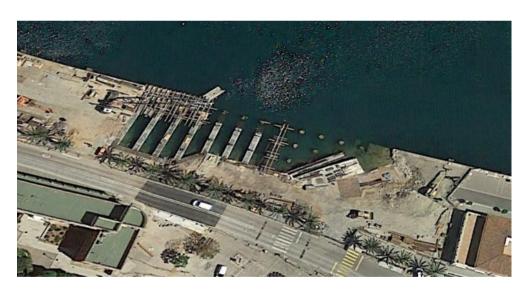


Fig. 1. Vista aérea del muelle durante las obras

Se hará una descripción del muelle existente (construido en 1974, con una longitud aproximada de 64 m y un ancho máximo de 25 m) y el estado en el que se encontraba, que recomendaba su demolición y reconstrucción. A continuación, se describirá el nuevo muelle, profundizando en los aspectos geotécnicos y estructurales.

2. Descripción del nuevo muelle

Se cimenta mediante pilotes de 1,5 m de diámetro y con el pie a la cota -25.4 m. Estos pilotes se empotran en una capa de terreno competente formado por limolitas. Los pilotes se distribuyen según una cuadrícula de 5,5 m x 6,0 m.

En cuanto al equipamiento, el muelle dispone de 4 bolardos de 150 t y de 4 defensas.

3. Singularidades del muelle

El muelle se había modelizado inicialmente sin tener en cuenta la rigidez del empotramiento de los pilotes en las limolitas, lo cual penalizaba su armado.

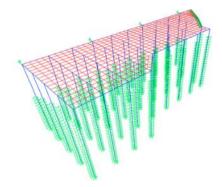


Fig. 2. Modelización de INCREA del muelle. Vista 3D

El entronque "este" se encuentra con un muelle de gravedad muy antiguo, que podía presentar problemas estructurales si no se llevaba a cabo una buena ingeniería. Las dimensiones inicialmente previstas podían dar lugar al descalce de tierras del trasdós del nuevo muelle de claraboya, así como una mayor ocupación por la excavación hacia el sur, no prevista inicialmente.

El constructor deseaba que la prefabricación del tablero fuera lo mayor posible.

El colector se había diseñado inicialmente integrándolo en la viga trasera del muelle, lo cual podía dar lugar a roturas del colector cuando se aplicasen las cargas horizontales al muelle.

4. Conclusiones

La integración del nuevo muelle con los colindantes y con los servicios existentes representó un reto que se resolvió con ingenio tanto por parte de la Constructora como de la Ingeniería.

Asimismo, se mejoró la modelización estructural, optimizando el armado de los pilotes (incluido su empotramiento en el tablero) y la longitud de la camisa de los mismos.





Recomendaciones para mejorar la durabilidad de espaldones de diques de hormigón armado

Víctor D. Lanza Fernández^a, Pilar Alaejos Gutiérrez^b y Ana Lope Carvajal^c

^a Jefe de Área de Ciencia de Materiales. CEDEX, victor.lanza@cedex.es; ^b Directora del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, CEDEX, pilar.lalaejos@cedex.es; c Jefa de Área de Planificación de Infraestructuras. Puertos del Estado, alope@PUERTOS.ES

Introducción

El origen de esta comunicación se sitúa en 2017 cuando, a instancias de Puertos del Estado y de las Autoridades Portuarias afectadas, el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales comienza el estudio de diferentes espaldones de diques de hormigón armado que han mostrado problemas de corrosión antes de finalizar la vida útil de 50 años para la que fueron diseñadas estas estructuras.

El estudio de las diferentes causas que en cada caso han llevado a acortamientos importantes de vida útil ha permitido introducir mejoras en la normativa técnica española, así como establecer recomendaciones para mejorar la durabilidad de los espaldones en obras futuras. Estas recomendaciones han quedado recogidas en la publicación "Recomendaciones para mejorar la durabilidad de espaldones de diques de hormigón armado" (Lanza, 2023).

Garantizar la vida útil por corrosión de cualquier estructura se fundamenta en evitar que, durante su tiempo de servicio, los cloruros no lleguen al armado en concentración suficiente para que la corrosión se produzca. Y para ello, se actúa simultáneamente de 3 formas:

- · Limitar el contenido inicial de cloruros del hormigón, y garantizar que este límite se cumple durante la ejecución de la obra.
- Fijar un espesor mínimo de recubrimiento, y garantizar que se cumple durante la ejecución de la obra.
- · Conseguir la mejor calidad posible del recubrimiento, y para ello es importante la dosificación, la selección del conglomerante y la consistencia, así como optimizar la puesta en obra.

En esta publicación se detalla, de cada uno de estos campos de actuación: qué exigencias define el Código Estructural, cuáles son las consecuencias de incumplir y, finalmente, que recomendaciones se aportan desde el CEDEX para completar a las exigencias normativas y evitar que se produzcan acortamientos de vida útil por problemas de corrosión en el espaldón del dique.



Fig. 1. Espaldón de dique en ambiente XS3 XA2 XM3



Fig. 2. Corrosión muy avanzada por falta de recubrimiento



Fig. 3. Problemas de compactación sore el armado

Las recomendaciones se han articulado en 8 capítulos: clases de exposición, espesor de recubrimiento, geometría de los espaldones, selección del tipo de cemento, contenido de cloruros del hormigón puesto en obra, permeabilidad del hormigón, consistencia y compactación del hormigón, y curado del hormigón. Además, las recomendaciones se ubican en tres fases diferentes de la realización del espaldón: el proyecto, la planificación de la construcción y la propia ejecución de la obra.

La conclusión principal del trabajo realizado sobre corrosión en espaldones es que es posible realizar un espaldón durable si se cumplen en toda la extensión de la obra las exigencias que determina el Código Estructural para ello. Las recomendaciones propuestas por el CEDEX pretenden ser una herramienta para ayudar a alcanzar este objetivo.

Agradecimientos

Esta publicación es fruto de la Asistencia Técnica, Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico que el CEDEX, a través del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, presta a Puertos del estado para dar respuestas a materias que son de interés para el Sistema Portuario de Titularidad Estatal. Agradecemos también a las diferentes Autoridades Portuarias que han colaborado en el desarrollo de este trabajo su confianza en el CEDEX y su apoyo para poder realizar con éxito el estudio de sus espaldones.

Referencias

LANZA, V., ALAEJOS, P., LOPE, A. (2023). Recomendaciones para mejorar la durabilidad de espaldones de diques de hormigón armado: CEDEX, servicio de publicaciones (disponible online en https://ceh.cedex.es/tienda/)





Infraestructura de conexión eléctrica a ferries en el muelle de Paraires, en el puerto de Palma

Jorge Martín Jiménez^a, Borja Zamácola Feijoó^b

^a Autoridad Portuaria de Baleares, <u>jmartin@portsdebalears.com</u>; ^b Autoridad Portuaria de Baleares, borjazamacola@portsdebalears.com; https://www.portsdebalears.com/es.

1. Introducción

Con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes de los buques atracados en el puerto de Palma, la Autoridad Portuaria de Balears (en lo sucesivo, APB) está impulsando e implantando una infraestructura de conexiones off-shore para buques.

Recientemente se ha desplegado y validado la infraestructura necesaria para el suministro de energía eléctrica para ferries en el muelle de Paraires, en el puerto de Palma. El suministro eléctrico a buques mientras están en el muelle, también llamado Cold Ironing u OPS (Onshore Power Supply), les permite apagar sus generadores auxiliares mientras permanezcan atracados, y consumir energía eléctrica de origen renovable para su demanda desde la red eléctrica de distribución proveniente del puerto.

La principal contribución es la disminución de emisiones de efecto invernadero y otros gases contaminantes perjudiciales para la salud, tales como dióxido de azufre (SO2), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de carbono (CO2) o partículas en suspensión (PM), como resultado de evitar el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica en los buques, generación que es necesaria actualmente para poder cubrir su demanda energética mientras están en el muelle, proveniente principalmente de generadores auxiliares alimentados por diésel o fuel-oil.

Este proyecto contribuye de forma relevante a los objetivos de descarbonización de la Unión Europea, definidos en los paquetes de medidas del Fit for 55 y el Green Deal. Por otra parte, al evitar encender los generadores del buque, también contribuye significativamente a limitar la contaminación acústica en el muelle y su entorno. Este proyecto contribuye favorablemente, por tanto, al bienestar de la ciudadanía, sobre todo para los residentes en núcleos poblaciones en las cercanías de los distintos muelles y terminales.

2. Instalación de onshore supply system (OPS) en el muelle de Paraires

La infraestructura ejecutada consta de conexión de media y baja tensión, para poder atender a buques con diferentes características. Los puntos de conexión de BT y MT se sitúan en diferentes puntos del mismo muelle de Paraires.

La instalación se compone de un Centro de Transformación, un módulo OPS, canalizaciones de cable y equipo móvil de gestión de cable.

El Centro de Transformación permite tomar la energía eléctrica de la red en el voltaje habitual para su transporte y reducirlo hasta valores adecuados para su manejo. En el centro OPS anexo, dispuesto en un contenedor de 40 pies, se dispone el convertidor de frecuencia y nuevos trasformadores de tensión, que permiten adaptar el suministro eléctrico a las necesidades específicas del buque, en frecuencia (60Hz o 500 Hz) y en voltaje (BT o MT).

Tras salir del contenedor de 40 pies que contiene el centro OPS, las canalizaciones a pie de muelle permiten conducir el suministro eléctrico en las condiciones adecuadas, hasta el elemento de conexión al buque, situado en el propio cantil, que dispone de las tomas precisas para conectarse al buque.

El equipo o unidad gestora de cable (UGC) permite hacer llegar los cables de conexión desde el cantil del muelle hasta el punto de conexión en la cubierta del buque.

3. Nuevos sistemas en desarrollo en los puertos de Maó, Alcudia, Palma y Eivissa

En la actualidad, la APB está en proceso de licitación de 4 nuevos proyectos que permitan la conexión a tierra de los ferries, en los puesrtos de Maó, Alcudia, Palma y Eivissa, por un montanete de en torno a los 12 Millones de €, en el contexto del programa PATSYD (Programa de Transporte Sostenible y Digital), sujeto a Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia impulsado por la UE.

4. Conclusión

Tanto la infraestructura ya ejecutada y en servicio en el Muelle de Paraires en el puerto de Palma, como las otras 4 infraestructuras en diferente estado de ejecución (Maó, Alcudia, Palma y Eivissa), permiten reducir de modo significativo las emisiones contaminantes en los puertos gestionados por la Autoridad Portuaria de Baleares, al tiempo que avanzan en los objetivos de sostenibilidad establecidos por el acuerdo Green Deal y Fit for 55.





Variabilidad espacial de tiempos de renovación en ambientes portuarios mediante modelos lagrangianos

Yaiza Samper^a, Iván Hernández^a, Leidy M. Castro-Rosero^{a,b}, Manuel Espino^a, Jose M. Alsina Torrent^{a,c}, Maria Liste^{a,}, Agustin Sánchez-Arcilla^a

^aDepartament d'Enginyeria Civil i Ambiental (DECA), Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM), Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (ÚPC), C. Jordi Girona, 1-3, Barcelona, 08034, Catalunva, Spain

^bFacultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona, Avinguda C. de Martí i Franquès, s/n, Barcelona, 08028, Catalunya, Spain

^cDepartament d'Enginyeria Gràfica i de Disseny, Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC), Avinguda Diagonal 647, Barcelona, 08034, Catalunya, Spain

Resumen

La calidad del agua en dominios portuarios se encuentra estrechamente relacionada con la capacidad de renovación y mezcla con el agua exterior. En general, la circulación en estos ambientes es compleja por la propia geometría del puerto y por la influencia de los procesos hidrodinámicos litorales. En este estudio, se calcula y analiza la distribución espacial del tiempo de renovación utilizando modelado numérico de alta resolución en los puertos de Barcelona, Tarragona y Huelva. Estos puertos constituyen dominios semicerrados en entornos micromareales típicamente característicos de la costa mediterránea los dos primeros (con dos bocanas Barcelona y una sóla Tarragona) y mesomareal de la costa atlántica con una sóla bocana el último (Huelva).

En trabajos anteriores (Samper et al, 2022 y 2023) se han estudiado los intercambios de agua del puerto con el exterior mediante observaciones recopilados en campañas intensivas de medida, que proporcionaban series temporales de intensidad de las corrientes, nivel del mar, etc, a partir de las cuales se calculaban los tiempo de renovación integrado para todo el puerto. Por lo tanto, se disponía de series temporales de tiempos de renovación integrados correspondientes a toda la duración de las campañas.

Por contra, en este trabajo se propone el calculo de las distribuciones espaciales de tiempos de renovación (para cualquier punto y a cualquier profundidad) pero promediados en le tiempo. Para ello, mediante el modelo LOCATE (Hernandez et al, 2024) se ha simulado el lanzamiento de partículas lagrangianas en toda la extensión de cada uno de los puertos para, mediante un post-proceso adecuado, conocer las tendencias de circulación y renovación del agua tanto en la capa superficial como en el fondo.

Como ejemplo, para los puertos de Barcelona y Tarragona se han realizado simulaciones correspondientes a toda la duración de las campañas mencionadas anteriormente (3 meses de simulación en el primer caso y 5 meses en el segundo). A partir de las trayectorias de las partículas simuladas, se ha calculado el tiempo de renovación integrado de todo el puerto y también el tiempo de renovación local para cada una de las zonas definidas (Fig. 1) Por un lado, los resultados muestran diferencias espaciales significativas, presentando tiempos de renovación más elevados en los puntos más resguardados. Por otro lado, también se observan diferencias entre los tiempos en superficie y en profundidad. Pero sobre todo, podemos cuantificar la ventaja en términos de la reducción de tiempos de renovación en función del número de bocanas, dos para Barcelona, o sólo una para Tarragona.

Análisis de la variabilidad espacial de tiempos de renovación en ambientes portuarios mediante modelos lagrangianos

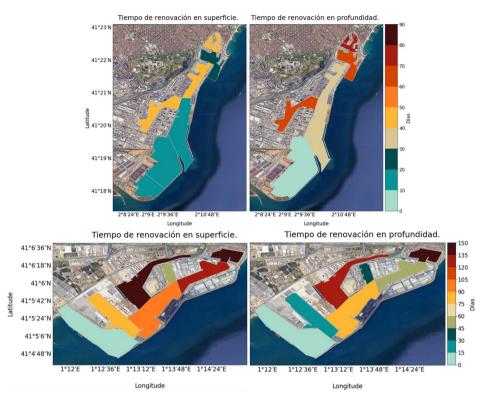


Fig. 1. Tiempo de renovación (días) en el puerto de Barcelona en la superficie y en el fondo (figura superior izquierda y derecha respectivamente) y en el puerto de Tarragona en la superficie y en el fondo (figura inferior izquierda y derecha respectivamente)

Agradecimientos

Esta trabajo es parte del proyecto de I+D+i Eco-Bays PID2020-115924RB-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033

Referencias

- HERNANDEZ, I., CASTRO-ROSERO, L., ESPINO, M., ALSINA, J. (2024). "LOCATE v1.0: Numerical Modelling of Floating Marine Debris Dispersion in Coastal Regions Using Parcels v2.4.2." en Geoscientific Model Development (en revision).
- SAMPER, Y., LISTE, M., MESTRES, M., ESPINO, M., SÁNCHEZ-ARCILLA, A., SOSPEDRA, J., GONZÁLEZ-MARCO, D., RUIZ, M.I., ÁLVAREZ-FANJUL, E. (2022). "Water Exchanges in Mediterranean Microtidal Harbours" en Water, vol. 14, no. 13, p. 2012.
- SAMPER, Y., ESPINO, M., LISTE, M., MESTRES, M., ALSINA, J., SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (2023). "Study of Atmospheric Forcing Influence on Harbour Water Renewal" en Water, vol. 15, no. 10, p. 1813.





Análisis de riesgo por derrames accidentales de hidrocarburos y de sustancias químicas en zonas portuarias

Tamara Rodríguez-Castillo^a, Mirko Rupani^a, Ana J. Abascal^a, Germán Aragón^a, Ana de los Ríos^a, Mohammad Daliri^b, Andrea Lira-Loarca^b, Francesco De Leo^b, Giovanni Besiob, Andrés Garcíaa, Raúl Medinaa

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain. rcastillot@unican.es

^bDICCA, Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale, Università degli Studi di Genova, (Italia)

1. Introducción

La lucha contra la contaminación marina es una prioridad para salvaguardar el medio ambiente. Entre las principales amenazas actuales están los derrames de petróleo y productos químicos (Sustancias Nocivas Potencialmente Peligrosas, SNPP), que se transportan diariamente por las rutas marítimas. Según la Agencia EMSA (European Maritime Safety Agency), los Estados miembros de la UE informaron de más de 22,000 accidentes marítimos entre 2014 y 2020, siendo los buques de carga la categoría más comúnmente involucrada. La mayoría de los incidentes (\approx 70%) tuvieron lugar en áreas portuarias (\approx 40%) y aguas costeras.

Para hacer frente con prontitud y de manera eficaz a un suceso de contaminación marina es esencial disponer de metodologías y herramientas que permitan analizar el riesgo y con ello elaborar y aprobar los correspondientes Planes Interiores Marítimos. En este sentido, cabe destacar que la eficiencia de la respuesta frente a la contaminación aumenta considerablemente cuando se toman medidas lo más rápido posible. Por ello, en este trabajo se presenta una metodología robusta de análisis de riesgo, tanto para hidrocarburos como para sustancias químicas, desarrollada y validada en áreas portuarias y costeras. Dado un posible derrame, dicha metodología brindará apoyo en la toma de decisiones al responder preguntas como: ¿Cuáles son los lugares con más probabilidad de ser afectados por un derrame? ¿Cuánto tiempo tardará la contaminación en alcanzar una ubicación?, ¿Qué volumen de contaminante alcanzará la costa?

2. Metodología

El Modelo de Evaluación del Riesgo propuesto en este trabajo respaldará la planificación de la respuesta ante derrames en términos de probabilidad. Se asume que el riesgo está compuesto por peligrosidad y vulnerabilidad (i.e., Riesgo = Peligrosidad x Vulnerabilidad).

El riesgo es el daño o pérdidas esperadas en el medio marino durante un periodo de tiempo determinado, como consecuencia de un vertido de hidrocarburos o SNPP en el mar. La peligrosidad se define como la probabilidad de que la costa y el entorno marino (en particular, áreas sensibles) se vean afectados por un derrame de petróleo o SNPP, y se calcula en términos probabilísticos. Por otro lado, la vulnerabilidad es la capacidad del entorno para hacer frente, resistir y recuperarse del impacto de la contaminación.

La Figura 1 muestra una visión general del modelo de evaluación de riesgos propuesto. El análisis de la peligrosidad se basa en la simulación de N escenarios resultantes de la combinación de diferentes escenarios océano-meteorológicos, tipo de productos y volúmenes de derrame. El análisis de vulnerabilidad se basa en la combinación de diferentes índices que tienen en cuenta aspectos físicos, ambientales, económicos y la posible afección a la población, en el caso de derrames químicos. Como resultado se determina el riesgo de que una zona costera concreta se vea afectada por un vertido de hidrocarburos o SNPP en un horizonte temporal determinado.

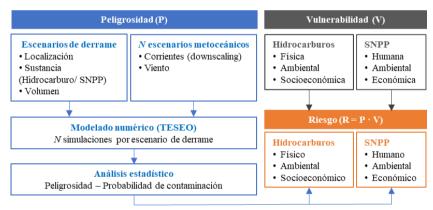


Fig. 1. Modelo de Evaluación del Riesgo propuesto

3. Resultados

La metodología desarrollada se ha aplicado en diversos puertos y zonas costeras, tanto nacionales como internacionales. En la presentación se mostrará en detalle el análisis de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo realizado en los puertos de La Spezia y Génova en Italia.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos Be-Ready (874439) y PROMPT (101101263) financiados por la DG-ECHO en el marco del programa UCPM y el proyecto C-OIL (PID2020-117267RB-I00) financiado por MCIN/AEI/10.13039/ 501100011033//.



Translocación masiva de colonias de Cladocora Caespitosa afectadas por una obra marítima en la isla de Menorca

Carlo Tidua, Júlia Romero Colla, Iván García Cuevasa

a:Tecnoambiente, Carrer Industria 550-552, 090189, Badalona, carlo.tidu@tecnoambiente.com;

1. Introducción

El madreporario Cladocora caespitosa es una especie endémica del Mediterráneo, que gracias a su longevidad y a su capacidad bioconstructora, forma arrecifes que pueden alcanzar dimensiones considerables. El declino de sus principales poblaciones y su vulnerabilidad, han llevado la Unión Internacional para La Conservación de la Naturaleza (UICN) a incluir Cladocora caespitosa entre las especies amenazadas. Debido a su importancia ecológica, es necesaria su inclusión en programas de restauración, como la translocación, para recuperar la funcionalidad de los ecosistemas degradados. La translocación de las colonias de Cladocora caespitosa en Cala Corb (Menorca), nace como respuesta al requerimiento formulado por la Dirección General de la Costa y el Mar en su informe de compatibilidad con la estrategia marina del proyecto de pantanales para embarcaciones deportivas en Cala Corb. El objetivo del presente trabajo es evaluar el estado de las colonias de Cladocora caespitosa a 5 meses de la translocación y su adaptación al nuevo medio.

2. Metodóloga

Durante el mes de junio de 2023 se procedió a la extracción de 605 colonias de Cladocora caespitosa de Cala Corb y a su recolocación a 600 metros de distancia en 6 transectos en la parte norte de L'Illa plana, en el interior del puerto de Mahón (Menorca). Para llevar a cabo el primer control, en noviembre 2023 se procedió al muestreo de las colonias translocadas en 11 estaciones distribuidas entre los 6 transectos de destino. En cada estación de control se ha procedido a la identificación de la colonia mediante el código asignado durante la fase de recolección y la medición del diámetro de la colonia con un calibre. Finalmente se ha procedido al recuento de los pólipos por parte de los dos buceadores. Posteriormente se ha procedido a la toma de 3 fotos cenitales mediante un trípode adaptado a las cámaras submarinas para determinar la eventual presencia de especies oportunistas capaces de comprometer la viabilidad de la colonia como el alga verde Ulva compressa.

3. Resultados

En noviembre 2023 se han muestreado 152 colonias distribuidas entre 6 transectos. La comparación de los histogramas talla frecuencia indica que no existen diferencias significativas entre la población translocada y la población muestreada relativamente al diámetro de las colonias. A 5 meses de la translocación se ha observado una tasa de supervivencia de las colonias del 74 %. El análisis de la tasa de supervivencia de los pólipos de las colonias vivas de Cladocora caesptosa, indica que ha tenido lugar una pérdida neta del 41,6 %. Finalmente, en el análisis de las imágenes no se ha detectado la presencia de algas oportunistas como Ulva compressa.

4. Discusión

La tasa de supervivencia a 5 meses de la translocación de las colonias de Cladocora caespitosa es más baja respecto a estudios similares: 74 % vs. 82 % (Roveta et al., 2023), aunque estos resultados se refieren a proyectos de diferente envergadura por el número de colonias translocadas (605 vs. 34). Entre los resultados destaca la elevada mortalidad de los pólipos (superior al 40 %), que podría ser una consecuencia del estrés térmico debido a las repetidas olas de calor registradas durante el verano 2023. Otro factor que afecta negativamente la supervivencia de los pólipos es la exposición a una mayor irradiancia (Hoogenboom et al., 2006). Teniendo en cuenta que la zona receptora por su topografía recibe una mayor irradiancia respecto a la zona donante, cabe esperar que también este factor haya afectado negativamente la supervivencia de los pólipos. Los resultados del primer control, indican que las colonias translocadas después de 5 meses están inmersas en un proceso de adaptación y que cabe esperar a corto plazo una estabilización, como ya observado en la fase inicial de la translocación de otras especies de corales (Bostrom et al., 2020).

Referencias

- BOSTROM, L., BABCOCK, R., BAYRAKTAROV, E., CECCARELLI, D. (2020). "Coral restoration-a systematic review of current methods, successes, failures and future directions". PloS One 15 (1), e0226631. doi: 10.1371/journal.pone.0226631
- HOOGENBOOM, M., ANTHONY, K., CONNOLY, S. (2006). Energetic cost of photoinhibition in corals. Mar. Ecol. Progr. Ser. 313, 1–12. doi: 10.3354/meps313001
- ROVETA, C., COPPARI, M., CERRANO, C. (2023) "What's the key for success? Translocation, growth and thermal stress mitigation in the Mediterranean coral Cladocora caespitosa (Linnaeus, 1767)". Frontiers of Marines Sciences. 10:1199048. doi: 10.3389/fmars.2023.1199048





Control y erradicación de plantas exóticas invasoras: el caso de Baccharis Halimifolia en la costa asturiana

Fernando de La Torre-Fernández^a, Miguel Á. Reyes-Merlo^a, Laura Fernández-Fernández b v David Alonso-Medina b

^a Demarcación de Costas del Estado en Asturias. Dirección General de la Costa y el Mar. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, mareyes@miteco.es; bTragsatec. Grupo Tragsa.

1. Introducción

Baccharis halimifolia ("chilca") es un arbusto originario de América del Norte que destaca por su alto potencial invasor en comunidades costeras. Fue introducida como especie ornamental en Europa, propagándose por la costa francesa hacia la cornisa cantábrica a comienzos del s. XX (Campos y otros, 2017), siendo detectada su presencia en Asturias en la década de los 90.

En los años 2002 y 2006, desde la Demarcación de Costas en Asturias se promovió el control de esta planta invasora en el estuario de Tinamayor, situado entre las comunidades autónomas de Cantabria y Asturias. Pese a ello, la nueva presencia de este arbusto en dicho estuario motivó en el año 2022 el inicio de los trabajos de control y erradicación, sobre una superficie de 3 ha. (Figura 1), con un plazo de ejecución de 15 meses (incluyendo paradas vegetativas) y un presupuesto que asciende a 743.766,15 €. Con estas actuaciones se pretende el control en dicha marisma y evitar así su expansión hacia el oeste.



Fig. 1. Ámbito de actuación del proyecto "Eliminación de la planta invasora Baccharis halimifolia en el estuario de Tinamayor"

Control y erradicación de plantas exóticas invasoras: el caso de Baccharis Halimifolia en la costa asturiana

Esta aportación quiere dar a conocer las distintas técnicas empleadas, así como las dificultades encontradas, en el control y erradicación de esta planta exótica invasora, que puedan ser extensibles a entornos con problemática similar.

2. Métodos y resultados

Baccharis halimifolia es un arbusto caducifolio de 1,5 a 4 m de altura, generalmente muy ramificado, aunque a veces se presenta en forma de árbol a partir de un solo pie. Destaca por tener un aparato radical muy desarrollado y profundo, crecimiento rápido (30-40 cm/año) y una elevada capacidad de adaptabilidad y rebrote (Ihobe, 2014).

El ámbito de esta actuación se encuentra incluido dentro de la Red Natura 2000, por lo que los trabajos deben considerar aspectos como la nidificación de aves y descartar el uso de fitocidas, entre otros. Con estas premisas, se han desarrollado diversas técnicas para el arranque y transporte de los ejemplares para su posterior eliminación, incluyendo todas las medidas necesarias para evitar cualquier tipo de dispersión de material vegetativo o semillas que pudieran causar daño en el entorno: cuadrillas con motosierras y tijeras eléctricas, carretillas de orugas para facilitar el transporte en las zonas más pantanosas y riguroso empleo de EPIs. Asimismo, se han ensayado otras técnicas para su control, analizando sus efectos en parcelas experimentales, como cubrir los toconoes con geotextil para provocar la muerte del ejemplar, privándole así de luz para rebrotar.

De esta manera, hasta enero de 2024 se ha actuado en un 77 % de la superficie total. Algunos aspectos a destacar, observados durante los trabajos, son: el sistema radicular tiende a crecer longitudinalmente bajo la superficie, más que a desarrollarse en profundidad; los arranques periódicos juveniles favorecen la eficacia de las labores de control y los individuos podados tienen capacidad de rebrotar y producir flores en pocas semanas.

Para una adecuado control y erradicación, deben vigilarse vectores de dispersión (tales como infraestructuras de transporte), acometer un seguimiento y supervisión de la invasión exhaustivo y contar con la acción conjunta de todos los gestores implicados.

Referencias

CAMPOS PRIETO, J.A., CAÑO PÉREZ, L. y HERRERA GALLASTEGRI, M. (2017). La invasión de Baccharis halimifolia en la costa cantábrica. Ambienta 109:78-91.

IHOBE, (2014). Manual de Gestión de Baccharis halimifolia. Ed. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco.





Canal IH-VEGETA: Modelado físico para analizar la influencia de los productores primarios ubicados en marismas sobre los procesos de transporte y dispersión en estuarios

Javier F. Bárcena^a, Javier García-Alba^a, Paula Nuñez^a, Tamara Rodríguez^a, Meysam Rezaeea, Margot Sáncheza v Andrés García

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander. Spain. ⁽¹⁾ barcenajf@unican.es

Los estuarios son zonas de alta importancia socioeconómica y, en consecuencia, sumideros de contaminación. Por ejemplo, en ellas se encuentran 22 de las 32 ciudades más grandes del mundo. Una de las zonas estuarinas más relevantes y vulnerables desde el punto de vista de la gestión ambiental son las marismas (Bouma et al., 2014). Las marismas se forman a lo largo de costas templadas y de baja energía en todo el mundo. Estos accidentes geográficos inundados por las mareas se crean mediante sedimentación, un proceso que se ve potenciado por los productores primarios (Fagherazzi et al., 2012).

Las retroalimentaciones que se producen entre el flujo de agua, los productores primarios (vegetación y fitoplancton), los residuos plásticos y la sedimentación permiten que las marismas se ajusten en relieve vertical y extensión espacial o atrapen grandes cantidades de plásticos en respuesta a cambios del nivel del mar y eventos de escala temporal más corta, como huracanes, sequías, derrames de petróleo o escombros flotantes (Lin y Mendelssohn, 2012). En este sentido, cabe destacar que las marismas condicionadas por la presencia de microfitobentos (MFB) atenúan el perfil de velocidad de la corriente, aumentan la deposición y disminuyen la erosión ya que, a menudo, la biopelícula que genera el MFB forma una superficie de sedimento relativamente estable aumentando la fuerza de unión entre las partículas del sedimento en las zonas intermareales.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es avanzar en el conocimiento, mediante modelado físico, de los procesos que modifican el transporte y dispersión estuarino debido a la presencia de productores primarios en zonas intermareales, como es el caso del atrapamiento de residuos plásticos por la vegetación de marisma, la bioestabilización del sedimento por la presencia de MFB o la variación de la dispersión de plásticos en función de la tipología de plástico y las condiciones hidrodinámicas.

Para ello, IHCantabria ha diseñado y construido un canal de ensayos en el marco del proyecto MORPHEUS, denominado Canal IH-VEGETA(Figura 1). Dicho canal permite investigar y cuantificar las interacciones que se producen en estuarios entre los productores primarios, el sedimento y los residuos plásticos en zonas intermareales o marismas.

Canal IH-VEGETA: modelado físico para analizar la influencia de los productores primarios ubicados en marismas sobre los procesos de transporte y dispersión en estuarios

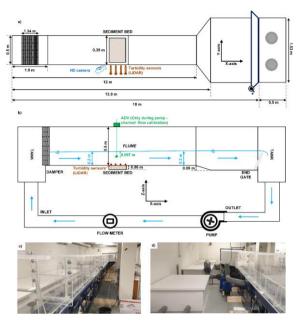


Fig. 1. Diagrama del canal IH-VEGETA en planta (a) y perfil (b). Vista longitudinal del canal para el lado izquierdo (c) y derecho (d)

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el: (1) Proyecto ARES (FIH21/00219) dentro de la "ESTRATEGIA CONJUNTA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN CIENCIAS MARINAS" Programa colaborativo de I+D+I integrado en el plan comentario en el área de ciencias marinas financiado por la Unión Europea-NextGenerationEU, Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia; (2) Proyecto HIGEA (PID2021-127358NB-I00-MCIN/AEI/10.13039/501100011033); y (3) Proyecto MORPHEUS (RTI2018-095304-B-I00-MCIU/AEI/FEDER,UE).

Referencias

BOUMA, T.J., VAN BELZEN, J., BALKE, T., ZHU, Z., AIROLDI, L., BLIGHT, A.J., DAVIES, A.J., GALVAN, C., HAWKINS, S.J., HOGGART, S.P., LARA, J.L., LOSADA,

I.J., MAZA, M., ONDIVIELA, B., SKOV, M.W., STRAIN, E.M., THOMPSON, R.C., YANG, S., ZANUTTIGH, B., ZHANG, L., y HERMAN, P.M.J. (2014): "Identifying knowledge gaps hampering application of intertidal habitats in coastal protection: Opportunities & steps to take". Coast. Eng., 87, 147–157.

FAGHERAZZI, S., KIRWAN, M.L., MUDD, S.M., GUNTENSPERGEN, G.R., TEMMERMAN, S., D'ALPAOS, A., VAN DE KOPPEL, J., RYBCZYK, J.M., REYES, E., CRAFT, C., CLOUGH, J. (2012). "Numerical models of salt marsh evolution: ecological, geomorphic, and climatic factors". Rev. Geophys. 50: RG1002.

LIN, Q., MENDELSSOHN, I.A. (2012). "Impacts and recovery of the Deepwater Horizon oil spill on vegetation structure and function of coastal salt marshes in the northern Gulf of Mexico". Environ. Sci. Technol. 46 (7), 3737–3743.





Mejorando la actividad antifouling de pinturas comerciales utilizando extractos de plantas

Yago Élices-Lázaro^a, Eva S. Fonfría^b y Cesar Bordehore^c

de Ecología, Universitat de Alicante, yagoelices@gmail.com; Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef", Universidad de Alicante, 🕒, eva.fonfria@ua.es; y ^cDepartamento de Ecología y Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef", Universidad de Alicante, , cesar.bordehore@ua.es.

Resumen

El biofouling es el proceso en el cual moléculas, microorganismos, plantas y animales marinos se adhieren a superficies sumergidas. Este fenómeno representa un problema significativo cuando ocurre en estructuras hechas por el hombre, como cascos de barcos, estructuras marinas y redes, debido a la promoción de la degradación de las superficies y posibles sobrecargas, así como reducción de la eficacia de hélices y un aumento en la resistencia y, por lo tanto, en el consumo de combustible en el caso de embarcaciones, contribuyendo a la producción de gases de efecto invernadero (Salta et al., 2010). Otro impacto ambiental causado por el biofouling es la introducción de especies invasoras que viajan en cascos y aguas de lastre en barcos en las rutas marítimas globales (Nerlović et al. 2018). Por lo tanto, minimizar el biofouling es una alta prioridad comercial que además también tiene ventajas económicas y ambientales. Para reducir el impacto del biofouling se han desarrollado y aplicado diferentes recubrimientos antiincrustantes a embarcaciones y estructuras marinas desde tiempos antiguos.Los recubrimientos antiincrustantes tradicionales consisten en compuestos químicamente activos, como la plata, el cobre y la tributiltina. Estos recubrimientos carecen de especificidad, exhiben alta toxicidad tanto para los organismos incrustantes como para la vida marina no objetivo y generan contaminación ambiental sobre todo en espacios confinados como las vías fluviales (McNeil, 2018). Al ser estas pinturas fuente de contaminantes, se ha fomentado el desarrollo de pinturas antiincrustantes de segunda generación. Los recubrimientos bioinspirados, imitando formas, funciones y elementos de la naturaleza, se han investigado recientemente para reducir la toxicidad.

En este estudio se añadieron tres extractos a base de plantas de las familias Solanaceae, Amaryllidaceae y Meliaceae con el fin de evaluar sus propiedades antiincrustantes en combinación con tres pinturas comerciales diferentes, dos tipos de pinturas antiincrustante (una de matriz dura y otra blanda) y una pintura resistente al agua (sin propiedades antifouling). Las pinturas se aplicaron sobre paneles de poliestireno rígido de 10 cm², que se sumergieron a 50 cm de profundidad, en un pantalán del puerto de Dénia (Alicante). En total se instalaron más de 120 paneles, incluyendo los correspondientes controles.

Los resultados mostraron una notable capacidad antifouling de algunos de los compuestos en un período de corto plazo (1 mes). A medio plazo (un año), algunos de los compuestos utilizados mejoraron la eficiencia de la pintura antifouling comercial, manteniendo su capacidad de resistir el crecimiento de organismos marinos no deseados a lo largo de los doce meses. Estos compuestos pueden considerarse como valiosos aditivos en la industria de las pinturas antifouling, ya que pueden prolongar la vida útil de las pinturas antifouling y reducir la frecuencia de la limpieza de obra viva en embarcaciones y estructuras sumergidas, así como reducir el tiempo de repintado. Sin embargo, también se observó que otros compuestos tuvieron un efecto adverso en la eficacia de la pintura antifouling comercial. Estos compuestos, en lugar de mejorar la resistencia al fouling, parecieron promover el crecimiento de organismos marinos no deseados de manera significativa.

En resumen, se puede mejorar la eficacia de pinturas antifouling comerciales sin incrementar su toxicidad. Esta vía de estudio es prometedora ya que hay multitud de compuestos químicos de origen natural que podrían mejorar la capacidad antiincrustante de las pinturas. Nuestra formulación más eficaz se encuentra actualmente en proceso de patente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto GVA-THINKINAZUL/2021 "A comprehensive marine observatory in the coast of Oliva-Dénia-Jávea for the conservation of biodiversity, observation of global change and promotion of the blue economy (OBSERMAR-CV)" a CB, apoyado por el MCIN con la financiación de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.11) y por Generalitat Valenciana (GV)-Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital. Parte de esta investigación se ha realizado en el Laboratorio Marino UA-Dénia (Convenio Ajuntament de Dénia-Conselleria de Medi Ambient. Aigua, Infraestructures Territori de la GV) https://web.ua.es/es/marlabdenia/ [2020-41.30.60.00.01 to CB]. La fase de campo se ha realizado en las instalaciones de El Portet de Dénia (www.marinaelportet.es) al que agradecemos su colaboración y apoyo en las investigaciones del Laboratorio Marino.

Referencias

MCNEIL, EM. (2018). "Antifouling: regulation of biocides in the UK before and after Brexit" en Marine Policy, 92, 58-60.

NERLOVIC, V. et al. (2018). "The invasive Anadara transversa in the biofouling community of northern Adriatic mariculture areas" en Management of Biological Invasions, 9, 239-251.

SALTA, M. et al. (2010). "Designing biomimetic antifouling surfaces" en Proceedings of the Royal Society A, 368, 4729-4754.





El proyecto de dragado y programa de vigilancia ambiental de la Ría de O Burgo

Carlos Gil Villara, Rafael Eimil Apenelaa, Ricardo Babío-Arcaya, Ana Lloret Capoteb, Miguel Nieto Matamoros^c, Antonio Durán Maciñeira^c, Victoriano de la Torre-Cancelo^e, José Antonio Martínez Prieto^d

^aDemarcación Costas de Galicia. rbabio@miteco.es: cgil@miteco.es, bCEDEX. Ana.Lloret@cedex.es; °PROYFE S.L. antonio.duran@proyfe.com; dAdantia, S.L. v.delatorre@adantia.es; dUTE ACCIONA-MAB Ria do Burgo, jamartinezpr@acciona.com

1. Introducción

La ría de O Burgo, que forma parte de una Reserva de la Biosfera y es parte de la ZEPA Corredor migratorio galaico-cantábrico occidental, recoge aguas del río Mero, bajo el puente viejo de O Burgo y varios arroyos a lo largo de su perímetro. Incluida en el área metropolitana donde confluyen los términos municipales de La Coruña, Culleredo, Cambre y Oleiros, tiene un gran valor socioeconómico siendo zona de esparcimiento para 350.000 habitantes y además se lleva a cabo la explotación marisquera.

Esta área costera, ha sido receptora durante años de numerosos vertidos que deterioraron la calidad de sus aguas y crearon una capa de sedimentos contaminantes procedentes de vertidos industriales y urbanos.

La retirada de los materiales contaminados de la ría y su restitución parcial por sedimentos libres de contaminación permitirá mejorar la calidad de las aguas y de los fondos de la ría, favorecer la recuperación, productividad y calidad de los bancos marisqueros allí localizados, y potenciar los usos lúdico-recreativos de la zona.

Este proyecto contempla un dragado de 583.337,04 metros cúbicos en la ría y una inversión total aproximada de 40.000.000 €. La complejidad de este dragado está condicionada por tres factores:

- Se trata de realizar un dragado ambiental, no un dragado ordinario para la obtención de arena o aumentar calado. Para ello, es necesario retirar solo los sedimentos contaminados, que constituyen una capa muy somera (50 cm) y reponerlos con sedimento limpio.
- Es una ría cerrada con muy poco calado, sometida a grandes mareas, con lodo en suspensión que carece de capacidad portante y que su remoción puede dispersar la contaminación. Además, hay grandes superficies que la marea en pleamar alcanza unos pocos centímetros suponiendo una mayor complejidad.

Tiene grandes concionantes ambientales, siendo una ría de elevado valor ambiental, con gran riqueza de avifauna invernante, praderas de fanerógamas en su interior y donde el marisqueo es una importante actividad socio-económica.

2. Descripción de la actuación y sus medidas ambientales

Este proyecto contempla un dragado de 583.337.04 metros cúbicos en de la ría. El dragado de material con mayor contaminación (Cat IIIa y II+), implica un tratamiento que permite la retención de los materiales para posteriormente ser confinado en recintos generando espacios verdes y dando continuidad a sendas y paseos. El material de menor contaminación (Cat II-) se destinó a un punto de vertido que se emplea en dragados portuarios. El vertido del exudado se realizó en la laguna de Fonteculler asegurando, mediante sensores, sistemas de medición y controles analíticos periódicos, el riguroso control ambiental. Siguiendo el programa de vigilancia ambiental, se atendió especialmente al control de calidad de las aguas y el medio y al empleo de sensores de medición en continuo de los distintos parámetros. Se recuperarán 70.000 m² de espacios públicos. Una vez finalizado el dragado, se procede a la aportación de áridos limpios para la recuperación de la zona intermareal, restauración de canales, mejora de bancos marisqueros, regeneración del fondo de la laguna de Culleredo y de la playa de Santa Cristina.

Las marismas de Culleredo, de más de 227.000 m², han sido excluidas de la intervención con la finalidad de preservar las praderas de fanerógamas y los hábitats principales de aves invernantes. Otras actividades desarrolladas en materia de conservación ambiental han sido el control analístico periódico y la recogida de las especies marisqueras afectadas antes del inicio de los trabajos y su posterior resiembra con semillas procedentes de viveros (hatchery) y el trasplante de la fanerógama marina protegida Zostera noltii y la eliminación de especies exóticas invasoras como el carrizo de la pampa "Cortadeia Selloana", principalmente presente bajo el puente de la autopista A-9.

En todos estos trabajos se ha contado con la experta colaboración de los mariscadores de la ría, grandes conocedores del terreno y las especiales circunstancias de su labor por la mejora de la calidad ambiental de la ría de O Burgo.

3. Conclusiones

Para realizar esta obra ha sido necesaria la realización de estudios y procesos novedosos, técnicas de confinamiento nunca antes realizadas en España, seguimientos y controles exhaustivos que han permitido ejecutar la actuación con mayor inversión realizada por la Dirección General de la Costa y el Mar (cofinanciada por los Fondos Europeos de desarrollo regional 2014-2020).





Evaluación de la eficiencia y toxicidad en relación con el uso combinado de floculantes y tubos geotextiles en el proyecto de dragado ambiental de la ría de O Burgo

Ricardo Obispo Estebana, María Plaza Arroyob y Carlos Gil Villarc

^aLaboratorio de Calidad del Medio Marino del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX. ricardo.obispo@cedex.es; bLaboratorio de Calidad del Medio Marino del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, maria.plaza@cedex.es y ^cDemarcación de Costas en Galicia, cgil@miteco.es

1. Introducción

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), a través de su Centro de Estudios de Puertos y Costas, ha colaborado con la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) con múltiples estudios, en diferentes aspectos en relación con el proyecto de dragado ambiental de los sedimentos de la ría de O Burgo (A Coruña) a lo largo de todo el desarrollo de este; ya desde las etapas iniciales, con la clasificación de los materiales y sectorización de la ría en función de su grado de contaminación, estudios de los posibles destinos de los materiales dragados, realización del documento de inicio del procedimiento ambiental, el propio estudio de impacto ambiental y diversos estudios anejos, hasta actualmente en distintos aspectos de los programas de vigilancia ambiental durante las etapas preoperacionales y operacionales del proyecto.

Uno de los trabajos de mayor singularidad han sido los estudios realizados para la evaluación de la eficiencia y toxicidad en relación con el uso combinado de floculantes y tubos geotextiles para el confinamiento de los materiales dragados, con el fin de minimizar las pérdidas de finos y prevenir el incremento de turbidez en la ría. La aplicación de este sistema de gestión se valoró, por una parte, para el caso de los materiales con un grado de contaminación moderado, susceptibles de poder ser vertidos al mar y, por otra parte, para los materiales más contaminados que se gestionarían mediante confinamiento en los recintos creados para este fin. Estos trabajos se materializaron en dos estudios realizados para la DGCM: el "Estudio de la eficiencia y de la toxicidad en relación con el uso combinado de floculantes y tubos geotextiles en el proyecto de dragado ambiental de la ría de O Burgo"(CEDEX, 2016) en el que se valoraron distintos floculantes con el fin verificar su eficacia en base a diversos parámetros, así como la toxicidad; con una valoración final de sus ventajas e inconvenientes, evaluación de su conveniencia de uso en función del destino de los materiales y establecimiento de los requisitos para su utilización. Por otra parte, en 2022, se realizó un nuevo estudio cuyo objetivo fue verificar el cumplimiento de las especificaciones requeridas para los dispersantes propuestos para su uso.

2. Descripción de los ensavos realizados

Para la reproducción del proceso de confinamiento de los materiales dragados en geotubos y poder realizar una caracterización del efluente lixiviado de los mismos, así como de los sedimentos tratados, suficientemente representativa del proceso, se recurrió al ensayo desarrollado por Tencate, "Geotube GDT Test®", para estos fines. Este ensayo consiste en la utilización de una bolsa (50x50 cm) hecha del material geotextil con el que se fabrican los geotubos, de una capacidad aproximada de 20 l en la que se introduce la mezcla de agua y sedimento (80 l de agua de mar + 20 kg de sedimento con su humedad natural) tratada o sin tratar con floculante. Los lixiviados de los distintos ensayos (4 muestras, con y sin floculante), se recogen y analizan convenientemente, determinando turbidez, contenido en sólidos, metales pesados (Hg, Cd, Pb, Cu y Zn) y toxicidad (mediante el ensayo de bioluminiscencia con V. fischeri). Además, en dos de las muestras, las representantes de los materiales con destino a vertido en el mar, se analizaron los sedimentos retenidos en las bolsas geotextiles, con el fin de comparar sus toxicidades en los ensayos con y sin aplicación de floculantes

3. **Conclusiones**

Los floculantes más efectivos resultaron ser los basados en poliacrilamidas catiónicas, en los que no obstante se identificaron riesgos ambientales en su utilización debido a los contenidos de acrilamida monomérica residual (por sus posibles efectos carcinogénicos) lo que derivó en el establecimiento de una serie de limitaciones relativas al contenido de esta sustancia para este tipo de floculantes y su dosificación.

La aplicación de este tipo de floculantes demostró una reducción media de la turbidez superior al 95% en los lixiviados, respecto a los ensayos sin aplicación de floculante; un 98,6% de reducción en los contenidos de sólidos y reducciones superiores al 95% en los metales pesados, no apreciándose efectos tóxicos agudos en los lixiviados de los ensayos realizados con aplicación de floculantes.

Por otra parte, se plantearon incertidumbres en la evolución a corto y largo plazo del comportamiento físico y químico de los sedimentos floculados, en el caso de los materiales cuyo destino fuera el vertido al mar, considerando inadecuado el uso de floculantes en este supuesto de gestión de los materiales, quedando limitado su uso exclusivamente al caso de los materiales dragados cuyo destino fuera el confinamiento en recinto.





Equipos marítimos en aguas someras. Dragado RIA O BURGO un caso singular

Carlos Gil Villara, Miguel Ruiz Alarcónb, José-Antonio Martínez-Prietob, Antonio Duran Maciñeirac

^aDemarcación de Costas en Galicia, cgil@miteco.es; ^bUTE O BURGO (ACCIONA-MAB), miguel.ruiz.alarcon@acciona.com, jamartinezpr@acciona.com; PROYFE, antonio.duran@provfe.com

1. Introducción

El dragado ambiental realizado ha sido la actuación llevada a cabo por MITECO dentro del proyecto "DRAGADO AMBIENTAL DE LOS SEDIMENTOS DE LA RIA DE O BURGO, TTMM varios (A Coruña)". Dicho dragado ha sido realizado en un entorno complejo por condicionantes ambientales (Ria natural con gran diversidad de especies de flora y fauna), físicos (salida de una Ría, afectada por el régimen mareal (carrera de marea de 4 metros) y calados super reducidos) y socio económicos (4 terminos municipales con población sobre la misma ría, que es usada habitualmente para la practica náutica-recreativa y la existencia de parques de marisqueo y sus cofradías). Todo esto ha hecho que la ejecución del proyecto haya sido un reto pionero en España y que han obligado a la utilización de técnicas novedosas, como han sido el replante extensivo de Zoostera, la utilización de la técnica de Geotubos/Floculantes para los productos contaminados del dragdo, y los equipos marítimos utilizados para el dragado de los diferentes tipo de material. Las 2 primeras técnicas las hemos detallado y presentado también a las XVII Jornadas, siendo el referente a los equipos marítimos utilizados el objeto de esta ponencia.

2. Descripción tipos dragados

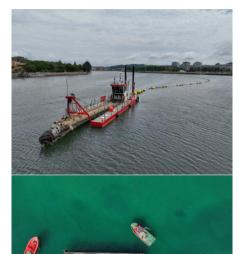
De acuerdo con los condicionantes físicos y ambientales, a lo largo del proyecto ha habido que llevar a cabo las siguientes tipologías de dragado:

- Dragado de material tipo II* y III con vertido a los recintos (dentro de GEOTUBOS).
 - Zonas aguas arriba del puente medieval.
 - Zonas aguas abajo del puente medieval.
- Dragado de material tipo II con vertido al punto de vertido exterior (a 6 NM distancia).
- Dragado de material tipo I para regeneración Playa Sta. Cristina.
- Extracción de material Tipo I de los canales para la recuperación de los sectores dragados aguas arriba.

Dragado de limpieza y recuperación de la laguna de Fonteculler.

Como resumen de los equipos utilizados, y que serán detallados en la presentación tanto en sus capacidades técnicas propias de los equipos como de las adaptaciones que han sido necesarias para su adaptación a las condiciones propias de la Ria han sido:

- Draga de Cortador IHC-BEAVER40 y 3000 ml de tubería de PEHD dotada de flotadores
- Draga Modular construida ad-hoc para los dragados aguas arriba del puente medieval, constituida por un sistema de Bomba DOP 350 dotada de un cabezal AUGER y un Booster de re-impulsión.
- Sistema combinado de dragas retroexcavación anfibias para la carga de pontonas-lanzaderas modulares iunto pequeños remolcadores con transportaban el material hasta el punto de transferencia donde los ganguiles-(una vez autocargados) encargaban de llevar el material dragado desde la zona de aguas debajo de la Ría hasta el punto de vertido exterior.



Todos los equipos han estado dotado de sistemas de posicionamiento XYZ. Y un equipo de control y seguimiento constituido por Hidrógrafos de gran experiencia, sonda multihaz, embarcación autónoma de bajo calado y sistema Lidar entre otros. Igualmente tanto las dragas, retroexcavadoras anfibias, como los gánguiles han sido dotado de sistemas de tracking, y cámaras para su seguimiento en todo momento.

3. Rendimientos

Los condicionantes físicos propios de la Ria (básicamente el régimen mareal y de corrientes) ha hecho que los rendimientos brutos totales estén muy por debajo de las capacidades de los equipos utilizados, pero al tratarse de una actuación quirúrgica (espesores de dragado medios de 50 cms) y estricto control ambiental, han sido los esperados en la planificación del proyecto, habiéndose alcanzado los plazos (26 meses) inicialmente planteados.





Trasplante de la fanerógama Zostera noltii L. en el proyecto de dragado ambiental de la Ría de O Burgo, en A Coruña

Guillermo Bouza Bouza^a Carlo Tidu^a Alexandre García^b, Carlos Gil Villar^c, Victoriano de la Torre Cancelo^d, Pablo Seoane Sánchez^e, José Antonio Martínez Prieto^f

aTECNOAMBIENTE, guillermo.bouza@tecnoambiente.com, carlo.tidu@tecnoambiente.com b:Lcd. Biología xandro@marabaixo.gal; Demarcación de Costas de Galicia, cgil@miteco.es; dUTE PROYFE-AGAS-ADANTIA v.delatorre@adantia.es; eCofradía de Pescadores de A Coruña, confrariadacoruna@gmail.com; fUTE ACCIONA-MAB, jamartinezpr@acciona.com

1. Introducción

Se pretende mostrar la metodología y resultados obtenidos de los trabajos de trasplante de la fanerógama Nanozostera noltii L. (Zostera noltii L), medida compensatoria enmarcada en el proyecto de Dragado Ambiental de los Sedimentos de la Ría de O Burgo (A Coruña), cuyo promotor y órgano sustantivo es la Dirección General de la Costa y el Mar. El objetivo de estos trabajos se basa en paliar la pérdida de cobertura producida por las labores de dragado de sedimentos contaminados de la Ría.

Esta fanerógama está incluida en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (Real Decreto 139/2011). Es uno de los valores naturales más importantes de la Ría de O Burgo, desempeñando diversos papeles ecológicos de gran importancia.

2. Descripción de los trabajos

Los trabajos se llevaron a cabo durante el mes de marzo del año 2022, con anterioridad al inicio de las labores de dragado. Los equipos de operarios involucrados estaban formados por mariscadores de la Cofradía de Pescadores de A Coruña. El número total de operarios movilizado ha sido de 63 personas, supervisados en todo momento por un biólogo cualificado y un Doctor en Biología, realizando las labores por medios terrestres y marinos.

La metodología de trasplante se basó en la traslocación de ejemplares adultos en bloque, en forma de tepes con un marco de 40 x 40 cm y 10-15 cm de fondo, desde una zona donante afectada por las labores de dragado, con alta densidad de la especie, hasta otra zona receptora dentro de la misma Ría, segmentada en seis (6) polígonos en función de su densidad y accesibilidad, con un sustrato de características físico-químicas y biológicas similares.

El mayor reto a superar ha sido el acceso a las zonas de trasplante y recepción, debido a la alta acumulación de sedimentos finos, presentando el área de trabajo muchas zonas prácticamente intransitables. Por ello, fue necesario diseñar un sistema de andamiaje móvil basado en planchas de contrachapado livianas que evitaran el atoramiento en el fango de los operarios, pero facilitara su trasiego e instalación diaria.

3. Resultados

El rendimiento de la actuación ha estado condicionado por el grado de dificultad para el acceso y las distintas necesidades de trasiego en cada una de las zonas de actuación propuestas. En función de la densidad de trasplante en los polígonos de recepción, teniendo en cuenta las zonas con praderas de zostera consolidadas, que se han dejado intactas, los rendimientos diarios han oscilado entre los 297 m² y 2.883 m² para una densidad de 1 tepe/m² y entre 698 m² y 5.518 m² para una densidad de 2 tepes/m², lo que supuso un esfuerzo de recolección de entre 265 y 795 tepes por jornada laboral.

Una vez finalizado el trasplante, se seleccionaron cinco puntos de control en la zona de recepción, donde se está controlando el marco de plantación y la densidad en base al recuento del número de haces, que permitirán valorar el grado de desarrollo de las nuevas praderas y la tasa de supervivencia de la fanerógama trasplantada.

4. Discusión

En términos de rendimiento y densidad, el trasplante por tepes supone una mejora hasta 64 veces superior al trasplante por ejemplares sueltos. La superficie trasplantada, con densidades de 1 tepe/m² y 1 tepe/2m², equivaldría, en el caso más conservador, a 80 Ha de superficie trasplantada con una metodología basada en la traslocación de ejemplares sueltos.

Asimismo, se ha evidenciado como una solución óptima el sistema de andamiaje usado para los accesos y trasiegos de operarios en zonas limosas y fangosas, que en condiciones normales resultaría en plazos inasumibles para acometer la actuación.

Tras dos años de control del trasplante, se ha evidenciado un aumento tanto del marco de plantación como de la extensión de la superficie de trasplante en cinco de los seis polígonos seleccionados, con incrementos de densidad en época estival de entre el 54 % y el 129 %.

Referencias

- CURIEL, D., SCARTON, F., RISMONDO, A., MARZOCCHI, M., (2005). Pilot transplanting Project of Cymodocea nodosa and Zostera marina in lagoon of Venice: Results and perspectives. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Venezia, 56: 25-31.
- GAMBLE, C., GLOVER, A., DEBNEY, A., BERTELLI, C., GREEN, B., HENDY, I., LILLEY, R., NUUTTILA, H., POTOUROGLOU, M., RAGAZZOLA, F., UNSWORTH, R., & PRESTON, J.(EDS.) (2021). Seagrass Restoration Handbook: UK and Ireland. Zoological Society of London.





Descontaminación de la playa de Sant Adrià de Besòs (Barcelona)

Ana María P. Castañeda Fraile, Bárbara Soto Conesab

^aDemarcación de Costas en Cataluña, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, C/ de la Marina nº 16-18 planta 14B, 08005 Barcelona. acastaneda@miteco.es, amcfraile@gmail.com; bEMGRISA, Santiago Rusiñol, 12, 28040 Madrid. bsoto@emgrisa.es

1. Introducción

Barcelona ha sido a lo largo de los siglos XIX y XX una importante ciudad industrial. Desde 1.846 se prohibió la construcción de fábricas en el interior de Barcelona. En el último tercio del siglo XIX y tras el derribo de las murallas de la ciudad en 1858, el traslado de industrias hacia los municipios del entorno de Barcelona experimentó un gran incremento. El ferrocarril contribuyó sobremanera a esta expansion industrial. La primera línea ferroviaria de la actual España se inauguró en 1.848 y discurría entre Barcelona y Mataró.

La playa de Sant Adrià que nos ocupa se sitúa a levante del río Besòs. Como consecuencia de una actuación en la playa, se analizó la calidad de los suelos de la playa de Sant Adrià de Besòs y se detectaron concentraciones de metales pesados superiores a los VGI (Valor Genérico de Intervención) para otros usos, permitidos en la legislación ambiental de Cataluña.

La empresa para la Gestión de los Residuos Industriales S.A. S.M.E. M.P. (EMGRISA) ejecutó por encargo de la Dirección General de la Costa y el Mar del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el "Plan de excavación y diseño de la certificación de suelos remanentes en el sector "E" de la playa de Sant Adrià de Besòs (Barcelona) para la remediación voluntaria del subsuelo", documento aprobado por la Agencia de Residuos de Cataluña.



Fig. 1. Aspecto industrial de la costa a levanter del río Besòs. Fuente: demarcación de Costas en Cataluña (1.989)

2. Trabajos realizados

Se realizaron 3 campañas de caracterización del suelo tomándose muestras en el total de la superficie de la playa. Tras estos análisis, se realizó una valoración de riesgos para la salud humana, en la que se registró un riesgo inadmisible para la misma y se diseñó un plan de actuación para mitigarlo, consistente en la excavación de la arena afectada y la sustitución por arena limpia, libre de contaminantes procedente de cantera. Se trata de una de las primeras actuaciones de descontaminación de una playa por contaminación histórica y no accidental.

Se realizó una malla para zonificar la playa en sectores para su excavación a una profundidad media de 1 m y hasta un máximo de 2 y reposición por material nuevo de aporte. De esta manera se minimiza la generación de residuos, cumpliendo con los objetivos de la ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular definidos en el artículo 1.2



Fig. 2. Excavación propuesta inicialmente. Fuente: EMGRISA (2023)

Los trabajos comenzaron el 16 de mayo y finalización el 23 de octubre de 2023, tras la certificación de los suelos remanentes.

El movimiento de tierras se realizó en 7 fases. La arena extraída se valorizó en su mayoría (98%) a excepción de la que superaban los Niveles genéricos de Referencia para un uso industrial (NGR) que fueron enviadas a vertedero de Clase I, minimizando de igual modo la gestión de residuos en vertedero.

En total se excavaron y gestionaron 15.451,53 t, de arena afectada de las 14.693 t de material inicial propuesto, y se emplearon 16.157 t procedente de cantera para el relleno.

El presupuesto asignado a este proyecto es de 1.197.849,53 €, del cual se ha ejecutado 1.028.634,68 €



Fig. 3. Excavación realizada. Fuente: EMGRISA (2023)



Programa de Vigilancia Ambiental integral de las obras de estabilización de la playa en Premià de Mar (Maresme, Barcelona)

Ferran Vallespinósa, Roberto Pilladob y Asterio Recioc

S.L. ^aE-CO2NSULTING, C/València 11D, 08392 Tiana (Barcelona) ferran.vallespinos@hotmail.com; bPROES CONSULTORES,S.A. C/ Virgilio, 2, edificio 328223 Pozuelo de Alarcón, roberto.pillado@proes. y °GEOMYTSA, S.A. C/;arqués de Urquijo, 21 28008 Madrid, asterio.recio@geomytsa.es

1. Introducción

Las obras realizadas para la estabilización de playas de Premià a poniente de su puerto son las primeras que se realizan en el contexto de la "Estrategia de actuación en el Maresme" (CEDEX, 2014) y tienen por objetivo corregir el déficit sedimentario en este tramo de costa, por causas perfectamente identificadas y que los escenarios de cambio climático no harán otra cosa que agravar el problema.

Las obras han consistido en la construcción de dos espigones (con aportación de unas 135.000 t. de escolleras y todo uno, procedentes de cantera) y un trasvase de arena de procedencia marítima (351.000 m³, extraídos mediante una draga de succión en marcha). Se describen en otra ponencia de las Jornadas (véase CASTAÑEDA & TARANCON) y han estado controladas por un programa de vigilancia ambiental (PVA), contratado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar del MITECO. En este resumen se incluye una breve descripción de la metodología y resultados, que serán desarrollados en la publicación definitiva.

2. Alcance de los trabajos realizados

El PVA ha abarcado la totalidad de las fases de actividad (Tabla 1), con la participación de los técnicos (permanentes y puntuales) que se identifican.

Fase	Alcance	Personal
Preoperacional	Revisión documental	Director ambiental
	Estudio estado cero (propuesta Valores Ref)	Cinco técnicos puntuales
Obras	Control variables (medio marino y terrestre) Emisión informes	Director ambiental Técnico pie de obra Tres técnicos puntuales
	Controles específicos en draga	Dos técnicos en draga

Tabla 1. Fases y recursos de personal

En cuanto a la metodología aplicada, en algún caso ha sido de carácter innovador y la experiencia podrá aplicarse en otras obras de características semejantes. En la Fig 1 se incluyen las principales variables que han sido consideradas a cada fase.

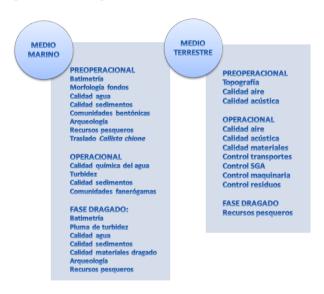
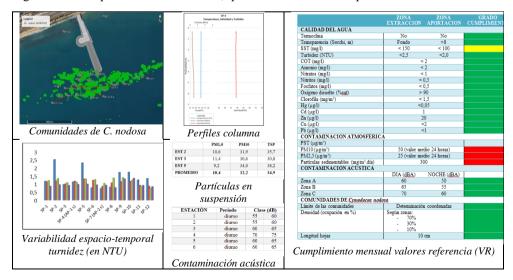


Fig. 1. Principales variables consideradas en el Plan de Vigilancia Ambiental

3. Avance resultados

Se presenta el avance de algunos de los resultados obtenidos en distintos ámbitos del seguimiento temporal durante las obras, que se cimentarán en la ponencia.





Retos de ingeniería para la energía marina y oceánica

Osorio AF.^{a,b,*}, Roldan-Carvajal M.^{a,b}, Álvarez O.^c, Maturana A.^c, Rueda-Bayona J.G.^{b,d} Arango-Aramburo Sa,b.

a. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Medellín-Colombia, email: *afosorioar@unal.edu.co; b. Center of Excellence in Marine Science, CEMARIN; c. Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia; d. Universidad del Valle. Cali, Colombia

1. Introducción

Con recursos como el eólico, el solar, las olas, las mareas, las corrientes y los gradientes térmicos y de salinidad, las cuencas del Caribe y del Pacífico colombiano podrían jugar un papel esencial en la descarbonización de los sistemas energéticos y en la diversificación de la matriz energética de Colombia en el mediano plazo. La región norte del Caribe se destaca por su abundante potencial de recurso eólico, superior a 1331 W/m2 y 1700 W/m2 en áreas específicas [1]. De los gradientes térmicos, 40 MW podrían ser explotados cerca de la costa de San Andrés [2] y, 10 MW en Santa Marta, y 15.624 MW están teóricamente disponibles en los gradientes de salinidad en algunas desembocaduras de ríos [3]. El potencial teórico medio de las olas en el Caribe es de 5-6 kW/m y de hasta 4 kW/m en el Pacífico norte [4]. A pesar del alto potencial de energía oceánica en Colombia y los esfuerzos académicos hay retos de articulación y de desarrollo para la implementación efectiva. Este trabajo recopila los estudios y proyectos nacionales más representativos sobre energía oceánica. Asimismo, discute el panorama nacional en el contexto de las regiones de América Latina y el Caribe.

2. Evaluación de los recursos

En trabajos anteriores [5], se recopiló información sobre la evaluación de los recursos de energía oceánica de Colombia. El país posee un importante potencial de energía oceánica que supera la capacidad instalada actual del Sistema Interconectado Nacional (SIN) [6]. La Tabla 1 resume algunos de los hallazgos significativos en las evaluaciones de los recursos energéticos marinos en Colombia.

Recurso	Potecial	Unidades	Referencia
OTEC – SAI Δ T = 20°C Depth: 400-800m Dist: 7 km * For hot water flows between 22 and 90 m3/s. (Technical).	9.5 – 40* (Tech)	MW	[2], [3], [4]
Salinity gradient – Magdalena River	15,157 (Theory) 780 (Tech)	MW	[4]
Salinity gradient - Canal Dique	154 (Theory)	MW	[4]
Wave - Barranquilla	6	kW/m	[4]
Wave - Santa Marta	5	kW/m	[4]

Wave – north Pacific (Chocó -Nuquí)	Up to 4	kW/m	[4]
Tides (San Juan - Buenaventura)	Up to 2.6	kW/m	[4]

Tabla 1. Detalles de potencias de energía oceánica en Colombia. Tomado de [5]

Las Energías Renovables Oceánicas (ERO) aún no han visto avances significativos en su extracción [11] y presentan varios retos económicos, técnicos, sociales y regulatorios debido a su falta de madurez y desarrollo en el mercado colombiano.

Por lo tanto, los retos examinados y analizados en este trabajo son cruciales para abordar la brecha entre las limitaciones políticas, económicas y sociales y las tecnologías disponibles. De esta manera, se pueden desbloquear las oportunidades para implementar soluciones marinas y ERO a gran escala.

Colombia cuenta con diferentes leves (Ley 1715. 2014 y Ley 2099. 2021) que promueven el estudio y la implementación de estas tecnologías. A pesar de estas leyes, Colombia aún se encuentra en un proceso incipiente de transición energética, y dado que la mayoría de las ERO se encuentran en desarrollo y presentan un alto costo nivelado de energía comparado con otras fuentes renovables, estudiar la variabilidad de los ingresos, costos de inversión y operación, así como el mercado energético es un reto importante en el desarrollo de estas tecnologías. En la mayoría de las zonas no interconectadas o potenciales donde se encuentran comunidades negras, indígenas o campesinas, la implementación de proyectos piloto en estas zonas puede ser un gran reto social ya que se debe respetar su cosmovisión, determinar las condiciones regulatorias y encontrar las mejores alternativas directamente con las comunidades. Los proyectos de ORE deben ser vistos por las comunidades como una forma no sólo de llevar electricidad a la zona, sino también de ofrecer beneficios reales en términos de agua potable, educación y desarrollo económico.

3. Gradiente de salinidad: oportunidad para Colombia y la región

En investigaciones anteriores, hemos demostrado el gran potencial de la Energía de Gradiente de Salinidad (EGS) en Colombia [3], especialmente en el estuario del río Magdalena. En este lugar, hemos investigado la viabilidad técnica y financiera y el posible impacto ambiental y social de la implementación. Además, un piloto a escala de laboratorio en Colombia ya está generando EGS utilizando la tecnología de electrodiálisis inversa (RED) [7]. En este contexto, estamos trabajando para implementar la primera unidad piloto (150 Watts de capacidad instalada) de SGE en América Latina. La unidad utilizará tecnología RED y trabajará con aguas naturales. Se construirá en un lugar de nuevo desarrollo urbanístico para la ciudad de Barranquilla, aunando turismo, sostenibilidad e implementación de nuevas tecnologías. Esperamos que esté operativa a mediados de 2024.

4. Energía eólica emergente

La tecnología eólica marina está experimentando un auge mundial, Rueda-Bayona et al. [8] muestra de que, a pesar de los abundantes recursos de Colombia, no existe un marco jurídico coherente para supervisar la explotación sostenible y segura de la energía eólica marina no convencional. El examen del marco administrativo de las energías renovables en Colombia ha revelado una escasez de información sobre la implantación de la tecnología eólica marina. En particular, en los últimos años se



ha observado un aumento de los aspectos técnicos, económicos, administrativos y jurídicos (RESOLUCIÓN 40284 de 202). Con sus excepcionales recursos, Colombia está bien posicionada para adoptar tecnologías de energía eólica marina, disminuyendo así la dependencia de los combustibles fósiles y sirviendo como una alternativa cuando otros sistemas de energía no pueden garantizar un suministro constante.

5. Conclusiones

Colombia tiene un enorme potencial para generar electricidad a partir de recursos eólicos y marinos marinos, sin embargo su aprovechamiento es nulo. Los recursos marinos desempeñan un papel secundario en la política nacional; la indiferencia podría estar relacionada con la escasa madurez de la mayoría de las tecnologías de energía marina en todo el mundo. Hasta ahora, los fondos públicos financian la mayoría de los proyectos de investigación en ciencia básica, pero los resultados sirven sobre todo para fines académicos. La falta de regulación dificulta el desarrollo de proyectos conjuntos que resulten atractivos para los intereses de los sectores público, privado y académico. Queremos animar a los responsables de la toma de decisiones a reconocer las oportunidades de la energía marina en el país y aunar esfuerzos para su aprovechamiento. La evaluación de los recursos anima a apostar por el largo plazo, invertir en el desarrollo de tecnología local y reforzar la cooperación interinstitucional e intersectorial. Finalmente queremos destacar la privilegiada ubicación del país y la incipiente industria de la energía marina a nivel mundial; Colombia aún puede convertirse en un caso de éxito en este campo.

6. Conclusiones

- IDEAM, "Wind energy density at 80m height' [Densidad de Energía Eólica a 80 metros de Altura]," Atlas de Viento de Colombia - Interactivo, 2015. http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html (accessed Mar. 24, 2022).
- [2] J. Arias-Gaviria, A. F. Osorio, and S. Arango-Aramburo, "Estimating the practical potential for deep ocean water extraction in the Caribbean," Renew. Energy, vol. 150, pp. 307-319, May 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.12.083.
- O. Alvarez-Silva and A. F. Osorio, "Salinity gradient energy potential in Colombia considering site specific constraints," Renew. Energy, vol. 74, pp. 737-748, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.renene.2014.08.074.
- A. F. Osorio, S. Ortega, and S. Arango-Aramburo, "Assessment of the marine power potential in [4] Colombia," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 53, pp. 966–977, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.09.057.
- M. Shadman et al., "A Review of Offshore Renewable Energy in South America: Current Status [5] and Future Perspectives," Sustainability, vol. 15, no. 2, p. 1740, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15021740.
- World Bank Group and Energy Sector Management Assistance Program, "Offshore Wind Technical [6] Potential in Colombia," Washington DC, 2020.
- M. Roldan-Carvajal et al., "Salinity gradient power by reverse electrodialysis: A multidisciplinary assessment in the Colombian context," Desalination, vol. 503, p. 114933, May 2021, doi: 10.1016/j.desal.2021.114933.
- J. G. Rueda-Bayona, A. Guzmán, and J. J. C. Eras, "Wind and power density data of strategic offshore locations in the Colombian Caribbean coast," Data Br., vol. 27, p. 104720, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.dib.2019.104720.



Prospecciones geofísicas y geotécnicas para el diseño de cables submarinos y anclajes para eólica offshore flotante

Patricia Martínez Díaza, Amadeu Deu Lozanob

^aResponsable del área de geotecnia, GEM (Geociencias y Exploraciones Marítimas); ^bDirector Técnico, GEM (Geociencias y Exploraciones Marítimas).

1. Introducción

El desarrollo e implantación de la eólica marina con tecnología flotante es un hecho fundamental para alcanzar los objetivos establecidos en cuanto a generación de energía renovable de origen marino, tanto en España como en buena parte del mundo. Esta tecnología utiliza anclajes permanentes y/o fijos por lo que la información del suelo y subsuelo marino cobra una importancia decisiva para su diseño. No solo es importante conocer la morfología del fondo marino y su composición superficial, sino que también resulta esencial analizar los siguientes 20 o 30 metros para optimizar los diseños de las estructuras. La selección de la tipología y dimensiones de dichos anclajes dependerá del tamaño de la turbina, las condiciones ambientales de diseño y, en gran medida, del tipo de suelo y/o roca existente en la zona, así como de sus propiedades geotécnicas.

En el caso de cables eléctricos submarinos para parques eólicos o interconexiones eléctricas entre distintas regiones o países, las propiedades térmicas del suelo/roca en contacto con el cable influyen en el diseño de la geometría y del aislamiento del cable así como en la determinación de la mejor trayectoria.

El grado de conocimiento del fondo marino influye de forma muy directa en la optimización del diseño de cualquier estructura que vaya a proyectarse en un ambiente offshore. La utilización de modelos del terreno poco precisos conlleva a asumir grandes riesgos en las primeras fases de ingeniería de diseño que pueden implicar a su vez costes adicionales en fases posteriores.

En el presente trabajo se expondrán las principales técnicas geofísicas y geotécnicas utilizadas actualmente. Además, se mostarán casos prácticos de estudio en los que la combinación de diversas técnicas de investigación ha mejorado la caracterización del fondo marino. Se pondrá énfasis en la importancia de este eslabón preliminar dentro la cadena de valor de un parque eólico flotante, ya que una campaña geofísica y geotécnica adecuada permite optimizar los tiempos y costes de etapas posteriores, resultando en un proyecto más eficiente en términos económicos y de seguridad.

2. Campañas de investigación

Las campañas de investigación del fondo marino presentan ciertas particularidades en función de la etapa del proyecto y el uso específico por zonas dentro del mismo. La combinación de técnicas geofísicas y geotécnicas para la caracterización del subsuelo marino permite optimizar las campañas y obtener modelos del terreno más precisos en cuanto a la morfología y a las propiedades geotécnicas de las unidades del terreo implicadas. En este sentido, la experiencia en este tipo de estudios en países cuya eólica offshore muestra mayor desarrollo ha permitido definir las técnicas de investigación más adecuadas, así como los equipos y el tipo de buque necesario para llevarlas a cabo. A continuación se indican las diferentes fases de investigación de una campaña genérica.

- Estudios de gabinete previos y estudios medioambientales.
- 2. Campañas de investigación geofísica.
- Campañas de investigación geotécnica y laboratorio.

3. Integración de resultados

La integración de estas fases permite elaborar un modelo geológico-geotécnico preciso del fondo marino y de los primeros metros de subsuelo en las diferentes zonas de interes. Además de este modelo y de la correspondiende asignación de parámetros geotécnicos a los diferentes niveles, se lleva a cabo un análisis detallado de los diferenes aspectos que intervienen en la fase de diseño. Esto incluye la identificación o delimitación de las zonas con base en su biodiversidad, clasificación según pendientes, mapa de isopacas del espesor de sedimentos subyacentes al sustrato, análisis de la movilidad de sedimentos, posibles interferencias con dispositivos de pesca, infraestructuras anteriores o posibles artefactos no detonados, entre otros. En la Figura 1 se mustra un ejemplo de buena integración entre técnicas geofísicas y ensayos geotécnicos en un proyecto de eólica marina flotante en el Mediterráneo.

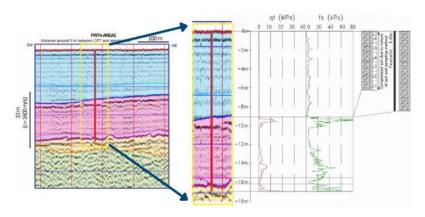


Fig. 1. Ejemplo de buena integración entre resultados de geofísica y geotécnia





Análisis experimental de la socavación libre y diferentes medidas de protección sobre una plataforma de gravedad para eólica marina

Javier Sarmiento^a, Raúl Guanche^a, Iñigo J. Losada^a, Jose Serna^b

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, sarmientoj@unican.es; guancher@unican.es; inigo.losada@unican.es; bEstevco Energía (jserna@esteyco.com)

1. Introducción

Tradicionalmente el análisis de la socavación y las protecciones contra la socavación para estructuras cimentadas o apoyadas sobre el fondo marino se ha estudiado ampliamente para cilindros verticales esbeltos donde el diámetro del pilote es muy pequeño en comparación con la longitud de onda (D/L<0.1, el fenómeno de la difracción puede ser despreciado). Cuando estudiamos otro tipo de estructuras como las plataformas de gravedad, D/L>0.1, donde el efecto de la difracción no puede ser despreciada, junto con la heterogeneidad de los diseños existentes, hace que las formulaciones disponibles para este tipo de estructuras sean muy escasas y con rangos de aplicación limitados. Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación de la socavación libre (análisis de la socavación y medidas de mitigación) y la validación de protecciones anti socavación sobre las estructuras de gravedad se suele llevar a cabo mediante ensayos experimentales en tanque de oleaje-corriente a escala reducida. Dentro de este artículo se muestran los ensayos experimentales llevados a cabo en las instalaciones del IHCantabria sobre la plataforma de gravedad ELISA (Fig. 2) diseñada por Esteyco. El objetivo principal de la campaña de ensayos experimentales es profundizar en el análisis de la socavación libre, estimando los mecanismos de socavación y la socavación de equilibrio, así como el análisis y validación de diferentes medidas de protección (protección de roca y concrete mattresses) para diferentes estados de mar característicos del mar del Norte y de la costa este de los Estados Unidos.

2. Metodología

Los ensayos experimentales se han llevado a cabo en las instalaciones del IHCantabria a una escala de 1:35 aplicando las leyes de semejanza de Froude (Hughes, 1993), en el tanque de oleaje-corriente CCOB. El tanque fue dividido en varios canales independientes. Dos de ellos se rellenaron con arena para simular el comportamiento del material granular del fondo marino. Las dimensiones de las cajas de arena donde se instalaron las plataformas fueron de

Análisis experimental de la socavación libre y diferentes medidas de protección sobre una plataforma de gravedad para eólica marina

8x11.5x0.25 m. Antes de instalar las plataformas en el tanque de oleaje-corriente, la corriente y el oleaje objetivo fueron previamente calibrados y validados en ausencia de la estructura. Por otra parte, el análisis de la socavación libre, así como el comportamiento de las protecciones anti-socavación fueron evaluadas mediante análisis fotográfico y a través de las mediciones de láser escáner 3D (Faro). La campaña de ensayos experimentales fue dividida en dos grupos de ensayos:

- 1) Ensavos de Socavación Libre (solo corriente): Análisis de la socavación libre alrededor de la estructura bajo una condición de live bed regime ($\theta > \theta_{cr}$).
- Ensavos para la evaluación de protecciones contra la socavación (combinación 2) de ola-corriente): Protecciones de tipo roca y protecciones de tipo concrete mattressess.



Fig. 1. Fotos tomadas durante los ensayos experimentales

3. Resultados y conclusiones

Las principales conclusiones y resultados se describen a continuación:

Ensayos de socavación libre:

- Identificación de los mecanismos que gobiernan la socavación y estimación de la máxima socavación de equilibrio alrededor de la estructura (variable entre 2.8-5.04metros). Protección de roca:
- Evaluación de la estabilidad de diferentes tamaños de roca para la capa de armado e identificación de los límites de estabilidad.

Concrete Mattresses:

El incremento de la extensión de los concrete mattresses limita considerablemente la magnitud y extensión de la erosión de borde.

Referencias

S. A. Hughes, Physical Models and laboratory techniques in coastal engineering, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 1993.





Provecto MAR+: Gemelo digital de la planta de energía undimotriz de columna de agua oscilante (OWC) de Mutriku

Cristina Casal Escalonia, DÁlvaro Rodríguez Luisa, DRaúl Guanche Garcíaa, Jon Lekubeb,

Laura Zubiate^b, Yago Torre-Enciso^b, Endika Aldaiturriaga^c

- ^a IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, casalc@unican.es: guancher@unican.es: alvaro.rodriguezluis@unican.es
- ^bBiMEP Biscay Marine Energy Platform jlekube@bimep.com; lzubiate@bimep.com; ytorre@bimep.com
- cEVE Ente Vasco de la Energia ealdaiturriaga@eve.eus

1. Introducción

Una columna de agua oscilante, al igual que casi cualquier captador de energía undimotriz, es un sistema muy dependiente de la distribución frecuencial de la energía incidente, así como de la cinemática de las ondas de las que se pretende extraer energía. BiMEP-Mutriku dispone de 16 columnas de agua oscilante dispuestas en el lado de barlomar de un dique vertical de abrigo (Figura 1), lo cual le permite captar la energía incidente de los oleajes predominantes en la zona. En el marco del proyecto MAR+ se propone el desarrollo de un gemelo digital de planta basado en modelos capaces de resolver la hidrodinámica de la planta, así como el problema aerodinámico ligado a la cámara de aire a la que va ligado la columna. Se emplea una aproximación numérica para la caracterización del régimen operativo de planta a partir del desarrollo de un modelo numérico basado en teoría potencial y débilmente no-linealizado (p.ej. pérdidas lineales y no lineales derivadas del problema viscoso asociado) y capaz de incorporar el acoplamiento hidrodinámico entre cámaras.



Fig. 1. Dique de abrigo del puerto de Mutriku

2. Metodología

El objetivo es el desarrollo un modelo de la planta que permita simular correctamente el funcionamiento completo de una cámara así como la interacción entre cámaras. Dicho modelo resuelve las fuerzas existentes en la columna de agua en el dominio del tiempo. Para el desarrollo del modelo en planta se aplica la metodología propuesta por Iturrioz 2014. Como primer paso, se utiliza NEMOH que es un software de código abierto de tipo potencial de primer orden para resolver los problemas de radiación y difracción utilizando el método BEM y considerando la superficie libre de la cámara como un pistón rígido de un cierto espesor, así se obtienen los coeficientes de masa

añadida, coeficientes de amortiguamiento hidrodinámico y las fuerzas de excitación. A continuación, los términos obtenidos se utilizan para la resolución de la ecuación de Cummins (1962), que expresa el movimiento en el dominio del tiempo de un cuerpo flotante restringido a oscilar en heave (OWC). Por último, el modelo creado se calibra y valida con datos experimentales.

3. Modelo númérico

El modelado en el dominio del tiempo supone la alternativa para considerar las no linealidades. como las originadas por oleaje extremo o por el sistema de extracción de energía (PTO). El modelo numérico desarrollado para este proyecto consta a su vez de varios submodelos acoplados entre sí: el modelo del oleaje, el modelo hidrodinámico, el modelo de la turbina y el modelo de la columna de agua oscilante. El modelo del oleaje procesa los parámetros del estado de mar y genera el oleaje incidente o permite directamente cargar un archivo de oleaje tanto en el dominio de la frecuencia como en el dominio del tiempo. El modelo de la cámara resuelve el problema aerodinámico dentro de la cámara, suponiendo que el aire se comporta como un gas ideal, y que el proceso de compresión/expansión dentro de la cámara puede modelarse como un proceso isentrópico (Figura 2). El modelo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de radiación y excitación en el dominio del tiempo, así como la fricción derivada de los efectos viscosos, el modelo de la turbina resuelve la dinámica de rotación de esta, considerando sus propiedades inerciales, sus curvas de Buckinham y su algoritmo de control, por último, el modelo de columna de agua oscilante combina las fuerzas actuantes de todos los submodelos.

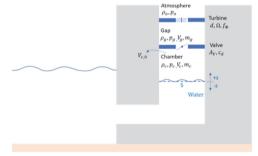


Fig. 2. Esquema para el modelado de la fuerza del sistema de extracción de energía

El modelo desarrollado considera la geometría actual de la planta de Mutriku. Los resultados obtenidos de la resolución de las fuerzas actuantes en la columna de agua, representan la hidrodinámica de producción de energía asociada a la OWC de Mutriku.

Agradecimientos

Ayuda CPP2021-009079 financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación y por "Unión Europea NextGenerationEU." Raul Guanche agradece la beca Ramon y Cajal (RYC-2017-23260) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Referencias

ITURRIOZ A., GUANCHE R., ARMESTO J.A., ALVES M.A., VIDAL C., LOSADA I. J. (2014). "Time-domain modeling of a fixed detached oscillating water column towards a floating multichamber device" en Ocean Engineering, vol. 76, p.65-74.

ROSATI M., HENRIQUES J.C.C., RINGWOOD J.V. (2022) "Oscillating-water-column wave energy converters: A critical review of numerical modelling and control" en Energy Conversion and Management: X, vol. 16., 100322.





Desarrollo de una herramienta para la simulación de plataformas flotantes multi-uso con captadores de energía eólica y undimotriz

👨Álvaro Rodríguez-Luisª, 📵Sergio Fernández-Ruanoª, 📵Raul Guancheª, Ignacio Cobián Babé^b, Ignacio Trejo Vargas^b y Javier Berenguer Cobián^b

1. Introducción

La introducción de captadores de energía undimotriz en plataformas flotantes concebidas para la eólica marina presenta, entre otros, dos beneficios claros. Por una parte, contribuye a reducir el LCOE del dispositivo, al aprovecharse la infraestructura existente para la instalación de nuevos captadores. Por otro lado, puede contribuir al amortiguamiento, mejorando la estabilidad de la plataforma, reduciendo la fatiga de los componentes y aumentando la accesibilidad y operatividad. Por ello, es importante contar con herramientas que permitan simular estos dispositivos, facilitando su diseño, evaluación y optimización. En este trabajo, se ha adaptado el modelo numérico OASYS, desarrollado en IHCantabria, para alcanzar las funcionalidades requeridas para la simulación de la plataforma TRIWIND, diseñada por Beridi Maritime. En concreto, se describe el modelo numérico empleado y se presentan los resultados de la calibración y validación con ensayos experimentales.

2. Modelo numérico

El modelo numérico desarrollado para este proyecto consta a su vez de varios submodelos acoplados entre sí. En primer lugar, se cuenta con el modelo para la simulación de la dinámica del sólido rígido. Se resuelve a partir de las propiedades inerciales de la plataforma y las fuerzas y momentos netos aplicados sobre el centro de gravedad, calculadas empleando el resto de modelos. En segundo lugar, se tiene un modelo hidrodinámico, basado en la teoría de potencial lineal. Inicialmente se resuelve la ecuación de Laplace en el domino de la frecuencia mediante el método de elementos de frontera (BEM), para obtener los coeficientes hidrodinámicos de radiación y difracción. Para la obtención de las fuerzas hidrodinámicas en el dominio del tiempo se aplica la ecuación de Cummins, empleando además términos semiempíricos para incluir los efectos de la viscosidad (Faltinsen, 1999) y coeficientes de arrastre para incluir el efecto de las corrientes. Este modelo se complementa con el cálculo de las fuerzas hidrostáticas y de Froude-Krylov mediante la integración directa de la presión sobre la malla. En tercer lugar, OASYS esta acoplado con OpenFAST para el modeladod de la turbina eólica (Jonkman, 2022). En cuarto lugar, se ha implementado un modelo de columna de agua oscilante (OWC) considerando que el aire se comporta como un gas ideal, y que el proceso de compresión/expansión puede modelizarse como un proceso isentrópico (Rosati, 2022). Finalmente, el modelo de líneas de fondeo se trata de un modelo dinámico que

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, guancher@unican.es

^bBeridi Maritime SL, javierberenguer@beridi.com

Desarrollo de una herramienta para la simulación de plataformas flotantes multi-uso con captadores de energía eólica y undimotriz

resuelve la ecuación diferencial de una barra ignorando los efectos de flexión y torsión, empleando el método de elementos finitos (Azcona, 2015).

3. Resultados

El modelo descrito se ha calibrado v validado con los resultados de la campaña experimental llevada a cabo en el CCOB (Cantabria Coastal and Ocean Basin). Los ensayos fueron realizados a una escala 1:30 e incluveron el efecto de viento, oleaje y corriente. En particular, para la reproducción de las cargas del viento, se empleó un drone con un SIL (Software In the Loop), alimentado con un modelo numérico de turhina eólica. Además, se realizaron ensayos con las las OWC cerradas y abiertas, reproduciendose las turbinas con

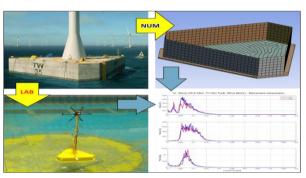


Fig. 1. Arriba-iz.: plataforma TRIWIND; abajo-izq: modelo empleado en los ensayos del CCOB; arriba-der.: malla empleada para modelar numéricamente la plataforma; abajo-der.: comparativa de espectros

orificios equivalentes. Para la calibración, se han empleado ensayos de extinción y ensayos de oleajes regulares, así como vientos constantes. Para la validación se han empleado ensayos de oleajes irregulares y viento turbulento. Los resultados han sido satisfactorios, demostrando la utilidad del modelo como herramienta de diseño y optimización de este tipo de dispositivos.

Agradecimientos

Ayuda PDC2021-121786-I00 financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación y por "Unión Europea NextGenerationEU." Raul Guanche agradece la beca Ramon y Cajal (RYC-2017-23260) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Referencias

AZCONA, J. (2015). Computational and Experimental Modelling of Mooring Lines Dynamics for Offshore Floating Wind Turbines. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.

FALTINSEN, O. (1999). Sea Loads on Ships and Offshore Structures. Cambridge: Cambridge Ocean Technology Series.

OpenFAST/openfast: al. (2022).OpenFAST v3.1.0, Zenodo, https://doi.org/10.5281/zenodo.6324288 [Consulta: 16 de enero de 2024]

ROSATI, M et al. (2022) "Oscillating-water-column wave energy converters: A critical review of numerical modelling and control." en Energy Conversion and Management: X, vol. 16, https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100322 [Consulta: 16 de enero de 2024]





Uso de túnel de viento de capa límite para evaluación de condiciones ambientales en ensayos de eólica offshore

Fanny Baena-Ramíreza, Miguel Santamaríab, Ángel Molina-Salasc, María Claverod, Antonio Moñinoe

Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, IISTA, Universidad de Granada

a fanny baena@ugr.es; b miguelsancer@ugr.es; c amsalas@ugr.es; d mclavero@ugr.es; c amsalas@ugr.es; d mclavero@ugr.es; c amonino@ugr.es

1. Introducción

En los últimos años, la implantación de los parques eólicos offshore ha seguido una tendencia creciente en la mayoría de los países que apuestan por el uso de energías renovables como fuente energética, pero apenas se ha desarrollado en España. La Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España del MINECO marco como uno de los cuatro grandes objetivos "integrar la sostenibilidad como pilar central del desarrollo de las energías renovables en el mar".

Con el objetivo último de avanzar en una evaluación rigurosa de la sostenibilidad de la eólica offshore, el objetivo del presente trabajo es profundizar en la caracterización ambiental alrededor de aerogeneradores offshore mediante ensayos experimentales en un túnel de viento.

2. Metodología

En primer lugar se ha de caracterizar la capa límite atmosférica en el túnel de viento (Figura 1). La capa límite atmosférica es la zona de la atmósfera que está en contacto directo con la tierra, y por tanto más influencia por la superficie terreste. Dentro de las principales característica que condicionan las propiedades de la capa límite, está la rugosidad z₀ Para simular la rugosidad del mar en el túnel, se ha considerado el valor de 0,0002 (Djohra, 2014).

Se ha diseñado un modelo de aerogenerador de tres palas y eje horizontal. El rotor tiene un diámetro de 350 mm, y su eje se encuentra elevado a una altura de 300 mm sobre el nivel del suelo. La escala de trabajo es 1:300. Se han ensayado cuatro configuraciones diferentes, cada una con disposiciones distintas de aerogeneradores. En cada configuración, se realizaron ensayos a tres velocidades diferentes. A la entrada y tras los aerogeneradores se han registrado los valores de velocidad, humedad, temperatura y presión.

Uso de túnel de viento de capa límite para evaluación de condiciones ambientales en ensayos de eólica offshore

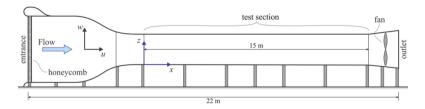


Fig. 1. Túnel de viento de capa límite IISTA-UGR. Fuente: Jiménez-Portaz et al, 2020

3. Resultados

Las características del flujo de viento, humedad, temperatura y presión se observan en mapas de superficie que permiten evaluar los cambios producidos en estas variables por la presencia de uno o varios aerogeneradores. A modo de ejemplo, la Figura 2 muestra resultados del mapeo de la humedad relativa y la temperatura para un aerogenerador aislado.

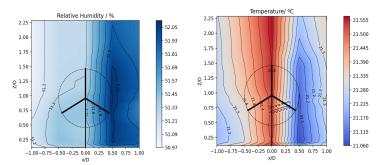


Fig. 2. Humedad relativa y temperatura medidas tras un aerogenerador aislado

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por el proyecto TED2021-131717B-I00.

Referencias

DJOHRA, SAHEB & MUSTAPHA, KOUSSA & HADJI, SEDDIK. (2014). "Technical and Economic Study of a Stand-Alone Wind Energy System for Remote Rural Area Electrification in Algeria" en Renewable Energy and Power Quality Journal. 638-643

JIMENEZ-PORTAZ, M., CHIAPPONI, L., CLAVERO, M., & LOSADA, M. A. (2020). "Air flow quality analysis of an open-circuit boundary layer wind tunnel and comparison with a closedcircuit wind tunnel" en Physics of Fluids, 32(12).





Caracterización del riesgo asociado a la erosión y la inundación en la costa andaluza en el s. XXI

Marcus Silva-Santana, Pedro Otiñar, Pedro Magaña, Manuel Cobos, Asunción **Baquerizo**

Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Avda. del Mediterráneo s/n, 18078, Granada; 🕩0000-0002-2149-5642, marcusanta@ugr.es; 🕩0000-0002-0223-2425, potinar@ugr.es; 00000-0002-1575-5145, pmagana@ugr.es; 00000-0001-7588-6449, 00000-0002-5896-3630, mcobosb@ugr.es 00000-0002-3339-0653, abaqueri@ugr.es.

1. Introducción

Se ha desarrollado una metodología para caracterizar el riesgo de erosión e inundación en toda la costa andaluza partiendo de los resultados que proporciona el proyecto ICCOAST (Exped. Contr. 2018 66984, licitado por la Junta de Andalucía con financiación FEDER) que permiten identificar las zonas afectadas por la inundación para diferentes periodos de retorno. El cálculo del rieso se realiza de manera coherente con los Planes de gestión de los riesgos de inundación (Directiva 2007/60/CE y RD 93/2010) como complemento a la información existente en la que las zonas costeras están caracterizadas como 'otras zonas sin riesgo'.

2. Metodología

En el proyecto ICCOAST se han obtenido, con técnicas de simulación, diferentes realizaciones igualmente probables de los campos aleatorios que caracterizan la erosión y la inundación en un escenario de cambio climático hasta 2100. En cada playa de la costa andaluza, en concreto, se dispone, para cada realización, de la variación del nivel del mar en una serie de puntos susceptibles de ser inundados durante eventos climáticos severos. Se conocen, además, los valores simultáneos de la topobatimetría y, por ende, los datos del límite hasta donde llegan las olas.

La metodología que se ha propuesto y aplicado para cada escenario de probabilidad identificado por el periodo de retorno, T_R , consta de los siguientes pasos:

- Cálculo, en un punto de la playa representativo de la inundación, del nivel $z_{l_*}^R$ asociado al periodo de retorno T_R .
- Identificación, para cada simulación de los eventos de superación del $z_{l_*}^R$ y, para cada evento, del valor máximo del nivel alcanzado durante el mismo, el instante en el que ocurre

y las correspondientes contribuciones al nivel, así como el instante de finalización de la excedencia

Para cada evento identificado:

- Recopilación de datos de calados en el dominio usado para definir la playa, en el instante de máximo nivel y estimación de las curvas que delimitan las zonas inundadas.
- Recopilación de datos de la topobatimetría en el instante en el que finaliza el evento y estimación de las curvas que delimitan la posición de la línea hasta la que llegan las olas tras la inundación.
- Obtención, a partir de los datos anteriores de los valores relacionados con la peligrosidad del evento.
- Caracterización a partir de las muestras aleatorias obtenidas de la información representativa de las variables y campos aleatorios que caracterizan la peligrosidad.
- Combinación de la información obtenida con otras bases de datos para estudiar el riesgo para la población, la economía, los puntos de especial importancia y el medio ambiente, para los usos y concesiones concretas, así como para la globalidad de la playa.

3. Resultados

La Fig. 1 resume los resultados obtenidos para una playa concreta del litoral andaluz

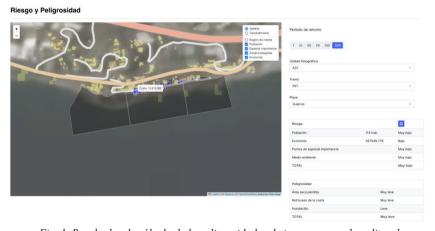


Fig. 1. Resultados de cálculo de la peligrosidad y el riesgo en una playa litoral

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del contrato con Exped. Contr. 2020 194906 licitado en concurrencia competitiva por la Junta de Andalucía (con financiación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional) y ganado por la Universidad de Granada.





Adaptación costera frente al cambio climático: implementación de metodologías de IA con un enfoque probabilístico

Nerea Portillo a, Javier Olaldeb, Vicente Negro c y Peter Trochd

^aUniversidad Politécnica de Madrid (UPM), , nf.portillo@upm.es ; b UPM, i.olalde@alumnos.upm.es : °UPM. vicente.negro@upm.es : dGhent University. Peter.Troch@ugent.be

1. Introducción

Aunque las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) se gestaron en los años 90, su impacto en la sociedad se ha consolidado recientemente, transformando modelos, mercados y prácticas científicas. Sectores como la medicina, telecomunicaciones e ingeniería hidrológica han experimentado notables avances gracias a la implementación de la IA. Contrariamente, en la ingeniería marítima, aún persiste cierta reticencia hacia la adopción de estos modelos (Portillo y Negro, 2022). Hasta ahora los estudios que han aplicado técnicas de IA han conseguido modelos de gran precisión, pero con mucho menos coste computacional que aplicando técnicas tradicionales (Portillo et al., 2023). La gran parte de estudios de ingeniería portuaria y costera que aplican IA lo hacen para caracterizar el clima, pero su aplicación a estudios estructurales sigue siendo muy limitada. Este estudio tiene como objetivo abordar este desafío mediante la presentación de una metodología alternativa basada en técnicas de IA para la adaptación de estructuras costeras al cambio climático.

2. Metodología

El presente estudio propone un modelo híbrido que integra dos enfoques complementarios: las simulaciones de Monte Carlo y las redes neuronales. Las simulaciones de Monte Carlo se utilizan para generar una base de datos que caracteriza de manera probabilística el problema, mientras que el submodelo de redes neuronales se nutre de estos datos para obtener las medidas necesarias para la adaptación de las estructuras costeras al cambio climático. Este modelo híbrido busca combinar las ventajas de ambas metodologías, la capacidad de generar datos de las simulaciones de Monte Carlo, y la eficacia de explotar estos datos de la inteligencia artificial. El primer paso fue la caracterización del clima marítimo, que se hizo en aguas profundas y se estudió estadísticamente para realizar proyecciones en dos horizontes temporales, 2035 y 2050. Seguidamente, se propagaron los diferentes estados del mar con el modelo numérico SWAN y se realizó un estudio de todos los diques del Mar Mediterráneo para su caracterización estadística. Utilizando estos datos, se llevaron a cabo los cálculos estructurales necesarios y se alimentó el modelo de redes neuronales. Además, con el objetivo de optimizar el modelo de redes neuronales y de reducir el tiempo computacional, se implementaron algoritmos genéticos, lo que permitió mejorar considerablemente su eficacia.

3. Resultados

El modelo que se presenta se ha aplicado en el Dique Norte del Puerto de Valencia, en sus dos secciones más críticas, el morro (dique vertical) y el último tramo del tronco (dique compuesto), obteniendo los incrementos de altura y peso necesarios para la adaptación de dichas secciones al cambio climático (Figura 1 y 2).

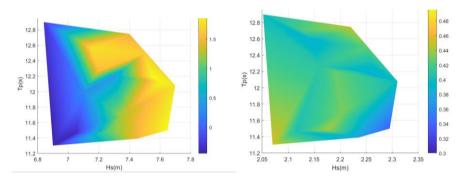


Fig. 1. Incremento de altura necesaria para la sección vertical v compuesta del dique Norte

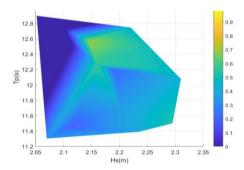


Fig. 2. Incremento de peso necesario para el manto del dique compuesto

Referencias

PORTILLO JUAN, N., y NEGRO VALDECANTOS, V. (2022). "Review of the application of Artificial Neural Networks in ocean engineering." Ocean Engineering, 259, https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111947

PORTILLO JUAN, N., OLALDE RODRÍGUEZ, J., NEGRO VALDECANTOS, V., y IGLESIAS, G. (2023). "Data-driven and physics-based approach for wave downscaling: A comparative study." Ocean Engineering, 285, 115380. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115380





Análisis de tráfico marítimo en la Demarcación Levantino Balear y en la Demarcación Marina Canaria Año 2022

Marta S. Jiménez Saavedra^a, José María Grassa Garrido^a, Elvira M. García-Bellido^b ^aCentro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), Madrid, marta.jimenez@cedex.es; jose.m.grassa@cedex.es; bDirección General de Biodiversidad, MITECO, emgbellido@miteco.es.

1. Introducción

El avance en la adopción de medidas para mitigar las colisiones entre buques y cetáceos es ya una constante para las distintas partes que están implicadas en esta materia.

Las comunidades científicas de expertos promueven y planifican con detalle las campañas de avistamientos de estas especies, con especial énfasis en aquellas más vulnerables, con el fin de ayudar a precisar su localización.

Los estudios de tráfico marítimo, concentran su enfoque en áreas más precisas o con determinados buques que por sus características pueden propiciar este tipo de accidentes. En este contexto este estudio presenta la componente de trafico marítimo en dos áreas de especial importancia, como hábitat prioritario para estas especies, la demarcación marina canaria y dentro de la demarcación levantino balear, las aguas del mar Mediterráneo delimitadas por el canal de Ibiza y el canal de Mallorca.

2. Metodología

En ambas áreas de trabajo, se realiza una aproximación al análisis cuantitativo, exhaustivo y estructural del tráfico marítimo a partir de registros de mensajes AIS. La evaluación del tráfico se lleva a cabo de forma estructural, es decir, empleando como dimensión principal las relaciones entre puertos origen y destino de cada viaje, que constituyen el tráfico marítimo de las distintas zonas. La reconstrucción de los viajes individuales de cada buque y su posterior descomposición en trazas, permite realizar estudios agrupados por ruta o tipo de barco y mapeados de densidad del tráfico marítimo asociadas a determinadas rutas.

Este concepto de densidad es la base para el cálculo de la peligrosidad asociada al trafico marítimo, parámetro directamente implicado en el riesgo de colisión con buques, a través de otras variables como la velocidad de navegación o la manga del buque. Ambos indicadores espaciales permiten identificar áreas críticas en relación con el tráfico y su utilización en aplicaciones posteriores.

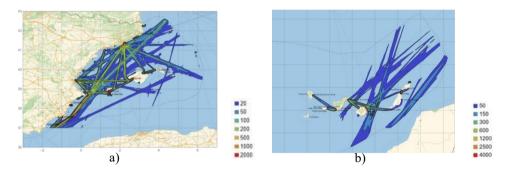


Fig. 1 Densidad tráfico marítimo (km/km²) viajes frecuentes Año 2022 Demarcación levantino balear b) Demarcación marina canaria

3. Conclusiones

El análisis de los resultados obtenidos para la demarcación levantino balear durante el año 2022 confirma una tendencia al alza en el tráfico marítimo. Las proximidades del puerto de Palma y el abanico de la costa NNW-SSE de la isla de Mallorca, de presentan como zonas de elevada densidad de tráfico marítimo. A ellas hay que unir las conexiones con otros puertos, especialmente Barcelona, Valencia y Palma.

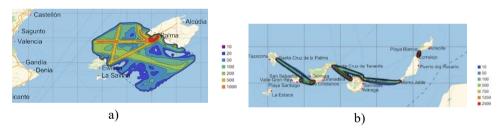


Fig. 1 Densidad tráfico marítimo (km/km²) Año 2022 a) DLB viajes frecuentes b) Alta Velocidad DCM

El análisis conjunto para los puertos canarios desvela su participación en muchas escalas en rutas internacionales hacia/desde la península desde/hacia Europa/ u otros destinos como Africa o América, además de constituirse como zona de tránsito. Los puertos que más veces son registrados como origen o destino son Las Palmas, Playa Blanca y Santa Cruz de Tenerife, junto con el tránsito en dirección NE-SW. La caracterización del tráfico dentro de esta área permite identificar las zonas más saturadas por categoría de buque así como las zonas potencialmente peligrosas desde el punto de vista del flujo marítimo para su posterior análisis de riesgo de colisión, en combinación con la biodiversidad de las islas.

Referencias

VAES T., DRUON, J.(2013) "Mapping of potential risk of ship strike with fin whales in the Western Mediterranean Sea. EUR 25847. Luxembourg (Luxembourg): JRC79841





Proyecto "Bosque Marino Autoridad Portuaria de Cartagena" Alberto Echeita Dieza

^aEurofins Munuera S.L., Consultoría Ambiental Marina. Murcia. España, ecomarina@laboratoriosmunuera.es

1. Introducción

Eurofins Munuera inicia el Proyecto de "Bosque Marina de la Autoridad Portuaria de Cartagena", integrado dentro del actual contrato de "Control de la Calidad de Aguas" de la Autoridad Portuaria de Cartagena, en el que se realizan toda una serie de controles periódicos asociados a la calidad de las aguas, sedimentos y comunidades marinas durante los últimos 10 años, resultados que abalan las muy buenas condiciones ambientales y de calidad del entorno, y por lo tanto, la viabilidad de restauración ambiental con fragmentos de Posidonia oceanica, de aquellas zonas potenciales para el desarrollo de Praderas de Fanerógamas Marinas.

Las zonas seleccionadas, se encuentran todas en Zona 1 de la Autoridad Portuaria de Cartagena, siendo ésta la primera vez que se ha llevado a cabo un proyecto de esta índole en aguas de un puerto industrial con las características del puerto de Cartagena, 1er puerto de España en movimiento de graneles sólidos y líquidos.

El Proyecto de "Bosque Marino de la Autoridad Portuaria de Cartagena", cuenta con la correspondiente AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA PARA LA EXTRACCIÓN Y REPLANTE DE FRAGMENTOS DE Posidonia oceanica EN EL PUERTO DE CARTAGENA (MURCIA). CON FINES DE CONSERVACIÓN (Ref.: SGBTM/BDM/AUTSPP/55/2023.

2. Metodología

El Proyecto de "Bosque Marina de la Autoridad Portuaria de Cartagena", contempla las siguientes fases:

2.1. Selección del entorno, atendiendo a la capacidad potencial del hábitat para el desarrollo de Praderas de Fanerógamas Marinas (Posidonia oceanica)

Se han seleccionado dos localizaciones, incluidas en la Zona 1 de la Autoridad Portuaria de Cartagena, en la que el lecho marino está consolidado, con presencia del balastro. Las ubicaciones finales han sido el entorno del Tajo de los Cuervos y Trinca Botijas entre las costas de 10 - 20 metros de profundidad.

2.2. Recolecta de Fragmentos de Posidonia oceanica

Se ha escogido el método de reforestación por fragmentos arrancados de manera natural por temporales.

2.3. Mantenimiento de fragmentos de Posidonia oceanica. Atado a sistema de anclaje

Durante esta fase, los fragmentos se mantienen en aguas interiores del Puerto de Cartagena, con el requisito de una calidad óptima de las aguas, posteriormente se atan al sistema de anclado y se vuelven a mantener en las aguas interiores del Puerto de Cartagena a la espera de ser plantados.

2.4. Plantación fragmentos de Posidonia oceanica

La plantación se efectúa de forma manual directamente en el sustrato con el apoyo de un

estribo que le sirve de anclaje, con cuidado de no dañar las raíces del fragmento en la operación.

3. Resultados

- Tajo de los Cuervos. Tasa de supervivencia Global del 82 %. Abril 2022 diciembre 2023.
- Trinca Botijas. Tasa de supervivencia Global del 100 %. Abril diciembre 2023.



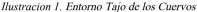




Ilustración 2. Entorno Trinca Botijas

4. Aplicaciones

4.1. Desarrollo de Ecosistemas fijadores de Carbono

En cumplimiento de la Linea estratégica nº 11 Puertos Eco-Proactivos, contribuir a la mitigación del cambio climático, reducción de la huella de Carbono, fijar el CO2 en infraestructuras portuarias.

4.2. Mejora de la biodiversidad del ecosistema

Proyectos de Restauración Ambiental, con fanerógamas marinas, de hábitats potenciales degradados en el pasado, una vez eliminados los factores antropogénicos.

4.3. Educación Ambiental

Concienciación de la ciudadanía para conservar estas valiosos Praderas de Posidonia oceanica.

Agradecimientos

Al Departamento de Sostenibilidad de la Autoridad Portuaria de Cartagena la oportunidad de desarrollar el Proyecto de Bosque Marino en Zona 1 del Puerto de Cartagena.

Equipo de Buceadores/Científicos Consultoría Ambiental Marina de Eurofins Munuera: Rosa Maria Garcia Murcia, Maria Jose Sorroche Mateos, Estibaliz Peinado Navarro. Ander Retuerto Alegría, Manuel Victor Trives Escudero y Juan Diego Mora Gomez.

Referencias

Redeia. Guía plantado Posidonia oceanica

https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/Guia-plantado-posidonia-oceanicanov 0.pdf

Bosque marino Eurofins Munuera

http://www.youtube.com/@BosqueMarinoEurofinsMunuera





Modelo hidrodinámico en marismas confinadas. Estudio del caso de la Ensenada de Mera, en la Ría de Ortigueira (A Coruña)

Nicolás Hortal Suárez^a, Sara Calvo Fernández^b, Cristina Gómez Ferreiro^c, Carlos Gil Villar^d y Ricardo Babio Arcay^e

^aACADAR, Ingeniería y Consultoría S.L., nhs@acadar.com; ^bACADAR, Ingeniería y Consultoría S.L., scf@acadar.com; ACADAR, Ingeniería y Consultoría S.L., cgf@acadar.com; Jefe de la Demarcación de Costas de Galicia (Director de los trabajos); eJefe del Servicio de Proyectos y Obras de la Demarcación de Costas de Galicia (Director de los trabajos).

1. Introducción

Las marismas son ambientes frontera entre el área continental y la costa, por lo que la hidrodinámica de estos sistemas está condicionada por agentes continentales y marinos, como pueden ser el río, la marea o el oleaje, además de los vientos reinantes.

En concreto, las marismas confinadas se corresponden con áreas delimitadas por estructuras, realizándose la renovación de aguas mediante compuertas, las cuales regulan el flujo de entrada y salida del agua durante los ciclos mareales. El objeto de confinar dichas marismas puede deberse, por ejemplo, a la creación de espacios concesionados para la generación de bancos marisqueros, ya que permite mantener inundada o vaciar la zona según las necesidades.

Sin embargo, debido al mal funcionamiento o abandono de las compuertas, puede llegar a producirse la estanqueidad de las aguas, generando un problema ambiental debido al deterioro y contaminación de los sistemas. Por ello, con el objeto de definir el modelo de funcionamiento hidrodinámico en marismas confinadas, es imperativo el análisis de todas las dinámicas actuantes que puedan condicionar dichos ambientes.

2. Metodología de estudio

Esta metodología de estudio del modelo de funcionamiento hidrodinámico en las marismas de la Ensenada de Mera ha sido desarrollada y empleada en el "Proyecto constructivo y estudio de evaluación ambiental de restauración de marismas de la Ensenada de Mera, T.M. de Ortigueira (A Coruña)".

La Ensenada de Mera posee aproximadamente la mitad de su superficie de marismas confinada mediante unos caballones, y permitiendo la renovación de las aguas mediante 4 compuertas que conectan dicha área con el canal mareal principal. Además, se sitúa en el extremo alto del estuario que conforma la ría de Ortigueira, muy próxima a la cabeza del mismo, por lo que dificulta aún más su estudio.

Por ello, se plantea una metodología de estudio en la que se realizan dos análisis hidrodinámicos independientes, pero relacionados entre sí: uno a escala global de la ría de Ortigueira completa y el exterior de la misma, y otro en detalle de la Ensenada de Mera. Ambas simulaciones, realizadas con el modelo numérico DELFT3D, han sido concatenadas de tal manera que los resultados obtenidos en un punto objetivo de la simulación global de la Ría de Ortigueira situado sobre el canal mareal principal en el meandro aguas debajo de la Ensenada, han servido como forzamientos hidrodinámicos en la simulación en detalle de la Ensenada de Mera.

Tras determinar las mallas de cálculo para cada simulación, con una resolución óptima para caracterizar correctamente el funcionamiento hidrodinámico sin que conlleve un esfuerzo computacional elevado, y realizar un análisis exhaustivo de los forzamientos y parámetros hidrodinámicos a introducir en las simulaciones, tales como la marea, el oleaje, el viento, el caudal del río Mera, y la salinidad y temperatura de las aguas, así como de la información topobatimétrica empleada, se ha podido determinar, entre otras variables y para diferentes estados de marea, las corrientes que circulan por la Ría de Ortigueira y las zonas inundables en la Ensenada de Mera.

3. Conclusiones

La utilización de esta metodología de estudio ha permitido reducir sustancialmente el tiempo computacional de cálculo que conllevaría realizar una simulación en detalle de toda la Ría de Ortigueira, cuya extensión es de aproximadamente 20 kilómetros cuadrados. Su aplicación ha permitido determinar el estado actual de la Ensenada. Se ha podido comprobar que la renovación de las aguas no es suficiente, provocando el estancamiento de las aguas en el área confinada cuando la marea baja. Y, finalmente, ha facilitado la toma de decisiones en el planteamiento de diferentes alternativas en el marco del Proyecto mencionado anteriormente para la recuperación ambiental de las marismas, y solucionar la problemática existente.

Entre las limitaciones encontradas destaca la dificultad para caracterizar con precisión el entorno físico de la marisma confinada, dada la escasa profundidad de algunos de los canales mareales, la introducción de variables antrópicas como el grado de apertura de las compuertas, o el comportamiento de los sedimentos con respecto al comportamiento hidrodinámico. Estas limitaciones pueden ser objeto de desarrollo para la mejora de la metodología en el futuro.





Metodología para la caracterización de la incertidumbre asociada a la estimación del riesgo de inundación costera en infraestructuras críticas

Esther Barrios, Saúl Torres y Pedro Díaz

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, .esther.barrios@unican.es; saul.torres@unican.es; pedro.diaz@unican.es.

1. Introducción

En los próximos años, se prevé que el número de infraestructuras expuestas a los peligros derivados de la variabilidad climática se incremente de forma notable, particularmente, en el medio costero, debido a los impactos causados por el incremento del nivel del mar, como los eventos de inundación costera (Koks et al., 2023). Estas infraestructuras, encargadas de proporcionar servicios básicos a la población y que desempeñan un papel esencial en el marco socioeconómico (a escalas tanto local, regional, nacional, e internacional) son comúnmente denominadas "Infraestructuras Críticas" (IC), y son altamente susceptibles a sufrir daños o disrupciones en su funcionamiento normal debido a los impactos climáticos a los que se encuentran expuestas. Estas alteraciones en la operatividad de las IC de un determinado territorio, pueden ocasionar consecuencias negativas más allá de la propia IC y en su actividad asociada, como en el tejido económico y social en el que operan y proporcionan sus servicios. Identificada esta problemática, se hace manifiesta la necesidad de desarrollar metodologías eficaces para identificar y cuantificar el riesgo climático que puede afectar a las IC presentes en las costas, con el objetivo principal de ser capaces de diseñar unas estrategias de adaptación óptimas. Para ello, es esencial tener en cuenta la dimension socioeconómica de las consecuencias del riesgo climático sobre las IC.

2. Objetivos

El objetivo principal del estudio que se presenta es la aplicación de una metodología para cuantificar el nivel de riesgo soportado por la población de las áreas costeras frente a eventos extremos de inundación costera cuando sus IC se ven afectadas y, por tanto, se produce una interrupción en la prestación de servicios. El enfoque propuesto pretende cuantificar el impacto social derivado de un evento extremo de inundación, considerando como población afectada no solamente la población expuesta de forma directa a dicho evento, sino aquella expuesta de forma indirecta a través de la interrupción de los servicios básicos proporcionados por la infraestructura.

Metodología para la caracterización de la incertidumbre asociada a la estimación del riesgo de inundación costera en infraestructuras críticas

El objetivo último es destacar la relevancia de considerar las IC en los análisis de riesgo climático, así como en la realización de planes de adaptación (en especial, en la costa), de cara a cuantificar adecuadamente las consecuencias socioeconómicas asociadas a los impactos climáticos.

3. Metodología

La metodología desarrollada en este estudio consiste en llevar a cabo la asignación de usuarios potenciales de las IC analizadas, con base en la unidad territorial Área Urbana Funcional (AUF) (Eurostat-GISCO, 2020), para cuantificar el incremento de riesgo (como incremento de población potencialmente afectada) derivada de la disrupción de las IC. El empleo de las AUF como método de estimación del área de influencia de las IC proporciona una aproximación espacial y administrativamente coherente. Esta metodología permite estimar la afección sobre la población derivada del fallo de las IC cuando no sea posible acceder a información detallada sobre el suministro de servicios, o la distribución de las redes que componen el sistema.

4. Caso de estudio

A escala europea, se ha aplicado la metodología propuesta con el fin de identificar las áreas susceptibles de presentar una mayor subestimación del riesgo soportado por la población a causa de la afección de sus IC (del sector energético y de tratamiento de aguas y residuos) por impacto de inundación costera, estableciendo una clasificación en función de la criticidad de la subestimación de riesgo en cada área analizada. Se presentarán los resultados obtenidos para las AUF costeras españolas, identificando aquellas en las que, de acuerdo con la metodología aplicada, las consecuencias del riesgo de inundación costera (en términos de porcentaje de población afectada) son susceptibles de verse incrementadas al considerar la población afectada de forma indirecta por la parada operativa de sus IC.

Referencias

Eurostat-GISCO. (2020).Urhan Audit 2020. https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-unitsstatistical-units/urban-audit

Koks, E. E., Le Bars, D., Essenfelder, A. H., Nirandjan, S., & Sayers, P. (2023). The impacts of coastal flooding and sea level rise on critical infrastructure: a novel storyline approach. Sustainable Resilient Infrastructure, $8(\sup 1)$, 237-261. https://doi.org/10.1080/23789689.2022.2142741





Estudio para la resiliencia de zonas costeras en las provincias de Cádiz v Málaga, ante el desafío del cambio climático

Antonio Contreras-de-Villara, Juan José Muñoz-Péreza, Juan Manuel Vidalb, Francisco Contreras-de-Villar^a, Patricia López-García^a, Pilar Díaz-Carrasco^a, Cristina Torrecillas^c, Bismarck Jigena-Anteloa

^a Grupo de Investigación de Ingeniería Costera de la Universidad de Cádiz, Puerto Real, Cádiz, 11510, Spain. antonio.contreras@uca.es, juanjose.munoz@uca.es, francisco.contreras@uca.es, patricia.lopezgarcia@uca.es, pilar.diaz@uca.es, cristina.torrecillas@us.es, bismarck.jigena@gm.uca.es

1. Introducción

Las inundaciones del litoral con la consistente erosión son una amenaza para los sistemas costeros. La tendencia actual de subida del nivel del mar por el cambio climático (Holgate & Woodworth, 2004; Amblar et al, 2017; IPCC, 2022, Jigena et al., 2021, 2023) muestran riesgos extensos y potencialmente castastróficos para los ecosistemas, las poblaciones humanas, las infraestructuras construidas y las economías de las zonas costeras (Aguilera-Vidal et al., 2022).

La noción de resiliencia es utilizada para analizar la resistencia y recuperación de los sistemas en disciplinas como la física, ecología (Angulo et al., 2017) así como la capacidad de recuperación de un sistema socioeconómico ante impactos como crisis económicas, pandemias, desastres naturales,... (Fernández et al., 2012, Fang et al., 2018).

La resiliencia costera permite explorar los riesgos actuales y futuros de los peligros costeros y comparar la rentabilidad de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN o verdes), frente a las artificiales o basadas en la tecnología (grises), con un objetivo de políticas de integración (blancas) para reducir riesgos, evitar daños y, en definitiva, ayudar a la toma de decisiones de adaptación.

Dadas las tendencias actuales de subida del nivel de mar, es de esperar que se producan un incremento de la frecuencia de temporales y la altura de ola de los mismos. El aumento de la cota de inundación del litoral y de la erosión costera tendrá una incidencia importante sobre las infraestructuras portuarias, la operatividad de buques, el tejido industrial de la zona de influencia, e incluso de las zonas naturales aledañas como playas y marismas.

El objetivo de este estudio es obtener datos suficientes con los que conocer los peligros a los que nos enfrentaremos a medio y largo plazo y la resiliencia de la costa andaluza. Se han elegido como zonas de estudio las provincias de Cádiz y Málaga por tener características distintas (existencia o no de marea, diferente porcentaje de ocupación del litoral, ...) pero representativas del resto de provincias andaluzas. Ello permitirá el desarrollo de una metodología amplia que permita la fácil extrapolación de los modelos al resto del litoral andaluz.

^b CASEM - Escuela de Ingeniería Naval y Oceánica, Universidad de Cádiz, 11510, Puerto Real, Cádiz, Spain. juan.vidal@uca.es

^c Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 41092, Sevilla, Spain.

El estudio consiste, por tanto, en la toma de datos de ciertas zonas representativas de la costa andaluza (provincias de Cádiz y Málaga). Estos datos serán los existentes recopilados de forografías aéreas e imágenes de satélite, así como toma de datos en campañas mediante levantamientos topográficos. A continuación, se hace un balance del clima marítimo considerando las condiciones extremas, así como la influencia del cambio climático. A partir de los datos topográficos y el clima marítimo se elaboran mapas de inundación de los diferentes escenarios simulados.

Referencias

- Aguilera-Vidal, M., Muñoz-Perez, J.J., Contreras, A., Contreras, F., Lopez-Garcia, P., & Jigena, B. (2022). Increase in the Erosion Rate due to the Impact of Climate Change on Sea Level Rise: Victoria Beach, a Case Study. Journal of Marine Science and Engineering, 10(12), 1912.
- Amblar, P., Casado, M.J.; Pastor, A., Rodríguez, E. (2017). Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España. A partir de los resultados del IPCC- AR5. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente Agencia Estatal de Meteorología Madrid. Retrieved from
 - https://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/guia escenarios ar5.pdf
- Angulo, A.M.; Mur, J.; Trívez, F. J. (2017). Measuring resilience to economic shocks: An application to Spain. Ann. Reg. Sci. 2017, 60, 349-373.
- Fang, Y.-P.; Zhu, F.-B.; Qiu, X.; Zhao, S. (2018). Effects of natural disasters on livelihood resilience of rural residents in Sichuan. *Habitat Int.* 76. 19–28.
- Fernández, J. et al. (2012). Escenarios-PNACC 2012: Resultados de regionalización dinámica. En "Cambio climático: Extremos e Impactos. Publicaciones de AEC. Serie A, N8, 63-72. Retrieved from http://www.meteo.unican.es/node/73108
- Holgate, S. J., & Woodworth, P. L. (2004). Evidence for enhanced coastal sea level rise during the 1990s. *Geophysical Research Letters*, 31(7).
- IPCC, Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A.
- O. (eds.). (2022). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, Pp. 3-
- 33. https://doi.org/10.1017/9781009325844.001
- Jigena-Antelo, B., Berrocoso Domínguez, M., & Vidal Pérez, J. (2021). Determinación del nivel medio del mar en el mar de Bransfield. Aplicación a la determinación del geoide en islas Decepción y Livingston, Islas Shetland del Sur (Antártida). Revista Cartográfica, (102), 69-97. https://doi.org/https://doi.org/10.35424/rcarto.i102.835
- Jigena-Antelo B., Estrada-Ludeña C., Howden S., Rey W., Paz-Acosta J., Lopez-García P., Salazar-Rodriguez E., Endrina N., Muñoz-Pérez J.J. (2023). Evidence of sea level rise at the Peruvian coast (1942-2019). Science of The Total Environment, Volume 859, Part 2, 10 February 2023, 160082, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160082





Descarbonización: avances en el sector marítimo frente a los desafíos portuarios en el control de las emisiones

Alejandra Arias Sanza, David Díaz Gutiérrez a, Jose Ignacio Parra Santiagoa, Javier Vaca Cabrerob, Nicoleta González Cancelasb

^aEscuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Universidad Politécnica de Madrid; ^bEscuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.

1. Resumen

En el sector marítimo-portuario surge un desafío ambiental crucial: la reducción de las emisiones de gases atmosféricos. Para abordar este reto, se están implementando acciones con enfoque dual: reducir las emisiones durante la navegación y abordar las emisiones en puerto.

En primer lugar, la industria marítima busca soluciones para disminuir las emisiones durante la navegación. Navieras y armadores exploran nuevos combustibles como GNL, Metanol y amoníaco, reemplazando los tradicionales, como el fueloil pesado. Estos combustibles prometen una reducción significativa en emisiones de gases contaminantes como NOx y SOx. Los líderes en esta iniciativa equipan las embarcaciones con motores aptos para funcionar con estos combustibles más sostenibles.

En paralelo, se impulsa la instalación de Sistemas de Suministro de Energía en Tierra (OPS, Onshore Power Supply) para abordar las emisiones en puerto. Durante operaciones de carga/descarga, los motores principales de los buques permanecen apagados, pero los motores auxiliares, al quemar diesel-oil para suministrar energía, emiten gases contaminantes. Los OPS se presentan como solución principal, permitiendo a los buques conectarse a fuentes eléctricas terrestres y reducir la necesidad de motores auxiliares, mitigando así las emisiones portuarias.

Sin embargo, se presenta un desafío en la coordinación entre ambas iniciativas. Mientras las navieras avanzan hacia combustibles más limpios, los puertos parecen rezagados en la adaptación de sus infraestructuras para suministrar estos nuevos combustibles. La falta de sincronización dificulta la provisión eficiente de suministros sostenibles, resaltando la necesidad de una comunicación efectiva y una estrategia común entre los actores marítimos y portuarios.

Además, se destaca la importancia de la inversión pública en la implementación de OPS en puertos. Aunque los buques pueden recuperar la inversión por la instalación a bordo, la recuperación en el lado terrestre no es clara. La colaboración público-privada se revela crucial Descarbonización: avances en el sector marítimo frente a los desafíos portuarios en el control de las emisiones

para la viabilidad económica de estas infraestructuras clave en la descarbonización del transporte marítimo.

En este trabajo se analizan la situación actual en materia de descarbonización, así como la perspectiva a futuro de los sectores marítimo y portuario, con objeto de exponer los puntos de encuentro entre ambos que permitan generar sinergias con un objetivo común: avanzar hacia un transporte marítimo más sostenible y en línea con los objetivos de descarbonización global.

Indique el área temática:

- Planificación, infraestructuras y servicios | Planification, infraestructures and services
- Economía del Transporte | Transport Economy
- Logística y transporte de mercancías | Logistics and freight transport





Adaptación de la Regla de Bruun para aumentar su rango de aplicación y su implementación en la costa andaluza

Arnau Garcia^a, Paula Gomes^a, Verónica Cánovas^a, Mauricio González^a, Raúl Medina^a ^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain arnau.garcia@unican.es paula.gomes@unican.es veronica.canovas@unican.es raul.medina@unican.es mauricio.gonzalez@unican.es

1. Introducción

El aumento del nivel medio del mar (ANMM) debido al incremento de las temperaturas globales puede tener serios efectos en las playas de todo el mundo (Vousdoukas et al., 2020). De acuerdo con la conocida Regla de Bruun (Bruun, 1962), tras el ANMM, el perfil de la playa tiende a volver a su estado natural de equilibrio, preservando la forma media y las profundidades que tenía antes de sufrir dicho aumento.

En el presente trabajo, se realiza un análisis crítico de las predicciones costeras en relación con el cambio climático, resaltando la importancia de buscar metodologías actualizadas que vayan más allá de enfoques convencionales. Concretamente, se presenta una adaptación de la conocida como Regla de Bruun que considera factores y condiciones de contorno no contemplados en la versión original Fig. 1, y su aplicación a la costa andaluza.

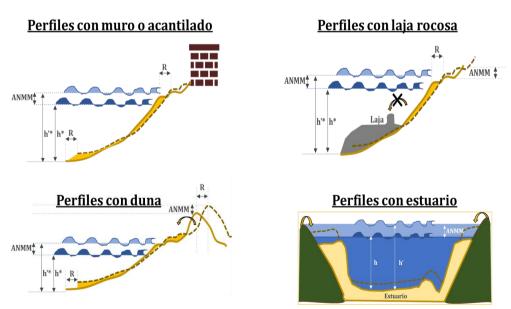


Fig. 1. Condiciones de contorno incluidas en la formulación propuesta. Fuente: elaboración propia

2. Datos y métodos

Debido a la gran diversidad de entornos costeros que conviven en Andalucía, existen algunas playas cuyo comportamiento diverge del estimado mediante la formulación propuesta por Bruun. Por ende, se adaptó la formulación incluyendo nuevos términos y condiciones de contorno para su aplicación a otras zonas no consideradas previamente, como zonas de duna con transporte eólico, zonas con muros o acantilados en el trasdós de la playa, morfologías rocosas sumergidas tales como lajas rocosas, playas con transporte longitudinal y otros flujos de sedimentos periódicos, que se requieren para mantener los estuarios y sus dinámicas.

La aplicación de la formulación desarrollada al litoral andaluz se realizó con base en información geomorfológica procedente de la Red de Información Ambiental de Andalucía de la Junta de Andalucía y las proyecciones climáticas del 6 informe (AR6) del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y, específicamente, las correspondientes a los escenarios climáticos SSP-4.5 y 8.5 del IPCC en los años horizonte 2050 y 2100.

3. Resultados

Los resultados muestran un retroceso medio de 25 metros o más a lo largo de la mayoría de la costa andaluza para 2100, mientras que solo el 1,3% de las playas analizadas experimentarán acreción en su línea de costa para ese momento. Estos hallazgos subrayan la urgencia de implementar medidas adecuadas en el litoral andaluz, ante la perspectiva inminente de una situación de erosión significativa generalizada, para las próximas décadas.

Además, se han desarrollado herramientas prácticas e intuitivas que permiten a los gestores del litoral andaluz estimar la variación de la línea de costa debido al cambio climático y, con base en esa información, tomar decisiones sobre las autorizaciones, permisos y licitaciones pertinentes. Estas herramientas se han diseñado para la costa andaluza, pero son adaptables a otras regiones costeras con características similares con sólo modificar la base de datos empleada.

Agradecimientos

Este proyecto CONTR 2020/143079 ha sido financiado por programa operativo FEDER 2014-2020, a petición de la Dirección General de Sostenibilidad Ambiental y Cambio Climático de la Junta de Andalucía, a quien los autores quieren agradecer su disposición y colaboración en el desarrollo del estudio.

Referencias

VOUSDOUKAS, M.I., et al., (2020). "Sandy coastlines under threat of erosion". Nat. Clim. Chang. 10, 260-263. https://doi.org/10.1038/s41558-020-0697-0.

BRUUN, P.M., (1962). "Sea level rise as a cause of shore erosion". J. Waterw. Harb. Div. 88, 117-132.





Estimación basada en IA de los tiempos de navegación y la presión acústica submarina para optimizar la logística marítima

Jose Antonio García Gambína, Rosa Martínez Álvarez - Castellanosa, Ivan Felis Enguixa, Amalia Jurado Mc Allistera

^aCentro Tecnológico Naval y del Mar (Fuente Álamo, Murcia, España), joseantoniogarcia@ctnaval.com; rosamartinez@ctnaval.com; ivanfelis@ctnaval.com; pabloruiz@ctnaval.com.

1. Introducción

Según UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development, 2022) el 80% del comercio mundial se realiza por mar, cifra que se espera aumente. Las interrupciones en el transporte marítimo causan retrasos, afectando la eficiencia portuaria, la cadena de mercado y aumentando la contaminación, incluyendo emisjones de gases de efecto invernadero y ruido submarino. La OMI (Organización Marítima Internacional) busca reducir a la mitad las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte marítimo para 2050, en línea con la iniciativa de Transporte Acuático con Emisiones Cero de Horizonte Europa, que apunta a soluciones de emisión cero para 2030. Los puertos, como el de Rotterdam, están adoptando herramientas para optimizar su rendimiento, como el criterio de llegada Just In Time, reduciendo las emisiones de CO2 en un 14%.

Este artículo presenta un enfoque innovador usando inteligencia artificial, específicamente aprendizaje automático, para predecir tiempos de navegación en puertos, utilizando datos de buques y un modelo de propagación acústica submarina, alineándose con objetivos medioambientales. Centra su estudio en el Puerto de Cartagena, España, destacando su expansión y su papel en el Mediterráneo para tráfico variado, incluyendo un notable incremento en el turismo de cruceros, con 240,000 turistas en 2019.

2. Metodología

La metodología propuesta se enfoca en analizar datos y preprocesarlos para mejorar predicciones mediante modelos de aprendizaje automático. También utiliza modelos de propagación acústica submarina para evaluar y reducir el ruido de los buques en puertos. Los pasos incluyen análisis de datos y aplicación de modelos específicos. Consta de:

1) Obtención de datos AIS. Provenientes de Shiplocus facilitados por la Autoridad Portuaria de Cartagena; 2) Análisis de datos. Se analizan, procesan y filtran los datos de tal forma que se tenga un conjunto de datos en el que figuren, para cada barco, el tiempo dentro del área de interés, la fecha de llegada, el punto de inicio de ruta, el punto de final de ruta y una variable que indique si el barco estaba de paso o su destino final era el puerto. 3) Presión acústica submarina. Se aplica el modelo Ross (McKenna, 2012) a cada ruta para obtener el nivel de fuente; 4) Modelado. Mediante el uso de modelos geométricos se observa una primera aproximación de la distribución de estos niveles de fuente en el área. Se muestra un ejemplo de propagación para un barco de tipo crucero y 3 de mercancía general. Además, se aplica exitosamente el modelo de Machine Learning Random Forest Regressor para ser capaz de predecir el tiempo de los barcos dentro del área.

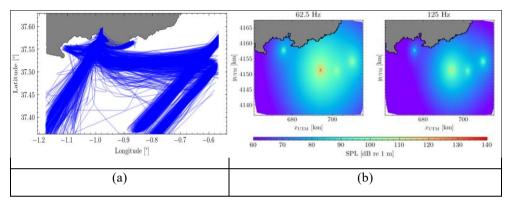


Fig. 1. (a) conjunto final de rutas. (b) Propagación acústica del sonido de 4 barcos. Fuente: elaboración propia

3. Conclusiones y líneas futuras

En este trabajo se presenta el estudio y análisis descriptivo de un conjunto de datos AIS con el objetivo de crear una herramienta basada en ML para la optimización de los tiempos de espera en el puerto de Cartagena. El modelo empleado presentó un buen rendimiento con un MSE del 0.145. Además, se ha realizado una primera aproximación a la visualización del impacto generado por el tráfico desde un punto de vista acústico. Los trabajos futuros se centrarán en el uso de modelos más complejos como la MMPE (Ecuación Parabólica de Miami Monterrey) para una mejor estimación de las pérdidas de transmisión en el área. Además, estos modelos más complejos se utilizarán en un intervalo temporal de varias horas para ver la firma sonora dejada por el tráfico.

Referencias

UNCTAD. Review of Maritime Transport 2022. < https://unctad.org/rmt2022> [Consulta: 15 de enero de 2024]

McKenna M. F., Ross, D., Wiggins, S. M. (2012). "Underwater radiated noise from modern commercial ships," en J Acoust Soc Am 2012, vol. 131, pp. 92–103.





Plataformas portuarias flotantes para la producción indutrial turbinas eólicas marinas

Cristian Menéndez-Fernándeza, Alderic Blancb, Mario Lópezc

SL, , cristian.menendez@safier-ingenieriesa.com; bSAFINTAST alderic.blanc@safier-ingenieriesa.com; 'Dpto. de Construcción e Ingeniería de Fabricación, Universidad de Oviedo, D mario.lopez@uniovi.es,

1. Introducción

Se presenta la aplicación de la tecnología C2C® a plataformas modulares flotantes y los estudios realizados para conocer su comportamiento. En los próximos años se prevé una creciente demanda de espacio en puertos (Hanson & Nicholls, 2020). Su diseño y operación está condicionado además por el aumento del nivel del mar y la frecuencia de fenómenos extremos debido al cambio climático (Oppenheimer et al., 2019). En este contexto las plataformas modulares flotantes representan una solución resiliente (Wang et al., 2020).

2. Tecnología C2C®

es una tecnología de unión de módulos que permite obtener grandes estructuras monolíticas. La fabricación de plataformas portuarias flotantes mediante la conexión de módulos flotantes facilita su construcción y transporte. Además, permite un tamaño variable, tanto en extensión portuaria como en plataformas totalmente independientes.

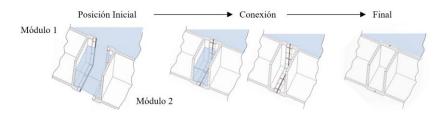


Fig. 1. Secuencia de conexión C2C para la unión de módulos de estructuras monolíticas

3. El proyecto ALFOWT

Las plataformas pueden crear espacios portuarios de forma sostenible y respetuosa con el medio ambiente con diferentes fines. Un ejemplo es la fabricación industrializada de turbinas eólicas marinas flotantes que sirva además para su mantenimiento y desmantelamiento, como se persigue en el proyecto ALFOWT (Assembly Line Floating Offshore Wind Turbines).



Fig. 2. Ejemplo de extensión flotante del espacio portuario para línea de ensamblaje de FOWT

Análisis hidrodinámico de la plataforma

Conocer el comportamiento hidrodinámico de estas plataformas es esencial para asegurar su integridad estructural y su operatividad. Se ha realizado un estudio mediante modelos numéricos de tipo método de elementos de contorno o BEM (de su acrónimo en inglés) para caracterizar el comportamiento de ALFOWT y su posterior verificación estructural.

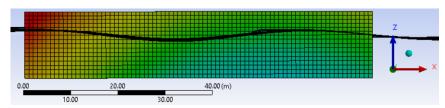


Fig. 3. Movimiento de la estructura para una ola regular de un 1 m de amplitud

Bibliografía

- HANSON, S. E., & NICHOLLS, R. J. (2020). "Demand for Ports to 2050: Climate Policy, Growing Trade and the Impacts of Sea-Level Rise." Earth's Future, 8(8). https://doi.org/10.1029/2020EF001543
- OPPENHEIMER, M., GLAVOVIC, B., HINKEL, J., DE WAL, R., MAGNAN Alexandre K, ABD-ELGAWAD, A., CAI, R., CIFUENTES-JARA, M., DECONTO, R. M., GHOSH, T., & others. (2019). Sea level rise and implications for low lying islands, coasts and communities.
- WANG, G., DRIMER, N., & GOLDFELD, Y. (2020). "Modular floating structures (MFS) for offshore dwelling a hydrodynamic analysis in the frequency domain." Ocean Engineering, 216. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107996





La restauración estuarina como medida de adaptación al cambio climático en el litoral

María Recio, Saúl Torres, Inés Mazarrasa, Araceli Puente, Íñigo J. Losada y José A. Juanes de la Peña

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, preciom@unican.es; torress@unican.es; mazarrasai@unican.es, puentea@unican.es, , losadai@unican.es. . iuanesi@unican.es.

Los estuarios son sistemas naturales complejos que actúan como elemento de transición entre el medio terrestre, fluvial y marino, cuya configuración espacial les confiere cierto grado de protección frente al oleaje y temporales marítimos. Su naturaleza como ecosistema de transición le confiere una elevada diversidad de hábitats, distribuidos en respuesta a los diferentes patrones de salinidad e inundación y, por ello, son reconocidos como uno de los ecosistemas más productivos de la tierra susceptible de proveer numerosos bienes y servicios ecosistémicos (desde la provisión de fibras y/o alimentos a la mejora de la calidad de las aguas o la generación de valores culturales y recreativos).

Los hábitats estuarinos son especialmente vulnerables al cambio climático debido a su exposición alincremento del nivel del mar y al aumento de los eventos extremos. Sin embargo, algunoshábitats vegetados como marismas y praderas marinasueden contribuir de forma significativa a la adaptación costera. Por un lado atenuan la velocidad de las corrientes, actuando así como elemento de protección de la costa frente a la erosión. Por otro lado, favorecen la sedimentación y la acreción vertical de sedimento, lo que les confiere cierta cierta capacidad de adaptación a la subida del nivel del mar y de mantener su papel de protección costera y otros servicios ecosistémicos en escenarios futuros de cambio climático. Asimismo, las marismas y las praderas de fanerógamas marinas son un importante sumidero de carbono, por lo que actúan igualmente como elemento de mitigación frente al cambio climático (Figura 1).

Adaptación Mitigación Sumidero de Carbono Atenuación corrientes (Blue Carbon) Mangroves co. Acreción sedimentaria

Fig. 1. Servicios ecosistémicos de protección y mitigación asociados a las comunidades vegetales estuarinas (símbolos cortesía de ian.umces.edu/symbols/)

A pesar de estos valores, las estrategias de adaptación costera más tradicionales no han tenido en cuenta el papel de los ecosistemas y sus sinergias con otros sectores involucrados en la gestión y protección costera. En este contexto, el proyecto LIFE Adaptablues tiene como objeto poner en valor la aplicación de medidas de restauración y conservación de hábitats estuarinos como Soluciones basadas en la Naturaleza para la adaptación frente al cambio climático. Para alcanzar este objetivo general se han llevado a cabo tres acciones diferencidas:

- Se ha desarrollado una metodología para la evaluación del papel de protección costera de las comunidades vegetales estuarinas, evaluando los beneficios económicos derivados de diferentes actuaciones de restauración estuarina llevadas a cabo en los estuarios de la Península Ibérica.
- Se ha llevado a cabo una evaluación de la capacidad de secuestro de carbono de las principales comunidades vegetales de los estuarios atlánticos europeos.
- Se ha promovido la aplicación de medidas de restauración y conservación estuarina mediante la creación de un catálogo de medidas de adaptación costera frente al cambio climático realizando especial hincapié en los servicios ecosistémicos derivados de cada una de las medidas de adaptación.





Servicios mete-oceánicos personalizados aplicaciones para ingenieriles de IHData

Adrián Acevedo^a, Melisa Menéndez^a y Stefano Susini^a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, ihdata@ihcantabria.com.

1. Introducción

IHData es el nombre colectivo de los servicios asociados a las bases de datos mete-oceánicas desarrolladas por IHCantabria. IHData es capaz de proporcionar datos y estadísticas meteoceánicas para cualquier región del mundo, con mayor resolución a lo largo de la costa europea. Los servicios de IHData están orientados principalmente a la transferencia y análisis de datos mete-oceánicos, tanto para investigadores como usuarios implicados en la toma de decisiones, siempre teniendo en cuenta la calidad de los datos utilizados para el análisis específico. Pero en los últimos años han surgido nuevas necesidades en diferentes sectores que requieren de esta información en las zonas costeras y marinas. Ante estas nuevas necesidades, IHData se ha adaptado desarrollando nuevos servicios. Aquí se presentan agrupados en tres tipos de servicios.

2. Servicio de datos climáticos

El servicio principal de IHData esta asociado con los datos climáticos y mete-oceánicos. Consiste en la transferencia de datos seleccionados de las diferentes bases de datos incluidas en IHData, que cumplen unos estándares y proporcionan información de distintas variables, donde las principales son el viento, el oleaje y el nivel del mar. Además, se evalúa la calidad de las bases de datos disponibles, en las que se incluyen las pertenecientes a otros organismos. De forma que la selección de la base de datos se realiza ad-hoc, generalmente mediante comparación con medidas instrumentales en la zona de estudio.

Mediante este servicio se provee, tanto información histórica que cubre grandes periodos (en general durante más de 30 años) como de información postprocesada para la caracterización de la señal de Cambio Climático y su incertidumbre. En este campo IHData ha ido incorporando nueva información de proyecciones de Cambio Climático. La información de proyecciones climáticas ha sido desarrollada en IHCantabria o procede de fuentes consensuadas por la comunidad científica, como el sexto informe del IPCC.

3. Regionalización

En el caso de no existir datos con calidad o resolución espacial/temporal suficiente, surge el servicio de regionalización, que consiste en generar datos con mayor resolución y calidad que los existentes, de forma que sean adecuados para una zona objetivo, reduciendo con ello su incertidumbre y definiendo unos parámetros de diseño lo más fidedignos para el proyecto.

Para ello se emplean técnicas del estado del arte actual, que pueden basarse en simulación numérica, en establecer relaciones matemático-estadísticas entre predictores y predictandos mediante el uso de modelos de regresión o la inteligencia artificial, o mediante combinación de estas aproximaciones, aplicando técnicas híbridas. Estas técnicas de regionalización se han aplicado con éxito a diferentes variables, como el oleaje (Fig. 1), el viento, el nivel del mar y las corrientes marinas, en periodos tanto pasados como futuros y en diferentes proyectos punteros del IHCantabria. De forma que se han generado datos regionalizados de reconstrucciones históricas y de señal de cambio climático.

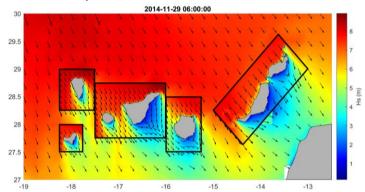


Fig. 1. Datos de altura de ola significante (Hs) regionalizados a diferentes escalas espaciales

4. Caracterización mete-oceánica extendida

A lo largo del tiempo los requerimientos de los usuarios finales se han ido ampliando, dando lugar junto a nuestra gran experiencia a la ampliación del servicio de caracterización climática. Este servicio provee de un análisis exhaustivo de los datos mete-oceánicos con el objeto de establecer las bases de diseño para los proyectos dentro de diferentes sectores. Por ejemplo, el sector de infraestructuras y transporte, el de energías renovables marinas costeras o el medioambiental, los cuales se pueden ajustar a diferentes normativas de referencia dentro de cada sector (ej. DNVGL o IEC).

Este análisis incluye mayor detalle e información en cuanto a los regímenes y variación de cada variable. Se tiene en cuenta la estructura vertical tanto del perfil de vientos como de corrientes. Los estadísticos se proporcionan para cada mes y sector direccional relevante. Además, se realiza un análisis multivariante considerando la concurrencia entre diferentes parámetros (viento-ola, altura de ola-periodo, viento-corriente, etc.). En cuanto al oleaje, se proporciona información añadida sobre las propiedades del espectro del oleaje, como la idoneidad de ajuste al espectro de frecuencia y sus parámetros óptimos, frecuencia de presentación de los oleajes de viento y fondo, etc. Por otro lado, la estimación de valores asociados a periodos de retorno se realiza tras evaluar los diferentes modelos y su optimización. Además, el análisis de extremos también se aplica a diferentes escalas temporales (meses) y direccionales, y se estiman mediante técnicas de análisis conjunto (Hs-Tp extremal, Hs-Viento, etc.), como el método IFORM.





Downscaling eficiente de oleaje espectral de alta resolución en Cantabria: un enfoque híbrido con BinWaves

^aGabriel Bellido, Laura Cagigal, Abraham Mallo, Paula Camus y Fernando J. Méndez ^aGeoOcean group, Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria; bellidog@unican.es; cagigall@unican.es; amm551@alumnos.unican.es; capidalumnos.unican.es; c paula.camus@unican.es; mendezf@unican.es

1. Introducción

En el ámbito de la gestión costera y los sistemas de alterta temprana es esencial predecir de manera rápida y efectiva el oleaje local (a pie de playa o de puerto o en las desembocaduras de los estuarios). Las técnicas de downscaling híbrido surgen así para facilitar la transferencia del oleaje a costa combinando técnicas estadísticas y de modelado numérico. Sin embargo, estos métodos suelen basarse en los parámetros agregados de las variables met-oceánicas (Hs, Tp y Dir) o recurrir a alguna simplificación en la forma espectral. BinWaves (Cagigal et al., sub) es un método híbrido aditivo desarrollado para estimar el espectro direccional en costa de manera precisa. En este estudio se presenta su aplicación y validación en la Costa Cantábrica.

Metodología v aplicación

La metodología de BinWaves se ilustra en la Fig.1 y consiste en los siguientes pasos que se detallan a continuación: (a) Desglose del espectro direccional del oleaje en "bins", los cuales representan la frecuencia y dirección discretizadas "U (fi, θj)". Estos "bins" son propagados como oleajes monocromáticos con el modelo SWAN desde aguas profundas a aguas someras con una malla con alta resolución (200 m para el caso de Cantabria), obteniendo el coeficiente de propagación de cada caso "Kp(fi, θj)" y almacenándolo en una librería de casos preejecutados "Librería BinWaves"; (b) Calibración espectral (Albuquerque et al., 2018) del hindcast de oleaje ERA5 a 0.2 grados (ECMWF-ERA5H) de resolución (ECMWF, 2019) basada en base a una metodología capaz de corregir el oleaje de forma direccional; (c) Reconstrucción del espectro direccional del oleaje en cualquier ubicación de la costa de estudio, gracias a la base de datos generada y almacenada en la librería. Esta fase se realiza mediante el reescalado y la superposición de la energía de todo el subconjuntode casos monocromáticos implicados en el proceso.

Una vez aplicada la metodología de forma espacial a la costa de Cantabria, como estrategia de validación se ha procedido a verificar su eficacia por medio de la comparación con observaciones registradas por boyas en Santander, Santoña y Bilbao.

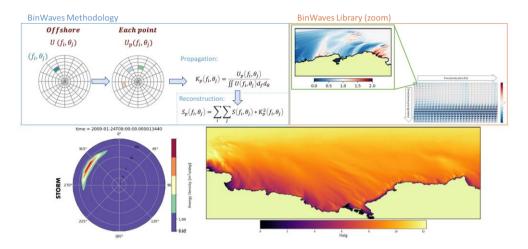


Fig. 1. Esquema de la metodología

Los resultados derivados de la aplicación de BinWaves muestran su capacidad para generar en un gran dominio espacial, propagaciones detalladas del espectro direccional a un coste computacional muy reducido. Esto permite el análisis del oleaje en costa durante extensos periodos temporales (p.ej: varias décadas de datos históricos o escenarios futuros de proyección de cambio climático).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos de los proyectos MyFlood (PLEC2022-009362 - MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y Unión Europea Next GenerationEU/PRTR), (PID2022-1411810B-I00, HyBay MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE), y PerfectStorm (2023/TCN/003 -Gobierno de Cantabria/FEDER, UE).

Referencias

- ALBUQUERQUE, J., ANTOLINEZ, J.A.A., RUEDA, A., MENDEZ, F.J., &COCO, G. (2018). "Directional correction of modeled sea and swell wave heights using satellite altimeter data" en Ocean Modelling, 131(November 2017), 103-114.
- CAGIGAL, L., MENDEZ F., RICONDO, A., GUTIERREZ-BARCELÓ, D., BOSSERELLE, C., HOEKE, R., (Under Review) "BinWaves: An additive hybrid method to downscale directional wave spectra to nearshore areas" en Ocean Modelling.
- ECMWF (2019). Official IFS Documentation CY46R1. In chap. PART VII: ECMWF wave model. Reading, UK: ECMWF. CY47R1 wave hindcast based on ERA5 forcing 1979-1989 https://doi.org/10.21957/y03s-tz09> [Consulta: 22 de enero de 2024].





Superficie de Referencia Vertical para Hidrografía (SRVH). Un Hito en la Hidrografia Española

José-Manuel Quijano^a, Silvia Costa^a, Carlos José González^a y Marcos Larrad^a

a Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), iquide@fn.mde.es

1. Introducción

El IHM es responsable por R.D. 1071/2007 de 27 de julio de definir la referencia vertical de la cartografía náutica, que debe ser definida y publicada. Gracias a la mejora en la precisión en altura de los datos GNSS, y a la materialización de la Superficie de Referencia Vertical Hidrográfica podemos relacionar "sin costuras" los datos marítimos y terrestres. Esto nos permite obtener unos beneficios claros en multitud de aplicaciones.

El resultado, que será propuesto para ser publicado oficialmente en 2024, es de interés general para el Estado y para la Armada, por sus múltiples aplicaciones.

Sistema de Referencia Vertical Hidrográfico

Las alturas en tierra y las profundidades en el mar se han expresado tradicionalmente en relación con superficies de referencia verticales diferentes. En tierra, la referencia vertical es una "superficie equipotencial" o "geoide" que, en el caso de España, se utiliza el EGM08 REDNAP.

En el mar, la adoptada por muchos países como datum de la carta es la marea astronómica más baja (LAT) como superficie de referencia de profundidad. Ambos tienen sentido. Para construir, por ejemplo, un dique, es conveniente utilizar un sistema de alturas en el que dos puntos de igual altura se encuentren aproximadamente en la misma superficie plana. De hecho, esto implica que no hay flujo de agua entre estos puntos. El navegante, sin embargo, está interesado en la profundidad mínima del agua que puede esperar a lo largo de su ruta de navegación.

Pero muchas aplicaciones requieren la combinación de datos de altura (tierra) y profundidad (mar). Por ejemplo, la evolución del nivel del mar, la evaluación del impacto de inundaciones y la gestión de zonas costeras. La combinación de datos de diferentes procedencias requiere establecer la relación de variación espacial entre ambos tipos de superficies de referencia verticales.

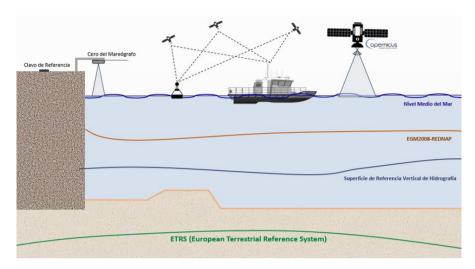


Fig. 1. Representación de las distintas referencias verticales y la sensórica. Fuente: IHM (2023)

Materializar y unificar los sistemas de referencia vertical de alturas en tierra y profundidades en la mar, permiten integrar en el mismo datum los datos de las sondas, de niveles del mar y de tierra, aumentar la eficiencia en el levantamiento hidrográfico y la comparación más sencilla de información procedente de diferentes bases de datos, lo que facilita por ejemplo, saber en tiempo real la sonda bajo la quilla de buques en las entradas en puertos donde este dato es crítico, los cálculos de cotas de inundación, evaluar los resultados de los dragados, determinación y evolución de la línea de costa, referenciación vertical de batimetrías, obras portuarias, monitorización del nivel del mar, operaciones de salvamento marítimo o gestión de catástrofes, entre otras.

Esta nueva superficie de referencia vertical para hidrografía permite integrar en la misma referencia los datos de la franja marítimo costera y aislar las medidas del nivel del mar de los movimientos terrestres aplicando técnicas GNSS....etc.

Se ha publicado en el IDE-IHM una SRVH provisional para visualización con superficies, una de altura elipsoidal (usos hidrográficos) y otra de altura ortométrica (usos costeros terrestres, tales como modelos de inundación, Salvamento Marítimo, estudios medioambientales, obra portuaria y similares). La dirección para su visualización es: https://ideihm.covam.es/portal/.

Referencia

España. R.D. 1071/2007, del 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España. BOE, 29 de agosto de 2007, núm. 207, p. 35986-35989.



Integrando la bimodalidad de los estados de mar en un modelo híbrido de predicción de parámetros hidrodinámicos en la zona de rompientes

Alba Ricondo^a, Laura Cagigal^b Beatriz Pérez-Díaz^c y Fernando Méndez^d

Geomatics and Ocean Engineering Group. Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. E.T.S.I.C.C.P. Universidad de Cantabria, Santander.

a ricondoa@unican.es; b cagigall@unican.es; c perezdiazb@unican.es d mendezf@unican.es

1. Introducción

Mejorar la accesibilidad y disponibilidad de los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) es especialmente importante para el conjunto de pequeñas islas en desarrollo (SIDS) ubicadas en la región tropical y subtropical. Además del oleaje generado por ciclones tropicales y el mar de viento local, a estas islas llegan múltiples mares de fondo generados en tormentas lejanas. Dentro de los riesgos climáticos que enfrentan, el aumento del nivel del mar y la intensificación de los fenómenos extremos inducidos por el cambio climático suponen una importante amenaza para estas comunidades costeras, que además suelen contar con recursos limitados.

En la literatura existen varios métodos predictivos de inundación desarrollados sobre perfiles de arrecife parametrizados. Estos métodos suelen predecir el valor del runup sólo superado el 2% del tiempo $(R_{2\%})$ a partir de condiciones unimodales de oleaje en el contorno. Con el fin de extender las capacidades predictivas de estos métodos a un forzamiento bimodal y a la reconstrucción hidrodinámica de múltiples variables a lo largo del perfil además de a la función de densidad de probilidad (PDF) del runup, presentamos HySwash (Ricondo et al., 2024).

2. Metodología y aplicación

HySwash es un método de downscaling híbrido desarrollado para predecir de forma eficiente la hidrodinámica de la zona de rompientes en costas bordeadas de arrecife de coral. La metodología combina: 1) muestreo de parámetros de espectros bimodales con el hipercubo latino (LHS); 2) selección de escenarios representativos con el algoritmo de máxima disimilitud (MDA); 3) simulación numérica con el modelo hidrodinámico SWASH 1D; 4) reducción de la dimensionalidad con componentes principales (PCA); y 5) reconstrucción de las variables con funciones de base radial (RBF). El uso de PCA permite la reconstrucción de variables espaciales a lo largo del perfil y la PDF del runup de forma muy eficiente. Mediante la validación cruzada K-fold, HySwash ha demostrado resultados muy positivos en la estimación de la evolución del setup, la evolución de la altura de ola de varias frecuencias espectrales (incidente, infragravitatoria $(H_{m0,IG})$, y de muy baja frecuencia) o el $R_{2\%}$.

La metodología se ha validado numéricamente en varias tipologías idealizadas de arrecifes de coral (Fig. 1). Además, el metamodelo se ha aplicado en el atolón de Kwajalein y en la isla de Guam para analizar cambios en la duración y número de eventos esperados con el aumento del nivel del mar. En American Samoa se ha podido comparar el rendimiento del metamodelo con el de la simulación en dinámico y con medidas en varios puntos del arrecife.

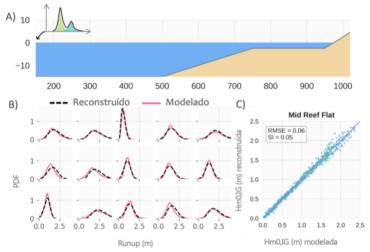


Fig. 1. Resultados de HySwash: (A) Perfil de arrecife idealizado; (B) Comparación de la PDF reconstruida y modelada de 15 casos; (C) Validación de la Hmo,IG en la cresta del arrecife

La robustez y flexibilidad del modelo híbrido, junto con su facilidad para ser relocalizable y su reducido coste computacional, lo convierten en un método muy conveniente para ser integrado en un SAT, o para realizar downscaling de largas series históricas o de proyecciones de escenarios futuros asociados al cambio climático.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto MyFlood, PLEC2022-009362 y PID2022-141181OB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España y por la Unión Europea. AR cuenta con una beca predoctoral Concepción Arenal de la Universidad de Cantabria.

Referencias

Ricondo, A., Cagigal, L., Pérez-Díaz, B., & Méndez, F. J. (2024). HySwash: A hybrid model for nearshore wave processes. *Ocean Engineering*, 291, 116419. https://doi.org/10.1016/J.OCEANENG.2023.116419





Metodología para la caracterización histórica y predicción a corto plazo del recurso energético undimotriz en zonas costeras y portuarias. Aplicación en Mutriku

Eva Romano-Moreno^a, Antonio Tomás^a, Alejandro González Valle^a, Gabriel Díaz-Hernández^a, Raúl Guanche^a, Jon Lekube^b, Laura Zubiate^b, Yago Torre-Enciso^b, Endika Aldaiturriaga^c

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain.

- . eva.romano@unican.es: . antonio.tomas@unican.es: . aleiandro.gonzalezv@unican.es:
- , gabriel.diaz@unican.es; , raul.guanche@unican.es; BiMEP Biscay Marine Energy Platform.
- , ilekube@bimep.com; , lzubiate@bimep.com; , ytorre@bimep.com; EVE Ente Vasco de

la Energía. D, ealdaiturriaga@eve.eus

1. Introducción

En la actualidad, la descarbonización es un objetivo imperativo a nivel global, donde las energías renovables pueden jugar un papel importante y dentro de la cuales, la explotación de la energía oceánica es una alternativa en auge en las últimas décadas. Entre las distintas fuentes de energía oceánica, el recurso undimotriz puede tener un potencial importante y en las últimas décadas ha sufrido un impulso importante dando lugar al desarrollo de diversas tecnologías (actualmente en fase de prototipo y validación tecnológica) enfocadas en captar y explotar la energía del oleaje. En esta línea, una adecuada caracterización del recurso existente tanto a nivel histórico como de predicción a corto plazo es fundamental para caracterizar y optimizar la eficiencia y el diseño de los nuevos generadores, identificar las zonas más apropiadas para su instalación y explotación del recurso, o implementar estrategias de control a partir de las predicciones de oleaje. Por ello, en este trabajo se presenta una metodología de modelado, reconstrucción y post-proceso de última generación para la confección de bases de datos históricas con toda la información detallada y en alta resolución para la caracterización tanto del clima de oleaje como del recurso undimotriz en la zona de estudio. Además, la estrategia metodológica empleada permite la posterior implementación de un sistema de predicción a corto plazo basado en esas bases de datos históricas previamente generadas. La metodología se ha desarrollado dentro del Proyecto MAR+ (Desarrollo y puesta en marcha de un sistema para el apoyo y la aceleración de las energías renovables marinas mediante metodologías de ensayo certificadas en centros de prueba y ensayo acreditados; BiMEP-IHCantabria), más concretamente, dentro de la tarea de modelizar y caracterizar la planta de generación de electricidad a partir de la energía de las olas de Mutriku (BiMEP) ya que ésta ofrece grandes posibilidades para el ensayo de nuevos sistemas de extracción de potencia para columna de agua oscilante. La metodología completa Metodología para la caracterización histórica y predicción a corto plazo del recurso energético undimotriz en zonas costeras y portuarias. Aplicación en Mutriku

se ha desarrollado, aplicado y validado con datos instrumentales medidos en campo, en la zona de estudio de BiMEP-Mutriku

2. Metodología

La metodología se basa en:

- i) Caracterización del clima histórico de oleaje espectral en aguas abiertas, a partir de series históricas de los espectros direccionales de oleaje en aguas abiertas.
- ii) Regionalización del oleaje en la zona costera y portuaria, mediante una estrategia de modelado avanzada que considera los procesos físicos más relevantes asociados a la propagación del oleaje, desde la zona de aguas abiertas hasta pie de las instalaciones. Esta estrategia adopta un enfoque de downscaling híbrido (autoselección de estados de mar y nivel representativos a utilizar como forzamiento, propagación dinámica y reconstrucción histórica estadística) que permite la confección de la estadística climática requerida para los siguientes pasos de la metodología de forma eficiente.
- iii) Caracterización avanzada del clima histórico de oleaje en la zona de interés (a pie de las instalaciones/planta de energía), que aporta toda la información espectral completa (multidireccional) y en alta resolución, necesaria para caracterizar detalladamente el clima histórico del oleaje y el recurso undimotriz existente en la zona de estudio.
- iv) Caracterización histórica del recurso undimotriz, a partir del postproceso de las bases de datos de última generación obtenidas en el paso anterior, que permiten la desagregación del oleaje y la caracterización de sus productos climáticos derivados en potencial de oleaje de acuerdo con la normativa de referencia (IEC 62600-101).
- v) Implementación de un sistema de predicción a corto plazo, capaz de predecir las condiciones de oleaje y de potencial de energía en la zona de interés, a partir de las predicciones metocean en aguas abiertas y con base en un catálogo pre-ejecutado (paso ii) de propagaciones de los estados de mar representativos de la casuística climática completa en la zona de estudio.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda CPP2021-009079 financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación y por "Unión Europea NextGenerationEU".

Referencias

International Electrotechnical Commission, IEC 62600-101 TS. Marine energy – Wave, tidal and other water current converters. Part 101: Wave energy resource assessment and characterization.





Explorando el modelo SWAN en Delft3D para la evaluación de la resiliencia Costera en el Pacífico Colombiano: un estudio de caso en Tumaco, Nariño

Andrés-Mauricio Enríquez-Hidalgo^{a,b}, Andrés Vargas-Luna^a y Andrés Torres^a

^aPontificia Universidad Javeriana, ^bUniversitat Politècnica de Catalunya, https://orcid.org/0000-0001-Universidad 9588-8193 enriquez andres@javeriana.edu.co; ^aPontificia Javeriana https://orcid.org/0000-0002-5317-8975 D, avargasl@javeriana.edu.co y aPontificia Universidad Javeriana, https://orcid.org/0000-0001-8693-8611 , andres.torres@javeriana.edu.co

1. Introducción

Las zonas costeras, abarcan aproximadamente el 23% de la población mundial, convirtiendose en regiones cruciales con una profunda importancia socieconomica y ecológica. Estas áreas enfrentan una vulnerabilidad inherente a diversas amenazas naturales, lo que puede tener consecuencias adversas potenciales. Al servir como conector entre el océano y la tierra, los entornos costeros desempeñan un papel fundamental en la configuración de sus dinámicas, influenciadas significativamente por las fuerzas de las olas, las mareas y la exposición al viento (Davenport, 2021). Notablemente, más del 70% de las áreas costeras en todo el mundo actualmente enfrentan procesos de erosión. La dinámica creciente de este proceso observada en varios países se ha convertido en una preocupación importante, especialmente en países con recursos limitados (Gomez et al., 2020). Según Martins et al. (2017), la incorporación de herramientas como modelos numéricos es imperativa para lograr una evaluación más precisa de las variables de riesgo costero.

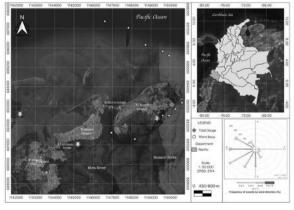


Fig. 1. Localización bahía de Tumaco. Fuente: los autores (2024)

2. Metodología

Se utilizaron datos del nivel del agua, oleaje, dirección y la velocidad del viento que fueron proporcionados por DIMAR. Las batimetrías medidas fueron combinadas con un mapeo satelital utilizando datos de reflectancia en Google Earth Engine. SWAN fue utilizado para simular la elevación del agua, la altura significativa de las olas, el período medio de las olas y la velocidad promediada en la vertical. El dominio computacional del modelo se generó utilizando Delft3D "Dashboard MATLAB v8.2", manteniendo una cuadrícula del modelo uniforme de 100 m con una relación de aspecto de uno en toda el área de estudio. Los límites del océano se alinearon con el espectro JONSWAP y el modelo de marea global TPXO8.

3. Resultados

Se identificó una variación alrededor de las islasentre 2,47 m y 2,9 m durante la primera marea alta del día. En cuanto a la altura del oleaje se observó un rango entre 0 m y 1.56 m, destacando que una parte de la brigada de infantería y la mayor parte de la playa del bajito están expuestas a olas entre 0.31 m 0.62 m; con períodos que oscilan entre 6.6 s y 8.8 s. Esto indica que la isla Tumaco es más susceptible a las fuerzas costeras que la isla Morro. La Figura 2 indica la comparación de los datos del nivel del mar observados vs los simulados con un coeficiente de correlación de 0.98.

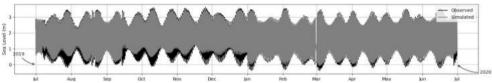


Fig. 2. Diferencia entre el nivel de agua simulado y observado. Fuente: los autores (2024)

Referencias

Davenport, C. (2021). Effects of bathymetry, wave environment and sea level on rip current dvnamics in a wave-resolving model [Thesis, University Otago]. https://ourarchive.otago.ac.nz/handle/10523/11934

Gomez, M. L. A., Adelegan, O. J., Ntajal, J., & Trawally, D. (2020). Vulnerability to coastal erosion in The Gambia: Empirical experience from Gunjur. International Journal of Disaster Risk Reduction, 45(December 2019), 101439. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101439

Martins, K. A., Souza Pereira, P. de, Silva-Casarín, R., & Nogueira Neto, A. V. (2017). The Influence of Climate Change on Coastal Erosion Vulnerability in Northeast Brazil. Engineering 59(02), 1740007. Journal, https://doi.org/10.1142/S0578563417400071





IH-TESEO: evolución de un sistema de modelado lagrangiano de contaminación marina y elementos a la deriva

Germán Aragón Caminero^a, Ana J. Abascal^a, César Antonio Pérez^a, Luis Pedraz^a, Andrés García^a, Raúl Medina^a

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, perman.aragon@unican.es

1. Introducción

IHCantabria ha desarrollado y mantenido durante los últimos años un modelo lagrangiano dedicado principalmente a la modelización numérica de contaminación en el medio marino y la predicción de trayectorias de elementos a la deriva. Este modelo ha sido modificado y utilizado para diferentes problemáticas desde vertidos de hidrocarburos o sustancias químicas potencialmente peligrosas hasta para la búsqueda y rescate de hombre al agua. Todos estos desarrollos pasados, así como la evolución de las necesidades de los usuarios finales y los avances tecnológicos han ido definiendo la hoja de ruta para diseñar el sistema IH-TESEO que ofrecerá una solución ágil para el modelado de este tipo de problemáticas.

2. Origen y evolución

A partir del desastre del Prestige en 2002, se intensifica el uso de modelos lagrangianos en IHCantabria, llegando a desarrollar un modelo lagrangiano propio. Posteriormente, los desarrollos del modelo han ido de la mano de diferentes retos derivados de tesis doctorales, tesinas de máster, proyectos y emergencias a las que IHCantabria ha dado respuesta, aumentado el número de procesos y problemáticas que el modelo es capaz de resolver.

Tras 20 años de desarrollos y aplicaciones, en 2022 IHCantabria decide aglutinar, centralizar y potenciar estos desarrollos bajo el nombre IH-TESEO, desarrollando un sistema de modelado online que satisfaga las necesidades actuales en este campo.

3. Capacidades de IH-TESEO

IH-TESEO se concibe como un sistema de modelado online que facilite las demandas actuales de usuarios no expertos, pero que también sea de utilidad para usuarios expertos que conozcan los procesos que el modelo resuelve. Dentro de los campos de aplicación planificados para la primera versión, se contempla: la simulación de vertidos de hidrocarburos (modulo "OIL"), la simulación de vertidos de sustancias nocivas Evolución de un sistema de modelado lagrangiano de contaminación marina y elementos a la deriva

potencialmente peligrosas (modulo "HNS"), la simulación de hombre al agua (modulo "SAR") y la simulación de elementos flotantes (modulo "Drifter").

Esta primera versión del sistema está concebida como la base para fijar la automatización de los preprocesos, configuraciones y postprocesos del modelo, así como la gestión de los resultados, desarrollo de la aplicación web, control de usuarios, y otros servicios auxiliares necesarios para producir simulaciones lagrangianas en cualquier parte del Mundo (Figura 1).

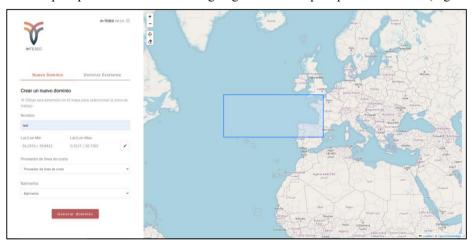


Fig. 1. Interfaz provisional de IH-TESEO (https://ihtseo.ihcantbria.com)

Sin embargo, también se está desarrollando en paralelo una revisión del modelo que profundice en algunos procesos físicos y operativos ligados a las nuevas necesidades que los usuarios demandan, como son: el uso de vertidos detectados desde imágenes de satélite (1), la modelización de contenedores marítimos a la deriva (2), la modelización de basuras marinas (3), la modelización de las acciones de respuesta ante un derrame de hidrocarburos (4), la generación automática de análisis estadísticos (5)...

Agradecimientos

Agradecimientos a todas las personas que han aportado durante estos más de 20 años a la evolución del modelo, ya sea por sus contribuciones en tesis doctorales, tesinas de máster, o aplicación en proyectos y emergencias. A las entidades financiadoras privadas y públicas de los proyectos en los que este modelo ha sido utilizado, desarrollado y validado.

Mención especial, al proyecto MARION desarrollado en el marco del Programa de Ciencias Marinas (PCM) con el que se están financiando parte de los desarrollos del sistema. El Programa de Ciencias Marinas forma parte del programa ThinkInAzul, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad Autónoma de Cantabria.





Seguimiento de la calidad de las aguas y los sedimentos en una zona afectada por extracciones de arena para rellenos portuarios (Puerto de Bilbao)

Raúl Castro^a, María Jesús Belzunce-Segarra^a, Javier Franco^a, Manuel González^a, Joana Larreta^a, Iratxe Menchaca^a, José Germán Rodríguez^a v Oihana Solaun^a

^aAZTI-Investigación Marina, Herrera Kaia, Portualdea s/n, 20110-Pasaia (Gipuzkoa) (¹⁰, rcastro@azti.es; , jbelzunce@azti.es; , jafranco@azti.es; , mgonzalez@azti.es; , mgonzalez@azti.es; ilarreta@azti.es: , imentxaka@azti.es: , grodriguez@azti.es: , osolaun@azti.es)

1. Introducción

El Puerto de Bilbao comenzó en el año 1992 la ampliación y mejora de sus instalaciones, desplazando el grueso de su actividad a la zona exterior del estuario del Nervión, donde, desde 2016, se construye el espigón central. Entre 2022 y 2023 se realizó también la prolongación del dique AZ y el relleno de una celda anterior. Estas obras requieren la extracción de una elevada cantidad de material de relleno procedente de la Zona II del puerto. Las extracciones llevan asociado un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), que incluye el análisis del impacto de las extracciones sobre la calidad de las aguas y los sedimentos a diferentes escalas temporales. En esta comunicación se presenta el estudio de ambas matrices en el marco del PVA de las diferentes extracciones realizadas entre 2016 y 2023.

2. Materiales y métodos

El estudio se lleva a cabo mediante campañas de campo tanto en las situaciones previas a las extracciones como durante las mismas y en las situaciones posteriores. En la Tabla 1 se presenta información de las campañas de muestreo, así como de las diferentes extracciones realizadas. La Figura 1 presenta la localización de las estaciones de muestreo. En los años sin extracciones se realiza al menos una campaña.

En las campañas de aguas se toman datos in situ de las variables oceanográficas generales, así como muestras de agua en cinco estaciones y tres niveles de profundidad, para el análisis de las características fisicoquímicas, estado trófico y presencia de contaminantes.

En cuanto a los sedimentos, las muestras se toman, en 18 estaciones, con una draga oceanográfica tipo van Veen. En el laboratorio se determina la composición granulométrica del sedimento, el carbono orgánico total y las concentraciones de diversos contaminantes.

Extracciones			Aguas	Sedimentos		
Número	Volumen (m³)	Fechas	N° campañas pre-durante-post	Campañas	Fecha	Nº estaciones
			•	Preoperacional	Marzo 2016	12
Primera	5 10 ⁵	Abril-mayo 2016	1-1-1	***************************************		
				Post 1ª extracción	Octubre 2016	12
				Pre 2ª extracción	Mayo 2017	12
Segunda	1 105	Junio 2017	1-1-1			
				Post 2 ^a extracción	Octubre 2017	18
Tercera	3 105	Nov-dic. 2017	1-2-1			
				Post 3 ^a extracción	Mayo 2018	18
Cuarta	7 10 ⁶	Oct. 2018-mar. 2019	1-7-1			
				Post 4 ^a extracción	Agosto 2019	18
			1 (Nov-2020)	Campaña 2020	Julio 2020	18
			1 (Ago-2021)	Campaña 2021	Julio 2021	18
Quinta	8 10 ⁴	Mayo-junio 2022	1-1-1			
				Post 5 ^a extracción	Julio 2022	18
Sexta	8 10 ⁵	Oct-nov. 2022	1-1-1			
Séptima	6 10 ⁵	Abril 2023	1-1-1			
				Post 7 ^a extracción	Julio 2023	18

Tabla 1. Extracciones realizada en la zona II del puerto de Bilbao y campañas de muestreo de aguas y sedimentos pre:pre-extracción; dur: durante la extracción; post: post-extracción

3. Resultados v conclusiones

Todas las variables analizadas relativas a las condiciones y características oceanográficas generales presentaron valores normales para la época y zona de estudio. Lo mismo puede decirse de las concentraciones de nutrientes. En bastantes ocasiones las concentraciones de amonio se incrementaron en las campañas durante las extracciones, aunque no se apreció un efecto en la biomasa de fitoplancton. Turbidez y sólidos en suspensión fueron las variables que en mayor medida mostraron el efecto de las extracciones, sin duda por efecto de la resuspensión de los sedimentos. En todo caso, sus niveles volvieron a la normalidad tras las actividades. Respecto a los contaminantes en aguas, predominan las concentraciones inferiores a los correspondientes límites de cuantificación. En muy pocos casos, para algunos metales se superaron las normas de calidad ambiental aplicables a la zona de estudio. Los sedimentos de la zona de estudio se componen en su mayoría de arenas finas, con presencia significativa de limos en algunas estaciones y zonas muy concretas con presencia de gravas. Se han observado ciertos cambios en el contenido de sedimentos finos tras las extracciones. Las concentraciones de metales pesados y contaminantes orgánicos indican bajos niveles de contaminación.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Autoridad Portuaria de Bilbao, al personal de muestreo y de laboratorio de AZTI-Investigación Marina, así como a Ekocean e Iproma.





Análisis mediante modelado físico de la dilución de infraestructuras de vertido no convencionales con efluentes de flotabilidad variable (DILUTO)

Javier García-Alba^a, Javier F. Bárcena^a, Margot Sánchez Sánchez^a y David Blanco Iturbea

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain. garciaiav@unican.es

1. Introducción

La inversión climática y medioambiental de los Planes Europeos de Recuperación, Transformación y Resiliencia (Fondos PRTR) se articula en torno a tres ejes de Transición Ecológica que agrupan las distintas áreas de inversión que contribuyen a la acción climática y medioambiental: (1) biodiversidad y ecosistemas, que comprende inversiones de conservación de la naturaleza, gestión del agua y adaptación al cambio climático; (2) mitigación del cambio climático y energía, que recoge acciones sobre eficiencia energética, movilidad sostenible, energía renovable y almacenamiento de energía; (3) lucha contra la contaminación y mejor gestión de los recursos y economía circular, que abarca medidas para la reducción de la contaminación y la gestión de residuos y economía circular.

Todas estas actuaciones están repercutiendo en la inversión realizada en proyectos relacionados con vertidos térmicos, haciendo que numerosas instituciones públicas y privadas estén concursando y redactando proyectos para la modernización y mejora de la eficiencia energética mediante la instalación de bombas de calor geotérmicas polivalentes, con sumidero térmico en el lado de excedentes del agua de mar. En este sentido, cabe señalar que este tipo de vertidos presenta una infraestructura de descarga no convencional, así como un efluente de flotabilidad variable. Estos condicionantes son el punto de partida para estudiar estos sistemas de descarga por medio de modelado físico, con el fin de analizar su dilución teniendo en cuenta su alta complejidad.

Cabe señalar que, como caso de análisis de este tipo de infraestructuras desde el punto de vista del modelado físico, se ha utilizado el vertido térmico del CEAR de Vela de Santander (IHCantabria, 2023).

2. Metodología

La metodología planteada se basa en la ejecución a escala de laboratorio de escenarios que contemplen el vertido teniendo en cuenta o no la jaula difusora proyectada para el vertido térmico del CEAR de Vela de Santander, así como el vertido en verano o invierno de dicha descarga de las aguas de refrigeración. Es importante indicar que, dependiendo de la estación del vertido, este se comporta como una descarga con flotabilidad negativa o positiva, variando completamente la mecánica de su evolución en el medio acuático (Figura 1).

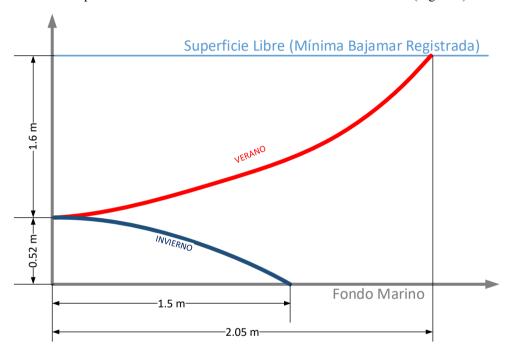


Fig. 1. Esquema conceptual de la travectoria del vertido térmico para las condiciones de verano (línea roja) y las condiciones de invierno (línea azul). Fuente: elaboración propia

Agradecimientos

En el proyecto DILUTO se agradece la financiación del Gobierno de Cantabria a través del programa Fénix.

Referencias

IHCANTABRIA, (2023). Caracterización del vertido térmico procedente del sistema de climatización del CEAR de Vela en la Bahía de Santander. Informe técnico.



Aplicación de la visión por ordenador para un sistema de gestión de vertidos en puertos. El proyecto SPILLCONTROL

Mariano Morell^{a,b}, Pedro Portau^b, Manuel Espino^a, Manel Grifoll^a y Carlos Garau ^b

^a LIM Laboratori d'Enginyeria Marítima, UPC-BarcelonaTech, 08034 Barcelona; ^b Garau Ingenieros, SLU, 07012 Palma de Mallorca.

1. Introducción y trabajos previos

Los vertidos contaminantes en los puertos representan uno de los problemas ambientales más relevantes en entornos portuarios; afectando la biodiversidad marina, la calidad del agua y la salud humana. Estos vertidos provienen de diversas fuentes, incluyendo actividades industriales, navieras y urbanas, acumulando sustancias nocivas en los ecosistemas acuáticos. Una herramienta automatizada con tecnología de visión por computadora para detectar y clasificar vertidos en tiempo real, como SPILLCONTROL, resulta un recurso eficiente y de alto valor para los sistemas de gestión ambiental portuaria. Esta herramienta permite por una parte un seguimiento sistemático de los incidentes de vertido a fin de analizar su recurrencia y sus posibles causas; y por otra una respuesta rápida ante incidentes con riesgo de contaminación grave. Su integración en las estrategias de gestión ambiental portuaria representa un avance hacia la sostenibilidad y la protección de los entornos portuarios, facilitando la implementación de medidas correctivas eficientes y la minimización de impactos ambientales negativos.

Los resultados de la prueba de concepto de SPILLCONTROL, en su fase preliminar denominada SPILLSURVEY, así como su carácter original e innovador, fueron presentados en la VI conferencia Expanding Ocean Frontiers (Morell, 2021). Los resultados que demuestran la viabilidad de SPILLCONTROL fueron presentados en las XVI Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos en Vigo (Morell, 2022). Y posteriormente fueron recogidos en un artículo académico (Morell et al. 2023) y una tesis presentada en el programa de Ingeniería Civil de la UPC (Morell, 2023).

2. Análisis de las condiciones operativas del sistema

Los experimentos realizados mediante algoritmos preentrenados destacan la importancia del recorte de imágenes para mejorar la precisión de clasificación, mostrando que una mayor proporción de píxeles correspondientes al residuo mejora la precisión del algoritmo. Sin embargo, aumentar la resolución de imágenes de baja resolución mediante interpolación no mejora esta precisión. Los tamaños de recorte óptimos coinciden con los tamaños de imagen que igualan el tamaño promedio del residuo en las imágenes de entrenamiento. Por ello, se

Aplicación de la visión por ordenador para un sistema de gestión de vertidos en puertos. El proyecto SPILLCONTROL

recomienda ajustar la resolución de la cámara para que el tamaño promedio de píxeles de residuo a la distancia operativa sea similar al del conjunto de entrenamiento, dividiendo las imágenes en mosaicos del tamaño de resolución del algoritmo en lugar de redimensionarlas. Se comprueba que la distancia entre el residuo y la cámara afecta negativamente la precisión del sistema, sugiriendo la necesidad de mejorar la detección de objetos a diversas distancias, posiblemente mediante el entrenamiento de algoritmos específicos para cada distancia.

El entrenamiento de nuevos algoritmos con diferentes conjuntos de imágenes a varias resoluciones mostró un desempeño fiable, aunque con una tendencia a disminuir ligeramente con resoluciones más altas, sugiriendo que el análisis de imágenes de alta resolución debe realizarse por secciones. Entrenar los algoritmos con conjuntos de imágenes combinadas mostró potencial para lograr niveles de rendimiento sin necesidad de analizar varias veces las mismas imágenes a diferentes resoluciones, ofreciendo una estrategia más eficiente en costos sin comprometer la fiabilidad.

3. Discusión y futuras líneas de investigación

El estudio destaca áreas potenciales para mejorar el sistema SPILLCONTROL: explorar diferentes configuraciones portuarias para probar la adaptabilidad del sistema, utilizar fotografía en ráfaga para mejorar la precisión e implementar análisis multi-vista.

Integrar el sistema con otras fuentes de datos ambientales podría ofrecer un enfoque holístico para el monitoreo de la contaminación, permitiendo la detección de diferentes tipos de vertidos y la evaluación de sus impactos ambientales.

Hay que enfatizar la importancia de la validación en campo y de la colaboración con autoridades portuarias para la aplicabilidad y el refinamiento del sistema.

Referencias

- MORELL VILLALONGA, M. (2021). "Marine litter and contaminant spills monitoring with computer vision techniques". En VI Expanding Ocean Frontiers. Barcelona
- MORELL VILLALONGA, M. (2022). "Vigilancia de basura marina y vertidos contaminantes con técnicas de COMPUTER VISION". En XVI Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos. Vigo
- MORELL, M.; PORTAU, P.; PERELLO, A.; ESPINO, M.; GRIFOLL, M.; GARAU, C., (2023). "Use of neural networks and computer vision for spill and waste detection in port waters: an application in the Port of Palma (Majorca, Spain)" en Applied sciences, vol. 13, número 1, artículo 80.
- MORELL VILLALONGA, M. NOVEL TOOLS FOR PORT ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEMS. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya,





Posidonia oceánica como sumidero de carbono. Aplicación metodológica con sísmica de reflexión para la valoración ecosistémica de praderas de *Posidonia oceanica*

Vicente Tasso Bermell^a, Jorge Rey Diaz de Rada^b y Andrés Barranco Ojeda^c

- ^a Oceansnell, S.L. Consultoría Ambiental Marina, (director técnico, vicente.tasso@oceansnell.com)
- ^b Estudios Geológicos Marinos, S.A.,Orcid: 0000-0002-5553-5868 jreyd@esgemar.com ^c Estudios Geológicos Marinos, S.A., Orcid: 0009-0005-0495-3487, abarranco@esgemar.com

El objetivo de este trabajo es mostrar la importancia y aplicabilidad de la tecnología CHIRP en la realización de campañas de sísmica en diferentes praderas seleccionadas de Posidonia oceanica, así como campañas de valoración ecosistémica, medición de las mismas y testificación de rizomas. El objetivo principal es estimar la capacidad de secuestro de carbono por parte de estas praderas, realizar una valoración ecosistémica de las mismas y elaborar un protocolo metodológico que permita a cualquier equipo científico, cuantificar la capacidad de absorción de CO2 de las praderas en cualquier zona.

Los datos sísmicos obtenidos se interpretarán mediante esta tecnología para calcular el volumen de rizoma, y los testigos se analizarán para calcular los niveles de carbono orgánico y total. Además, se datará cada nivel con los métodos de datación más adecuados para este tipo de material.

Las praderas de Posidonia oceanica constituyen un ecosistema marino costero clave en el Mediterráneo. Consideradas como la comunidad climax del piso infralitoral, proporcionan un hábitat muy importante para la diferente vida marina y contribuyen a la estabilidad costera (Bidak 2021). Este hábitat está protegido por legislación nacional, así como por varios acuerdos y convenios internacionales, incluida la Directiva de Hábitats y el Convenio de Berna.

Estas praderas, están en riesgo de extinción funcional debido principalmente a las actividades humanas y al cambio climático (Jordà 2012). Esto se ve agravado por el impacto negativo, cada vez más frecuente, de las olas de calor marinas que afectan al crecimiento y la supervivencia de la planta (Guerrero-Meseguer 2017). Por todo ello, se ha estimado que actualmente la regresión de las praderas asciende al 34% en los últimos 50 años.

A pesar de estos desafíos, se estima que el valor económico de los servicios ecosistémicos de P. oceanica, incluido su papel en el desarrollo costero, es significativo (Campagne 2015). Las interacciones entre P. oceanica y los procesos geomorfológicos costeros subrayan aún más su importancia (Vacchi 2017). Por lo tanto, es crucial hacer frente a las amenazas que plantea el cambio climático para garantizar la continuidad de los beneficios económicos y ecológicos de Posidonia oceanica.

Posidonia oceanica desempeña un papel importante en el ciclo del carbono oceánico al almacenar grandes cantidades de carbono en sus sedimentos (Monnier 2021). Romero (1994) y Mateo (2003) descubrieron que las partes subterráneas de la planta, incluidas las raíces, la base de las hojas y los rizomas, acumulan grandes cantidades de carbono, nitrógeno y fósforo. Los depósitos orgánicos formados por esta pradera marina pueden tener varios metros de espesor y un alto contenido en carbono orgánico (Iacono 2008). Monnier (2021) cuantificó el sumidero de carbono asociado a la Posidonia oceanica, estimando una reserva total de carbono orgánico de 15,6 millones de toneladas. La capacidad de sumidero de carbono de las praderas de *Posidonia oceanica* está influida por factores ambientales como la exposición a las olas, la profundidad y la presión humana (Mazarrasa 2017).

Posidonia oceanica proporciona por tanto una serie de servicios y bienes ecosistémicos, como la retención de sedimentos, el secuestro de carbono y el apoyo a la pesca costera (Campagne 2015, Zrelli 2020). Estos servicios se han valorado económicamente en 25,3-45,9 millones de euros/año, o 283-513 euros/ha/año (Campagne 2015). El valor de las praderas marinas también se ha evaluado mediante un análisis energético, que lo estimó en 172 € m⁻² a⁻¹, siendo la retención de sedimentos la aportación más significativa (Vassallo 2013).

En este trabajo se muestra la aproximación metodológica mediante sísmica de reflexión para la estimación de secuestro de carbono y por tanto la valoración de una pradera de Posidonia oceanica desde el punto de vista ecosistémico.

Para estimar la capacidad de secuestro de carbono por las praderas de *Posidonia oceanica* se desarrollará una metodología apoyada en los datos aportados por un sistema acústico de sísmica de reflexión de baja frecuencia.

Las ecosondas actuales, trabajando a la frecuencia adecuada, pueden llegar a atravesar las densas praderas de Posidonia oceanica, pero no es fácil determinar en el ecograma, la altura de las matas. La densidad de haces, microburbujas de gas en las hojas sanas y muertas, son un impedimento a la penetración del pulso acústico de alta frecuencia.

Con la tecnología CHIRP que se desea aplicar, se opera transmitiendo los pulsos acústicos en un amplio rango de frecuencias en tiempo real. Si esto lo hacemos a bajas frecuencias (2 – 16 kHz), tenemos la posibilidad de definir la parte superior de la pradera, así como alcanzar el lecho marino al mismo tiempo, pudiendo calcular la altura de la pradera de una manera sencilla y rápida. Se pretende usar un Perfilador de sedimento de última generación; el EdgeTech 3400. La tecnología CHIRP logra esto mediante la transmisión de pulsos de sonido de banda ancha que se barren linealmente en un rango de frecuencia de espectro completo. El uso de diferentes frecuencias compensa las inconsistencias en la forma en que las diferentes capas, objetos y materiales reflejan los pulsos del sonar, proporcionando una mayor penetración y datos más detallados.





Estimación del campo de velocidades generadas por tsunamis con el software PIVlab

Paula Dasía, Jorge Molinesa, Josep R. Medinaa y Colin Whittakerb

^aInstituto del Transporte y Territorio, Universitat Politècnica de València, D, paudaro@cam.upv.es; jormollo@upv.es; jrmedina@tra.upv.es; bDepartment of Civil and Environmental Engineering, University of Auckland; c.whittaker@auckland.ac.nz;

1. Introducción

Las obras de abrigo suelen diseñarse para resistir un determinado temporal de cálculo asociado al clima marítimo. La caracterización del oleaje y de los niveles del mar en el emplazamiento del dique suelen ser los condicionantes principales del diseño y la construcción. Se sabe que los tsunamis (maremotos) generan mecanismos de fallo muy diferentes al oleaje, con corrientes muy fuertes y prolongadas en el tiempo, desniveles y fuerzas horizontales con efectos distintos a los del oelaje. El riesgo de tsunami es pequeño en las costas españolas si lo comparamos con la costa oriental de Japón o la costa occidental americana, pero no es despreciable si tenemos en cuenta el gran maremoto que generó el terremoto de Lisboa de 1755 que afectó Lisboa, Cádiz y otras ciudades atlánticas del suroeste peninsular. Por otro lado, los terremotos que suelen producirse en la cuenca del Mediterráneo Occidental son un aviso claro del riesgo de tsunami en la fachada mediterránea española.

Aunque se considere pequeño el riesgo de tsunami, la prudencia aconseja evaluar las infraestructuras frente a los mecanismos de fallo asociados a tsunamis. Para conseguir esta evaluación con un coste moderado, el canal de ensayos de oleaje y viento del Labororatorio de Puertos y Costas de la Universitat Politècnica de València (LPC-UPV) se ha equipado con una compuerta de descarga para poder generar ondas de tipo tsunami, además de las de oleaje convencional de los ensayos físicos habituales.

En el caso de tsunamis, las estructuras marítimas están afectadas por la velocidad con la que fluye la masa de agua sobre ellas (bore). La velocidad del bore puede caracterizarse con registros mediante sensores como correntímetros o ADCP en una localización determinada (Stephens y otros 2023) o empleando registros de diferentes sensores de nivel. Sin embargo, los métodos anteriores no permiten obtener la distribución de velocidades en un tramo.

En este estudio, a partir de la posición de las partículas obtenida con la metodología "Particle Image Velocimetry (PIV)", se obtiene el campo de velocidades y el perfil de velocidades del bore generado por un tsunami para los diferentes instantes de tiempo.

2. Metodología

Para caracterizar el campo de velocidades de una onda similar a un tsunami se han seguido las siguientes fases: (1) Generación de una onda de gran longitud empleando la compuerta de tsunamis ("dam break"), simulando las condiciones de un tsunami. Las variables consideradas para poder definir la onda son: los niveles aguas arriba y aguas abajo de la compuerta y el rango de apertura de la compuerta. (2) Grabación video a lo largo del canal para poder determinar el campo de velocidades. Se hace uso de la herramienta PIVLAB, disponible para MATLAB, que permite estimar el campo de velocidades comparando la posición de las partículas de "frames" consecutivos. Es necesario corregir los errores generados por la distorsión geométrica de la lente y la distorsión de perspectiva (Cabezos y Cisneros, 2012).

La Fig. 1a muestra una imagen tomada directamente de la cámara (sin corregir), la Fig. 1b muestra la misma imagen corregida haciendo uso del tablero de ajedrez y la Fig. 1c es la representación gráfica del campo de velocidades para un tiempo "t" concreto.

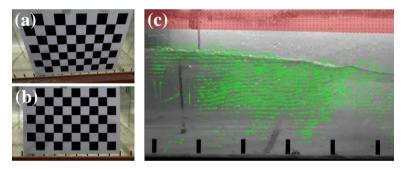


Fig. 1. Imágenes del canal (a) imagen sin corregir (b) imagen corregida (c) campo de velocidades

3. Resultado y conclusiones

Con la metodología descrita se puede obtener el campo de velocidades para cada instante y el perfil de velocidades para una sección concreta. Esta metodología no es intrusiva y es aplicable a zonas con y sin modelo 2D de estructura marítima para determinar las velocidades de corrientes que atacan a la estructura.

Referencias

CABEZOS BERNAL, P.M., CISNEROS VIVO, J.J. (2012). "Fotogrametría con cámaras digitales convencionales y software libre" en EGA Expresión Gráfica Arquitectónica, 17, 20, p. 88-99.

MATLAB (2022). MATLAB 2022b. The MathWorks Inc., Natick, MA.

STEPHENS, M.T., XU, Z., WHITTAKER y C.WOTHERSPOON, L. (2023). "Vulnerability of power distributionutility poles to tsunami bore impacts" en Journal of Coastal and Hydraulic Structures, 3, p. 22.





Seguimiento de avifauna en el programa de vigilancia ambiental del Dragado Ambiental de los Sedimentos de la Ría de O Burgo (A Coruña)

Carlos Gil-Villara, Ricardo Babío-Arcayb, Jordi Solans-Ostec y Victoriano de la Torre-Cancelod

^aDemarcación de Costas de Galicia, cgil@miteco.es; ^bDemarcación de Costas de Galicia, rbabio@miteco.es, ^c Adantia, S.L., j.solans@adantia.es; ^d Adantia, S.L. v.delatorre@adantia.es.

Con fecha 11 de septiembre de 2017 la Secretaria de Estado de Medio Ambiente, formuló favorablemente la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del proyecto de "Dragado Ambiental de los sedimentos de la ría de O Burgo (A Coruña)".

La práctica totalidad de la Ría forma parte de la Reserva de la Biosfera Mariñas Coruñesas e Terras do Mandeo y, desde diciembre del 2023, está incluida en la ES0000554 Corredor migratorio galaico-cantábrico occidental.

La DIA fia una condición específica de seguimiento de la avifauna presente y su evolución temporal.

Este seguimiento se realiza mediante censos de frecuencia quincenal cubriendo la totalidad de la ría, en el que se contabilizan todos los ejemplares de las distintas especies de aves acuáticas presentes en la ría, en los distintos sectores en que se ha dividido la obra.

En los dos años completos transcurridos desde el inicio de las obras en la segunda quincena de enero de 2022 hasta el mismo periodo de 2024 se han contabilizado un total de 31.465 especies de aves acuáticas pertenecientes a 46 especies. El grupo más abundante ha sido el de las gaviotas y charranes (familia Laridae) con 17.378 ejemplares censados en dos años, pertenecientes a 9 especies. Las limícolas (familias Haematopodidae, Charadriidae y Scolopacidae) también han presentado una abundancia elevada, con 10.113 ejemplares pertenecientes a 17 especies.

Las especies más abundantes han sido las gaviotas reidoras (Chroicocephalus ridibundus), sombría (Larus fuscus) y patiamarilla (Larus michahellis) entre los láridos, con 7.330, 6.353 y 3.219 ejemplares respectivamente, y los correlimos comunes (Calidris alpina) y vuelvepiedras comunes (Arenaria interpres) entre las limícolas, con 4.616 y 3.028 ejemplares respectivamente.

En el transcurso del seguimiento de las aves de la Ría do Burgo no se han detectado incidencias asociadas a las obras y sus actividades.



Diseño ecológico de piezas de hormigón para la construcción de rompeolas

Mireille Escudero^a, Jorge Molines^a, M. Esther Gómez-Martín^a y Josep R Medina^a

^aLaboratorio de Puertos y Costas de la Universitat Politècnica de València, ^(D), miescas@upv.es, , jormollo@upv.es, , mgomar00@upv.es, , jrmedina@upv.es.

1. Introducción

En las últimas dos décadas, la Ecoingeniería ha surgido para mitigar y compensar los impactos ambientales de las estructuras artificiales buscando optimizar su capacidad para sostener biodiversidad (O'Shaughnessy et al., 2020). El hormigón es el material más utilizado en la industria de la construcción y constituye una gran proporción de estructuras costeras debido a su versatilidad, funcionalidad y rentabilidad. Diferentes estudios han mostrado también su alto potencial como material medioambientalmente amigable, incluso en comparación con las rocas naturales. Sin embargo, la producción del cemento más utilizado en la construcción, cemento Portland, supone en torno al 7% de las emisiones mundiales de CO₂ por liberación a la atmósfera de ~ 816 kg de CO₂ por tonelada de clínker de cemento (Barcelo et al., 2013). En las tres últimas décadas, una extensa bibliografía ha documentado diferentes materiales alternativos (o adiciones tipo II) para disminuir las emisiones en la producción del hormigón, como cenizas volantes, escorias, puzolanas o rocas calizas.

La investigación del diseño ecológico de los elementos de protección empleados en estructuras costeras se ha centrado principalmente en la modificación de las propiedades físicas de la superficie de hormigón para imitar formas de la naturaleza, aumentando la rugosidad y complejidad, en escalas de mm y cm, mediante la inclusión de una variedad de grietas, agujeros, surcos o hendiduras favoreciendo nichos ecológicos para una variedad de especies marinas (Hall et al., 2018) (Fig. 1).

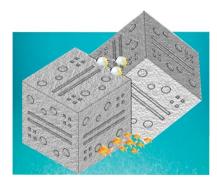


Fig.1. Diseño ecológico de bloques de hormigón para la construcción de diques rompeolas

Solo unos pocos estudios han investigado el diseño de las estructuras modificando la composición química del hormigón, de los cuales existe información limitada sobre la composición exacta de las mezclas, así como del hormigón y el tipo de cemento utilizado en los diques ya construidos. En los últimos tres años, ha crecido el interés por la combinación de aspectos ecológicos e ingenieriles para su aplicación en la construcción de estructuras artificiales costeras, cubriendo requisitos de durabilidad del hormigón en ambiente marino, y proporcionando una definición más precisa de los componentes del hormigón investigados.

En este trabajo se revisan los factores más importantes para promover la biocolonización del hormigón sumergido en ambiente marino, y se investigan diferentes tipos de cementos, adiciones y áridos para la propuesta de mezclas de hormigón viables, sostenibles y bioreceptivas para su aplicación en la construcción de diques.

Junto con la rugosidad de la superficie, la composición química del hormigón y el tipo de cemento, así como la composición química de plastificantes añadidos a la superficie del hormigón son factores a considerar en el diseño ecológico de los elementos de protección de diques en talud (Hayek et al., 2023). En particular, el cemento compuesto por escorias (CEM III/B) muestra diversas ventajas para su aplicación en este tipo de estructuras.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por la Unión Europea bajo el programa de becas postdoctorales Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA). No obstante, los puntos de vista y opiniones expresados son exclusivamente de los autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o la Agencia Ejecutiva de Investigación (REA). Ni la Unión Europea ni la autoridad que concede la subvención pueden ser consideradas responsables de las mismas.

Referencias

- BARCELO, L., KLINE, J., WALENTA, G., GARTNER, E. (2013). "Cement and carbon emissions". Mater. Struct., Vol. 47, pp.1055-1065.
- HALL, A.E., HERBERT, R.J., BRITTON, J.R., HULL, S.L. (2018). "Ecological enhancement techniques to improve habitat heterogeneity on coastal defence structures. Estuarine, Coast. Shelf Sci., 210, 68-78.
- HAYEK, M., SALGUES, M., SOUCHE, J.C., DE WEERDT, K., PIOCH, S. (2023). "How to Improve the Bioreceptivity of Concrete Infrastructure Used in Marine Ecosystems? Literature Review for Mechanisms, Key Factors, and Colonization Effects". J. Coast. Res, 39(3), 553-568.
- O'SHAUGHNESSY, K.A., HAWKINS, S.J., EVANS, A.J., ... FIRTH, L.B. (2020). "Design catalogue for eco-engineering of coastal artificial structures: a multifunctional approach for stakeholders and end-users". Urban Ecosystems, 23, 431-443.





Estructuras portuarias contra la socavación del lecho marino

Federica Rosiello¹ y Ginna M. Torres²

1,2A.Bianchini Ingeniero (Maccaferri Group), 1f.rosiello@maccaferri.com; 2g.torres@maccaferri.com

1. Introducción

En las últimas décadas los buques para el transporte marítimo son cada vez más grandes y profundos, lo que lleva al despliegue de hélices más potentes que causan mayores velocidades de flujo. El aumento de las velocidades cerca del muro del muelle puede provocar una mayor erosión del fondo del lecho de mar y posiblemente el fallo de las paredes del muelle. Por lo tanto, el diseño de una adecuada protección del fondo se ha vuelto cada vez más necesario.

2. Estructuras para protección de fondo contra la socavación

Existen varios tipos de estructuras para la protección de fondo contra la socavación. Los colchones precargados siempre han representado una medida rentable para proteger estructuras portuarias y han mejorado tecnológicamente a lo largo de los años. Los colchones precargados están fabricados con malla de alambre de acero de doble trenzado, recubiertos con una aleación de Zn-Al y un polímero de alta resistencia a la abrasión (Fig. 1).

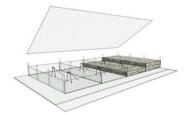


Fig.1. RenoMac Plus: Colchón precargado

3. Método de diseño actual

Las directrices estándar sugieren diseñar las estructuras contra las acciones de las hélices utilizando la ecuación (1) de Pilarczyk (Pilarczyk, 1998), donde la velocidad V cerca del lecho se utiliza como valor de entrada para evaluar el espesor requerido de la protección.

$$\Delta D = \varphi \frac{0.035}{\psi_{cr}} k_h k_{sl}^{-1} \frac{k_t^2 V^2}{2g} \tag{1}$$

Para estructuras como gaviones y colchones, el parámetro crítico de Shields recomendado es ψ_{cr} = 0,07 (PIANC, 2015), mientras que otros autores (PILARCZYK, 1998) sugieren utilizar un parámetro $\psi_{cr} = 0.07 - 0.10$.

4. Investigaciones

La investigación es el resultado de una estrecha cooperación con el Instituto Deltares, actualmente involucrado en un proyecto de investigación para desarrollar conocimientos sobre la socavación inducida por la acción de las hélices.

Empezando con las pruebas hechas en CSU (Colorado State University) en el año 2019, se medieron las velocidades cerca de la superficie del colchón. A partir de esto se ha validado el nuevo modelo interpretativo basado en las velocidades y se han llevado a cabo pruebas de deformación para combrobar la eficacia antierosiva del colchon precargado. Finalmente nuevos parámetros de resistencia han sido verificados en conformidad con las directrices estándar para la protección de estructuras de atraque (CIRIA, 2007; PIANC, 2015). Dicho valor se puede obtener mediante cálculo retroactivo utilizando la fórmula de Pilarczyk (*Tabla 1*).

Espesor Colchón RenoMac (m)	Velocidad admisible (m/s)	ψ_{cr}	ψ_{cr} medio
0.17	3.7	0.20	_
0.23	4.2	0.19	0.19
0.30	4.7	0.18	

Tabla 1. Coeficiente crítico de Shiel para RenoMac Plus-Colchones precargados

5. Conclusiones

El estudio ha introducido un enfoque más integral para el diseño de colchones precargados sujetos a acciones de hélices que combinan la estabilidad con la función de protección de fondo del lecho de mar contra la erosión, permitiendo parámetros de resistencia más altos en línea con los desarrollos tecnológicos en las últimas décadas. Las pruebas han demostrado que los nuevos colchones especiales precargados tienen una resistencia casi el doble que los colchones estándar simple, como sistemas de protección contra la erosión.

Referencias

CIRIA, CUR, CETMEF, (2007). "The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering" (2nd edition), Manual on the Use of Rock.

DARYL, S., LAWRENCE J., (1984). Hydraulic Tests to Develop Design Criteria for the Use of Reno Mattresses. Civil Engineering Department – Colorado State University.

PIANC Report 180 (2015): "Guidelines for protecting berthing structures from scour caused by ships"

PILARCZYK, K.W.(1990): "Coastal Protection", published by A.A.Balkema, Rotterdam.





Estudio del parámetro alternativo de similaridad modificado en fórmulas de remonte

Miguel Santamaría^a, Fanny Baena-Ramírez^b, Ángel Molina-Salas^c, María Clavero^d, Antonio Moñinoe

Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, IISTA, Universidad de Granada, a D. miguelsancer@ugr.es; ^b fanny.baena@ugr.es; ^c, amsalas@ugr.es; ^d, mclavero@ugr.es; ^e, amonino@ugr.es

1. Introducción

El diseño de diques en talud para proteger puertos y costas incluye el cálculo de las cotas de coronación y descenso en el manto más externo y del espaldón. Su determinación depende, entre otros, del tipo de rotura del tren de oleaje, del remonte Ru y descenso Rd de la lámina de agua por el talud. Actualmente sus valores de diseño se calculan aplicando fórmulas empíricas que se basan en el trabajo seminal de Battjes (Battjes, 1974), tienen el formato propuesto por Van der Meer (Van der Meer, 1987) y se ajustan mediante ensayos en el laboratorio. Su formato es una función potencial del número de Iribarren, Ir, que actúa como parámetro de similitud de la interacción del tren en el talud y el peralte de la ola. Sin embargo, estudios recientes (Diaz-Carrasco, 2019, Moragues, 2021 y Santamaría, 2023) han analizado la importancia de la profundidad relativa en el comportamiento hidraúlico del dique. En estos estudios el parámetro alternativo de similaridad $\chi = \frac{H_I}{L} \frac{h}{L}$ (Díaz-Carrasco, 2019) se utiliza para caracterizar el tipo de rotura, los coeficientes de reflexión Kr y disipación D, así como las cotas de remonte y descenso Ru y Rd en distintos tipos de taludes. En Santamaría (2023) se propone para los índices de reflexión y disipación modificar el parámetro alternativo de similaridad para encapsular el efecto del ángulo del talud. Esto permite ajustar los valores de las tres rampas a una única función sigmoide (Figura 9, (Santamaría, 2023)).

En esta ponencia se analiza la posible dependencia del remonte Ru en un parámetro alternativo de similaridad modificado que encapsule los efectos de la pendiente y de las carácterísticas del tren de oleaje.

2. Metodología

El estudio esta apoyado por una campaña de ensayos en el canal de oleaje CIAO de la UGR. Los ensayos analizados constan de tests de oleaje regular a una profundidad h = 0.5 m en tres rampas impermeables de ángulos $tan(\alpha) = 1/3, 1/5, 1/10$.

3. Análisis preliminar

En la Figura 1 se puede observar un análisis preliminar de los resultados. El run-up adimensional se representa frente al parámetro alternativo de similaridad modificado $log(\chi) - 13.58 tan(\alpha)$ propuesto en Santamaría (Santamaría, 2023). Se puede observar que los resultados se organizan por valores de la altura de ola relativa ($\gamma = H_I/h$) de manera independiente frente a α .

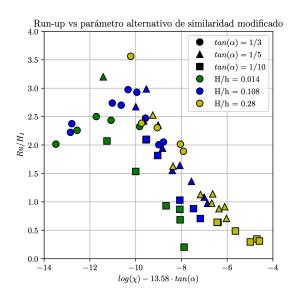


Fig. 1. Resultados del remonte frente al parámetro alternativo de similaridad modificado

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto GORGONA, TED2021-13171B-I00.

Referencias

DIAZ-CARRASCO, P., (2020). Water-wave interaction with mound breakwater: from the seabed to the armor layer. PhD thesis. Biogeochemical fluid dynamics and their applications, U. de Granada.

BATTJES, J.A., (1974). Surf similarity. Proc. Int. Coastal Engineering Conf. Chapter 26, 466-477.

MORAGUES, M.V., (2021). Analysis of the Behaviour of impermeable and permeable breakwaters. PhD thesis. Biogeochemical fluid dynamics and their applications, U. de Granada.

SANTAMARÍA, M., (2023). Run-up and run-down regimes on impermeable and steep slopes. Ocean engineering, vol 290.

VAN der MEER, J.W., (1987). Stability of breakwater armor layers design formulae. Coastal. Engineering 11 (3), 219-239.





Obra de apertura del canal de Deusto en Bilbao

Nestor Urrutxua Miguela, Alberto García Moralesb

^aTYPSA, División Puertos y Costas, Director de Obra, nurrutxua@typsa.es ^bTYPSA, División Puertos y Costas, Supervisor de Obra, agarcia@typsa.es

Introducción 1.

La obra de "Apertura del canal de Deusto en Bilbao" promovida por el Ayuntamiento de Bilbao tiene dos objetivos principales. Por un lado, es una obra clave para el ambicioso desarrollo del "Master Plan de la Península de Zorrozaurre" diseñado por la arquitecta Zaha Hadid. Por otro, aumentar la capacidad hidráulica de la ría de Bilbao con el fin de reducir el riesgo de inundaciones en la ciudad.





Fig. 1. Situación previa a la obra y situación futura de Zorrotzaurre. Fuente: CG Zorrozaurre

2. Redacción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de los muelles de ribera que permitan la apertura de un canal de aproximadamente 500 m de longitud y 75 m de anchura, contando con una profundidad media a la cota -5,25 m (NMMA). La sección principal es un muelle de pilotes con 3 filas de pilotes de diámetro 1,0 m separados 6,0 m en sentido transversal y espaciados 6,5 metros en sentido longitudinal. Los pilotes se encuentran empotrados 3,0 m en roca sana. Las cabezas de pilotes se atan mediante vigas transversales de 1,32 m de canto sobre las que reposan las prelosas prefabricadas de recepción de la capa de compresión, canto total 32 cm.



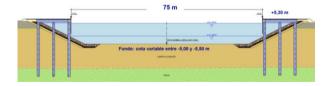


Fig. 2. Planta y sección tipo principal. Fuente: TYPSA (2016)

3. Obra

La obra comenzó en mayo de 2014 finalizando en junio de 2019 con la intervención de dos UTEs contratistas. La primera fase de la obra comprende el periodo 2014-2016 y la segunda fase de la obra comprende el periodo 2017-2019.

La obra de la apertura del canal de Deusto incluye la excavación y dragado de 350.000 m³ de material. Los materiales no admisibles en el puerto de Bilbao (NAP) se excavan en seco por medios terrestres y transportados por camión hasta vertedero autorizado (88.300 m³). Los materiales admisibles en el puerto de Bilbao (AP) se excavan en presencia de agua tanto por medios terrestres como marítimos y se transportan por gánguil para su vertido directo hasta la celda autorizada en el puerto de Bilbao (261.700 m³).





Fig. 3. Trabajos de dragado AP y NAP. Fuente: TYPSA (2016)

El procedimiento de excavación comprende la ejecución de tres recintos de obra. Cada recinto se cierra mediante tablestacas para poder llevar a cabo la excavación en seco del material NAP. Una vez se ha excavado un recinto en seco se pasa al tablestacado del siguiente recinto y se comienza la excavación del recinto anterior por medios marítimos. El 8 de octubre de 2018 se produjo la retirada de la última mota de separación entre recintos, convirtiéndose ese día Zorrozaurre en una Isla.

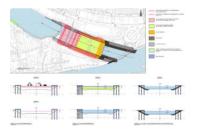




Fig. 4. Procedimiento de excavación/dragado y vista obra finalizada. Fuente: TYPSA (2021)

A medida que se van finalizando los trabajos de excavación de cada recinto se va completando la sección completa: todo-uno de cantera, capa filtro de escollera y escollera de protección.

A partir de esta fase y una vez estén colocadas las capas de escollera se procedió a completar la superestructura de las secciones tipo.





Tramitaciones portuarias ante la Dirección General de la Costa y el Mar del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Enrique de Tomás Breton y Marta Bartolomé Herrero

Subdirección General de Dominio Público Marítimo Terrestre, Dirección General de la Costa y el Mar. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

1. Introducción

Exposición de los distintos procedimientos administrativos que se desarrollan en la Subdirección General de DPMT de la DGCM relativos a instalaciones portuarias y otras instalaciones náuticas de menor tamaño.

Adscripciones

Título de ocupación en el dominio público marítimo-terrestre para puertos autonómicos. Modificaciones sustanciales y no sustanciales.

3. Concesiones

Título de ocupación en el dominio público marítimo-terrestre para instalaciones marítimas menores.

4. Puertos de interés general

Informe para la aprobación y modificación de la Delimitación de Espacios y Usos Portuarios en puertos estatales.

5. Informes en procedimientos de evaluación ambiental

Información desde el punto de vista del dominio público marítimo terrestre que se solicita en para la elaboración de los documentos de alcance y en las consultas a administraciones afectadas en evaluaciones ambientales estratégicas y evaluaciones de impacto ambiental.

6. Informes de compatibilidad con la estrategia marina desde el punto de vista del dominio público marítimo-terrestre

Información del puerto o instalación marítima relativa a dominio público marítimo-terrestre que se incluye en los informes de compatibilidad con la estrategia marina.





GEMMINIS, generación de inventarios digitales geolocalizados de activos urbanos e interurbanos mediante inteligencia artificial

Antonio Martínez Dieza v Federico Rodriguez Cerdáb

^aIngeniero de Caminos, cocreador de Gemminis amd@decodeingneieria.com

1. Introducción

Este resumen quiere reflejar el desarrollo del producto Gemminis el cual crea inventarios geolocalizados de activos urbanos e interurbanos mediante inteligencia artificial.

Tradicionalmente, la obtención de bases de datos de activos físicos por parte de las administraciones con los cuales completar un sistema de información geográfica (GIS) o un sistema de Gestión de mantenimiento asistido por computadora (GMAO) es un trabajo arduo y que requiere de un gran número de personal que realice inventarios en campo.

Gemminis nace con el fin de aplicar la inteligencia artificial para, mediante técnicas de computer vision, Deep Learning y GPS de alta precisión realizar esta tarea de una forma rápida y sistemática.

En el marco del desarrollo y modernización de infraestructuras portuarias, la adopción de tecnologías digitales avanzadas representa un paso crucial hacia una gestión más eficiente y segura de los activos portuarios. Esta presentación se centra en la aplicación de la tecnología GEMMINIS para la generación de inventarios digitales geolocalizados, un enfoque innovador que promete transformar la manera en que los puertos administran y mantienen su infraestructura crítica. integrar técnicas visión computarizada Al de aprendizaje automático, GEMMINIS permite una representación digital precisa y actualizada de las instalaciones portuarias, facilitando una planificación más efectiva y una respuesta rápida a las necesidades de mantenimiento y seguridad. Este avance tecnológico no solo optimiza las operaciones portuarias, sino que también mejora la accesibilidad y la sostenibilidad de estas infraestructuras vitales, garantizando su adaptabilidad a los desafíos futuros.

2. Tecnología en la que se basa Gemminis

El sistema Gemminis consiste en la toma de imágenes de elevada resolución mediante una cámara estereoscópica, sobre la cual, gracias a técnicas de Deep Learning permite obtener la profundidad o recrear tridimensionalmente la imagen. Las posición sobre la cual se ha

^bIngeniero de Caminos, cocreador de Gemminis frc@decodeingneieria.com

tomado la imagen tiene una precisión centimétrica por lo que cualquier elemento en las fotografías puede ser situado en sus coordenadas reales en el mundo.

Una vez tomada la imagen, se realiza mediante técnicas de segmentación, la localización automática de todos los elementos que se encuentren en la imagen.



Fig. 1. Imágenes segmentadas del puerto de Cala Ratgada. Fuente: elaboración propia

Extrayendo la posición y el elemento que se visualiza en la imagen de forma automática permite elaborar un inventario de los activos de forma automática, cuyo resultado se puede exportar a un sistema GIS o visualizar a través del propio visualizador de Gemminis (https://maps.gemminis.io/demo/)

3. Otras utilidades

El tener la información de la recreación 3D de la imagen y la capacidad de determinar lo que en ella se encuentra de forma automática (en la actualidad contamos con más de 60 categorías que incluyen elementos portuarios como Norays, defensas, torretas, pero otras como aceras, calzadas, etc.), permite el desarrollo de múltiples herramientas a petición del cliente, implementando la semántica dentro de la computación (por ejemplo, "detéctame elementos urbanos situados a menos de 1metros del borde del bordillo)

Alguno de los casos de éxito de Gemminis es el desarrollo de la aplicación para la comprobación de la accesibilidad en las aceras y viales de una zona (Ayuntamiento de Palma) o la obtención de secciones tipo de cálculo lumínico (Ferrovial)



Fig. 2. Detección de problemas de accesibilidad y mapas de calor. Fuente: elaboración propia

3.2.Conclusiones

Mediante Gemminis, se pueden obtener resultados reales de los activos que conforman la infraestructura portuaria de forma rápida y precisa, con los cuales el gestor de la infraestructura puede nutrir su sistemas GIS para una toma inteligente de decisiones o planificación de inversiones.





AT para la comprobación de la batimetría e inspección de infraestructuras de atraque y embarque/desembarque de los puertos que gestiona la APB en Baleares (P.O. 35.22)

Antonio Martínez Dieza y María Cristóbal Otxandiob

Director Técnico de Decode ^aIngeniero Caminos., Ingeniería amd@decodeingneieria.com. bIngeniero en Topografía, Gestora de proyectos en Decode Ingeniería mco@decodeingenieria.com

1. Introducción

Este resumen quiere reflejar la metodología de los trabajos llevados a cabo en el marco del contrato AT para la comprobación de la batimetría e inspección de infraestructuras de atraque y embarque/desembarque de los puertos que gestiona la APB en Baleares (P.O.35.22).

La Autoridad Portuaria Balear (APB) licitó el contrato con el objeto de obtener un análisis del estado actual de las estructuras marítimas de los 5 puertos de su responsabilidad.

La campaña de toma de datos de campo se organiza mediante inspecciones estructuradas en índices de estado para cada elemento de las estructuras, utilizando herramientas como Kizeo para asegurar una recopilación de datos uniforme y comparativa. Los datos recopilados se procesan y se integran en un sistema GIS, ofreciendo una visión global del estado de las estructuras marítimas en los puertos.

2. Fases del proyecto

Siguiendo las pautas del pliego de prescripciones técnicas el contrato se divide en las siguientes fases de inspección diferenciadas (I. Batimetrias, II. Inspeccion de las líneas de atraque III. Inspección de las estructuras marítimas IV. Inspección de las estructuras en tierra

2.1. División geográfica

Los trabajos de geolocalización se estructuran en base a puertos, zonas portuarias, alineaciones dentro de cada zona, y división en puntos kilométricos (PK) de cada alineación. Esto permite una organización y referencia claras para las inspecciones realizadas.

3. Método de trabajo (mapa de proceso)

3.1. Fase 1

-Generación de planos de campo mediante Autodesk Civil 3D con creación de las alineaciones divididas en PKs. y diseño de formularios de toma de datos de inspección en campo, relleno de formularios y registro en tiempo real en el servidor central de los datos de inspeccion

3.2. Fase 2

- Integración de los datos de inspección en SIG-Sistema de información geográfica y creación de capas (IE), índices de estado, NDS-niveles de servicio de cada parte, NDSGU-nivel de servicio global de unidad, Deficiencias detectadas.



Fig. 1. Información volcada a sistema QGIS. Fuente: elaboración propia

Cada elemento georreferenciado en el SIG porta la batería de datos que le corresponden que incluye un hiperenlace a su ficha de inspección.

3.3. Fase 3

Redacción de informes de inspección con visualización de los resultados de inspección.

4. Batimetrías

Como complemento a las inspecciones, se ha realizado un levantamiento batimétrico mediante sonda multihaz de alta precisión y Lidar para la parte emergida.



Fig. 2. Batimetría de alta precisión. Fuente: elaboración propia

5. Conclusiones

Con el presente resumen se pretende ilustrar el trabajo desarrollado con el fin de obtener el estado real de las infraestructuras portuarias, analizando decenas de miles de datos de una forma uniforme.





Sistema de diseño y construcción de gangway sobre monopilote para servicio a dos muelles simultáneos (Bahía Blanca, Argentina)

David Ruiz Palomero

Prosertek S.L Director comercial y desarrollo de negocio. d.ruiz@prosertek.com

1. Introducción

En 2023 la empresa Oil Tanking solicita estudio para la instalación de solución en el nuevo muelle de su terminal de Puerto Rosales en Bahía Blanca (Argentina). Actualmente Oil Tanking opera desde una monoboya y proyecta la construcción de un jetty que dará servicio a dos atraques. El proyecto iniciado hace varios años, no contaba con la incorporación del espacio de huella para una gangway. La dificultad estriba en el proyecto ya aprobado y con plan de impacto ambiental. El jetty dispone de una carretera de servicio que a su vez está ocupado por un rack de tuberías para carga y descarga de hidrocarburos.



Fig. 1. Ubicación del trabajo realizado. Fuente: Prosertek (2024)

Solución propuesta por Prosertek

El inconveniente principal es la falta de espacio dedicado en el proyecto original para acometer la instalación de servicio de gangway en los dos muelles.

En principio se trata de localizar un espacio lo suficientemente amplio para colocar la huella de la gangway, una para cada muelle. La dificultad de hacer cualquier modificación en el proyecto choca constantemente con la imposibilidad de ampliar la anchura del jetty por ser una modificación sustancial y requiere un nuevo estudio de impacto ambiental.

Después de muchas reuniones con el cliente se explora la utilización de un espacio en principio de uso para lanchas de apoyo a amarradores y se decide la construcción mediante pilotes de una base anexa al jetty. Con esta solución no se realiza un cambio sustancial y se exime de revisión de impacto ambiental el proyecto.

El reto ahora es diseñar una única gangway que de servicio a los dos muelles colocando la pasarela transversal a la longitudinal del jetty. Se diseña el monopilote que servirá de base y sustentación de la gangway y se diseña la gangway con una columna que a su vez de acceso mediante escaleras a dos rampas de aluminio que funcionaran de forma independiente para servicio a los dos muelles. La base del monopilote será anexa al jetty y solo tendrá espacio para la instalación de la columna de la gangway, por tanto, las escaleras de acceso se realizan mediante estructura soporte sobre la columna y flotando sobre el jetty. Esto es debido a que ambas estructuras tendrán diferentes movimientos e inercias en el jetty, el provocado por las aproximaciones de los buques y en el monopilote, debido a la propia acción de movimiento de la gangway. Destacar que la propia gangway dará servicio a dos muelles opuestos y se generan diferentes momentos en el uso de ambas pasarelas. Esto se traslada a la base del monopilote. Se han diseñado diferentes soluciones para minimizar los impactos generados por las fuerzas opuestas y sinérgicas que se generan en determinados momentos de uso.

Bibliografía

PROSERTEK Planos Gangway. https://prosertek.com/wp-content/uploads/Planos-Gangway-BahiaBlanca-Argentina.pdf [Consulta:28 de febrero de 2024]





Estabilización de las playas de Premià a poniente de su puerto. Estrategia de actuación en el Maresme

Ana María P. Castañeda Fraile^a, Maria Antònia Tarancon Melià^b

^aDemarcación de Costas en Cataluña, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, C/ de la Marina nº 16-18 planta 14B, 08005 Barcelona. D, acastaneda@miteco.es amcfraile@gmail.com; bSociedad Anónima de Trabajos Y Obras (SATO), C/Tarragona, 149-157, Planta 15, 08014 Barcelona. maria.tarancon@ohla-group.com

1. Introducción

Todos los estudios técnicos de ingeniería de costas realizados sobre la costa del Maresme coinciden en que ésta es actualmente deficitaria de sedimento debido a la falta de aportes del río La Tordera, principal fuente de alimentación, y al estado límite en que se halla la boca de su delta respecto al cañón sumergido que se encuentra frente a ella. Tampoco las rieras, que aportaban discontinuamente material a las costas, lo hacen en la actualidad como antaño. Esta circunstancia, unida a la alta fragmentación que la actividad humana ha impuesto al litoral del Maresme, hace que exista una total descompensación sedimentaria con zonas de acumulación de material y zonas con una erosión o tendencia erosiva importante. La Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar encargó al CEDEX la "Estrategia de actuación en el Maresme" (2014).



Fig. 1. Ámbito de la actuación. Fuente: Google Maps (2023)

2. Trabajos realizados

Las actuaciones que contempla el proyecto son, por una parte, la construcción de las estructuras estabilizadoras, dos (2) espigones con aportación de unas 135.000 t. de escolleras y todo uno procedentes de cantera.

Estabilización de las playas de Premià a poniente de su puerto. Estrategia de actuación en el Maresme

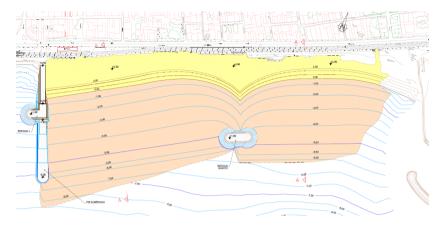


Fig. 2. Plano de la actuación.

Fuente: Proyecto "Estabilización de las playas de Premià a poniente de su puerto", Marciglob (2021)

El espigón 1, perpendicular a la playa, delimita la zona de actuación y constituye un apoyo lateral de la arena frente al transporte litoral que caracteriza la zona de NE a SW.

El espigón exento, situado aproximadamente en el medio de la zona de actuación, cumple con la función estabilizadora de la arena de la playa.

Por otra parte, el trasvase de arena de procedencia marítima, 351.000 m³, extraídos mediante una draga de succión en marcha. El objetivo es mantener una playa con una anchura de playa seca en torno a 60 m.

Las obras han sido adjudicadas a la empresa constructora SATO por un presupuesto de adjudicación de 4.971.255,57 € financiado con cargo a fondos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea – Next Generation EU.

En aplicación de la DIA (resolución de 9 de diciembre de 2020), el contrato de las obras va ligado al contrato de vigilancia y control ambiental.



Fig. 3. Obras en ejecución. Fuente: Dravo, S.A.(2023)





Mejorando el modelado costero: calibración no estacionaria para modelos tendentes al equilibrio

Lucas de Freitas Pereira^a, Camilo Jaramillo^a, Mauricio González^a, José A. A. Antolínezb v Raúl Medina

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, Dlucas.defreitas@unican.es, Dcamilo.jaramillo@unican.es, Dmauricio.gonzalez@unican.es, raul.medina@unican.es; bTU Delft, D J.A.A.Antolinez@tudelft.nl.

1. Introducción

Los modelos de evolución de línea de costa basados en el equilibrio morfológico (EBSEM) son herramientas computacionalmente eficientes, para simular la respuesta de las playas a las condiciones ambientales, como los forzamientos hidrodinámicos. A pesar de su simplicidad, los EBSEM son capaces de reproducir la evolución morfológica de la costa en escalas temporales todavía no alcanzables por modelos basados en la física del transporte de sedimentos. Las aplicaciones EBSEM existentes en la literatura han utilizado tradicionalmente parámetros de calibración constantes en el tiempo y en el espacio, lo cual restringe la capacidad de los modelos para capturar las señales de cambio de la línea de costa. Por lo tanto, este estudio presenta un método para calibrar EBSEM con parámetros no estacionarios, para mejorar su capacidad predictiva de las variaciones de la línea de costa en múltiples escalas temporales.

2. Metodología y aplicación

El presente estudio presenta un nuevo método de calibración dinámica para EBSEM, que consiste en cuatro pasos secuenciales: 1) Evaluación de la variabilidad espacio-temporal del forzamiento. Para cada paso de tiempo, se determina las escalas temporales más relevantes a través de un análisis de wavelet de la energía del oleaje incidente. 2) Calibración por deslizamiento de ventanas: utilizando ventanas temporales determinadas por el análisis de wavelet del paso anterior, se utiliza el Algoritmo Evolutivo Multiobjetivo de Borg (BorgMOEA) (Hadka y Reed 2013) para realizar la calibración de tal forma, que la respuesta de la playa para cada segmento de tiempo es óptima. 3) Regresión basada en el aprendizaje automático: a partir de las series temporales de coeficientes calibrados, se entrena un modelo de aprendizaje automático, para encontrar la relación entre ellos y las variaciones de forzamiento a lo largo del tiempo. 4) Finalmente, se realiza una regresión multivariada, para generar un modelo predictivo de los parámetros EBSEM.

En este estudio se emplean los modelos *cross-shore* propuestos por Miller y Dean (2004) (MD04) y Yates et al. (2009) (Y09). Para evaluar el desempeño de la metodología, se adquirieron los datos de acceso público de la Playa de Tairua (Nueva Zelanda), puestos a disposición por la Universidad de Auckland. La Figura 1 presenta los resultados obtenidos comparados con una calibración convencional, considerando los parámetros constantes a lo largo del tiempo. La metodología propuesta ha logrado una mejora del coeficiente de correlación de Mielke de un 33% y 20%, de los modelos MD04 y Y09 respectivamente para el periodo de calibración y del 22% y 15% para el período de validación.

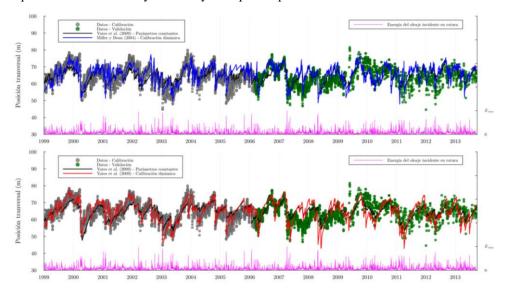


Fig. 1. Resultados de la aplicación. Panel superior: modelo MID04. Panel inferior: modelo Y09

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del programa ThinkInAzul apoyado por el MCIN/ Ministerio de Ciencia e Innovación con financiación de la Unión Europea NextGeneration EU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad de Cantabria.

Referencias

HADKA, D., P. REED (2013). "Borg: An auto-adaptive many-objective evolutionary computing framework" en *Evolutionary Computation*, vol. 21, issue 2.

MILLER, J. K., R. G. DEAN. (2004). "A simple new shoreline change model" en *Coastal Engineering*, vol. 51, issue 7, p. 531-556.

YATES, M., GUZA, R., O'REILLY, W. (2009). "Equilibrium shoreline response: Observations and modeling" en *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 114, issue 9.





Fortaleciendo la resiliencia de las playas barrera con dunas embrionarias

Manuel Espino^a, Buckle Subbiah Elavazhagan^a, Xavier Sánchez-Artús^a, Vicente Gracia^a, Manel Grifoll^a, Antoni Espanya^band Agustín Sánchez-Arcilla^a

^aLaboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya, C/Jordi Girona, 31, 08034, Barcelona, Spain, manuel.espino@upc.edu

^bServicio Provincial de Costas en Tarragona, Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Resumen

Este estudio, realizado en la playa de Trabucador (Fig. 1a), tuvo como objetivo evaluar rigurosamente la eficacia de diferentes estrategias de protección suave para mitigar la ocurrencia de rupturas bajo diversas intensidades de tormentas mediante el uso de modelado numérico. Notablemente, los hallazgos indicaron que los tres escenarios de gestión; Dunas Embrionarias Alternantes (AD: Embryonic Alternating dunes) (Fig. 1b), Dunas Continuas (CD: Continuous dunes) y Alimentación Clásica (CN: Classical Nourishment) tuvieron éxito en la reducción de las rupturas durante eventos de tormenta, con una eficiencia del 100% observada durante la tormenta Isaak (una tormenta de doble pico de nivel medio). Incluso bajo la tormenta más intensa. Filomena (la típica tormenta grande de la región), estas medidas continuaron mitigando eficazmente las rupturas, logrando reducciones que oscilan entre el 82% y el 86%. Sin embargo, durante la tormenta Gloria (la tormenta más grande que ha golpeado la región), se evidenciaron ciertas diferencias en la eficacia, con los diseños AD y CD mostrando una eficiencia relativamente menor que la estrategia de diseño CN. Aun así, las medidas de protección, que incluyen el ensanchamiento de la playa mediante la nutrición de la costa y el despliegue de diseños de dunas alternantes y continuas, demostraron ser efectivas para la reducción de rupturas. En particular, el diseño AD, caracterizado por dunas más grandes en la barrera trasera y dunas más pequeñas en la primera línea, mostró su eficacia en la reducción de los impactos de las tormentas, especialmente contra las tormentas anuales. Aunque AD produjo rupturas más pequeñas, la mayor parte de la playa permaneció intacta debido a las dunas frontales que protegen las dunas más grandes en la orilla trasera. Por otro lado, las estrategias de diseño CD y CN requieren una realimentación frecuente para recuperar su estabilidad debido al efecto de las zonas activas de swash y surf que producen una pérdida de sedimentos en ambos enfoques, mientras que el diseño AD sería sostenible considerando su eficacia durante los impactos de las tormentas y su estabilidad relativa durante los períodos más tranquilos. Luego, al considerar los desafíos asociados con cada medida de protección, incluyendo la disponibilidad de sedimentos, costos de implementación, impactos ambientales y eficacia a largo plazo, AD es la mejor estrategia a aplicar en el área de estudio. En el contexto del modelado numérico, el estudio utilizó XBeach e introdujo una metodología de calibración alternativa mediante un enfoque de bondad de ajuste. Esta técnica, basada en la comparación de patrones de ruptura observados por el modelo con datos de topobatimetría post-tormenta observados por satélite, mejoró efectivamente la precisión del modelo, abordando la ausencia de datos específicos de topobatimetría post-tormenta. Esta investigación aporta información valiosa sobre el rendimiento de las medidas de protección en la playa de Trabucador, destacando el potencial del modelado numérico y ofreciendo soluciones prácticas de calibración cuando faltan datos específicos.

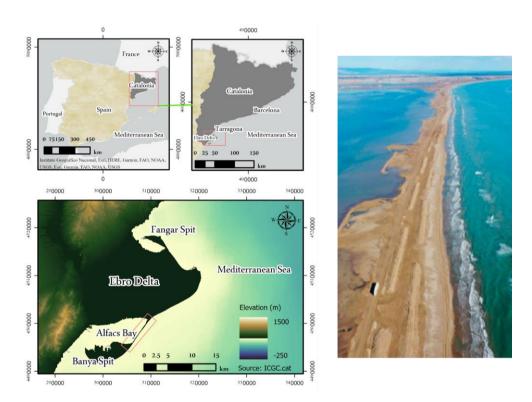


Fig. 1. Área de estudio. Las imágenes de la izquierda presenta el mapa de España con un primer zoom en Cataluña y en la parte inferior izquierda un primer plano del Delta del Ebro. La imagen de la derecha corresponde a una imagen drone de la playa barrera del Trabucador con la colocación de dunas embrionarias alternas (AD)

Agradecimientos

Esta investigación ha recibido financiación de la "European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Action" en virtud del acuerdo de subvención n.º 101037097 (proyecto REST-COAST).





Cala Millor (NE Mallorca): un laboratorio natural para el estudio de las playas carbonatadas micromareales del Mediterráneo. 25 años de observaciones, 1998-2023

Lluís Gómez-Pujola, Alejandro Orfilab, Àngels Fernández-Morac y Joaquim Tintoréb.c ^a Grup de Recerca de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears, ^(D), Igomez-pujol@uib.es; Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, IMEDEA (CSIC-UIB), , aorfila@imedea.uib-csic.es y c Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (SOCIB), , mafernandez@socib.es; , jtintore@socib.es;).

1. Introducción

Cala Millor, situada en la costa noreste de Mallorca, es una playa de arena carbonatada, de ~2 km de longitud, de forma cóncava, flanqueada tierra adentro por el muro de un paseo marítimo sobre el que se extienden hoteles y edificios residenciales que se instalaron sobre un sistema dunar holoceno y los retazos de una antigua zona húmeda. Es una playa intermedia con una configuración de barras transversales y crescénticas, lo que significa que existe una gran variabilidad a lo largo de la costa y con formación frecuente de rip currents (Gómez-Pujol et al., 2007). El fondo de la playa se caracteriza por la presencia de afloramientos rocosos y a profundidades de 6 a 35 m se observan paleocanales, así como una densa pradera de la fanerógama marina endémica Posidonia oceanica (Tintoré et al., 2009). Los sedimentos de la playa en Cala Millor consisten en arenas marinas bioclásticas carbonatadas con un calibre medio de 1,8 phi. La playa está expuesta a condiciones de oleaje de leve a moderado, con una altura de ola significativa $H_s = 0.52$ m y un período pico $T_p = 6.1$ s. En definitiva, Cala Millor reúne todas las características representativas de las playas arenosas de Baleares y constituye un modelo para el conjunto de playas carbonatadas, micromareales y urbanas con usos turísticos del Mediterráneo occidental. En este contexto, la presente comunicación pretende dar habida cuenta de las distintas fases y la naturaleza de los diferentes proyectos de investigación desarrollados durante los últimos 25 años, convirtiéndola en una de las más estudiadas del Mediterráneo occidental y en un laboratorio a pequeña escala de procesos morfodinámicos.

2. Problemática, aproximaciones tecnológicas y de investigación

Desde el desmantelamiento del sistema dunar y la incorporación de importantes volúmenes de arena a la playa seca a finales de la década de los sesenta, ha existido en la comunidad local la percepción de un proceso de pérdida de sedimento que ha motivado, al menos, cinco operaciones de regeneración, la última en 2002 (>40.000 m³). A raíz de dicha problemática

arrancan en 1998 los primeros estudios científicos en la playa. De esta manera, diferentes proyectos de investigación y plataformas de observación costera de carácter estructural, la han convertido en una de las playas más monitorizadas del Mediterráneo (Fernández-Mora et al., 2023). Las primeras aportaciones, a petición del Ayuntamiento de Sant Llorenç y de la Asociación Hotelera Bahía de Cala Millor, fueron desarrolladas entre 1998 y 2000 por el grupo de investigación BALIT de la Universitat de les Illes Balears y consistieron en un estudio de la evolución de la playa seca e intervención mediante captadores de sedimento. Desde entonces hasta el actual proyecto europeo LIFE Adapt-Cala Millor, han pasado 25 años y en la playa se han desarrollado diferentes provectos. Pasando por el primer estudio morfodinámico que combinó datos observacionales y modelización costera en Baleares, de la mano de IMEDEA (CSIC-UIB) e IH Cantabria, al desarrollo del prototipo del sistema de videomonitorización costera SIRENA por el IMEDEA (CSIC-UIB). Sin olvidar la implantación de un sistema de monitorización permanente (videomonitoritzación, levantamientos topo-batimétricos, datos observacionales de oleaje y meteorológicos) en el seno de las estaciones costeras de la ICTS SOCIB que arrancó en 2011 y gracias al cual ya se cuenta con una base de datos de más de diez años de líneas de costa, batimetrías y datos de oleaje (Fernández-Mora et al., 2023). Observaciones que han permitido profundizar en la variabilidad temporal y espacial característica de las playas mediterráneas, evaluar las tendencias a largo plazo y su respuesta a los forzamientos asociados al Cambio Global.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del proyecto Tech2Coast (TED2021-130949B-I00) financiado por 10.13039/501100011033 y por la UE "NextGenerationEU /PRTR". La presente investigación se ha realizado en el marco de la acreditación AEI "Centro de Excelencia María de Maeztu" otorgada al IMEDEA (CSIC-UIB) (CEX2021-001198) y es una contribución a los proyectos de investigación LIFE AdaptCalaMillor – LIFE21 GIC/ES/101074227 y Tech2coast – TED2021-130949B-I00.

Referencias

- FERNÁNDEZ-MORA, M.A., CRIADO-SUDAU, F., GÓMEZ-PUJOL, L., TINTORÉ, J., ORFILA, A. (2023). "Ten years of morphodynamic data at micro-tidal urban beach: Cala Millor (Western Mediterranean Sea)" en Scientific Data, 10, issue 301.
- GÓMEZ-PUJOL, L., ORFILA, A., CAÑELLAS, B., ÁLVAREZ-ELLACURÍA, A., MÉNDEZ, F.J., MEDINA, R. y TINTORÉ, J. (2007). "Morphodynamic classification of sandy beaches in low energetic marine environment" en Marine Geology, 242, p. 235-246.
- TINTORÉ, J., MEDINA, R., GÓMEZ-PUJOL, L., ORFILA, A. y VIZOSO, G. (2009). "Integrated and interdisciplinary scientific approach to coastal management" en Ocean & Coastal Management 52, p. 493-505.





Protección costera racional y eficiente. Empleo de módulos de mallas de acero de alta resistencia e inoxidable dúplex

Roberto J. Luis-Fonseca^a y Julio Prieto Fernández^b

^aGrupo Geobrugg, ⁽ⁱ⁾, Roberto.Luis@geobrugg.com

^bGrupo Geobrugg, Dulio.Prieto@geobrugg.com

1. Introducción

En las regiones costeras bajas, los diques diseñados con el objetivo de gestionar la erosión costera suelen ser las estructuras de defensa costera más comunes e importantes. El rompimiento de las olas sobre los taludes de la costa es uno de los problemas más críticos a investigar. Se ha desarrollado un nuevo sistema modular, para satisfacer el nivel de protección requerido, considerando las solicitaciones aplicadas y el ambiente costero agresivo. El principal componente de este novedoso sistema es la malla de acero inoxidable de alta resistencia. El objetivo del desarrollo fue encontrar una solución para proteger eficazmente el litoral contra la erosión costera, utilizando áridos locales siempre que sea posible, conseguir rentabilidad, minimizar las emisiones de CO2, reducir los requisitos de mantenimiento a partir del uso de materiales duraderos de alta resistencia y ser de fácil de implementación en obra.

Esta comunicación pretende reportar los resultados de dos fases de ensayos de laboratorio sobre un modelo a escala 1/10. En la Fase 1, se realizado dos ensayos sobre un recubierto de escolleras y cuatro ensayos con módulos cuyo exosqueleto es la malla de alta resistencia. En la Fase 2, se realizaron 32 ensayos comparando ambos recubrimientos. Se presenta además, una síntesis del procedimiento de pre-dimensionado que revisa los espesores críticos de módulo de recubrimiento frente a solicitaciones (sliding - uplift), así como un caso de estudio.

2. Ejemplo de aplicación en Beesands, Reino Unido

La comarca de Beesands, en el Reino Unido, sufre de forma recurrente de erosión costera e inundaciones. Esta comunidad es cada vez más popular entre los turistas y corre el riesgo de perder instalaciones y las propiedades adyacentes a la línea costera debido a la continua erosión del mar. Si bien algunas partes de la villa están defendidas-protegidas por diques, la extensión norte quizá con menor presencia humana requiere una adaptación localizada hacia una solución sostenible y, en última instancia, "sin intervención activa" como se identifica en el plan local de gestión de la costa.

Analizado el problema existente, se optó por la instalación del sistema modular TECCO® Cell, instalación que fue realizada por la empresa local Landmarc. Durante la tormenta Darcy

a principios de febrero de 2021, la solución de TECCO® Cell de acero inoxidable de alta resistencia estaba a la mitad del proceso de instalación. Aun así, el sistema soportó el impacto continuo de olas de alturas y potencias sin precedentes en la zona, protegiendo el terreno ubicado en el trasdós de los módulos de la erosión sufrida a lo largo del resto de esta sección de la costa. En la figura 1 se pueden ver distintas fases de la instalación del sistema.

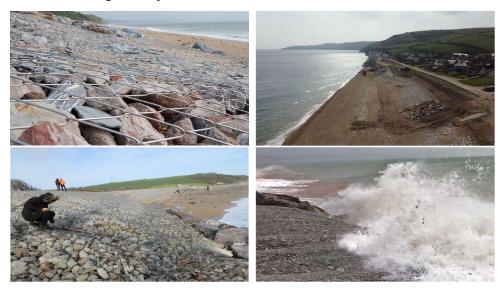


Fig. 1. Distintas fases de obra

3. Conclusiones

Más de setenta años de experiencia en la investigación e implementación de soluciones para la mitigación de riesgos naturales han servido de base para el desarrollo de esta nueva tecnología, que permite de una forma eficiente y sostenible el control de la erosión costera con los módulos, se puede concluir que:

- El recubrimiento modular superó consistentemente a la solución de escolleras en términos de control de run-up (reducción promedio de run-up del 15%) y control de la reflexión de las olas.
- Se puede emplear una malla de alambre de alta resistencia e inoxidable de durabilidad probada.
- La instalación modular se puede dimensionar a partir de un conjunto de datos disponibles y garantizar que su empleo sea eficiente en el tiempo.

La clave para este desarrollo es la investigación aplicada y la ingeniería detrás del dimensionamiento del sistema modular para poder ser escalado y utilizado en diferentes condiciones.





Fracaso de una regeneración costera: caso del Portet de Moraira

Ignacio Toledo Sepulcrea, Luis Aragonés Pomaresa y Antonio José Tenza Abrila

^aDpto. de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, , nacho.toledo@ua.es, laragones@ua.es, ajt.abril@ua.es

1. Introducción

La evaluación exitosa de proyectos de regeneración en playas erosionadas requiere la monitorización de los cambios a lo largo del tiempo. La falta de un protocolo regular para seguir los cambios post-emplazamiento de arena (Leonard, 1990), así como el comportamiento del sedimento frente a la erosión y al oleaje (Aragonés, 2016), destaca la necesidad de monitoreo en este tipo de actuaciones. Mediante el estudio de evolución de la línea de costa o el análisis de la batimetría costera antes y después de la intervención, es posible conocer si ha habido una pérdida significativa de sedimentos (Van Koningsveld, 2004). Se considera que los factores determinantes, que influyen en la vida de las nutriciones costeras, están relacionados con el (i) clima marítimo, (ii) las propiedades del sedimento y (iii) las propiedades de la regeneración (profundidad del agua, tamaño y ubicación). Por tanto, son muchos los factores que influyen en la erosión costera y es por ello que los ingenieros costeros deben tener en cuenta a la hora de planificar una obra de estas características.

En esta investigación, se va a estudiar el caso particular de la Playa del Portet de Moraira (provincia de Alicante), donde en el año 2017 se llevó a cabo una regeneración en la que se vertieron 8.000 t de arena, lo que supuso la ganancia de 8 m de ancho de playa (Chiva, 2018). Sin embargo, en la actualidad prácticamente han desaparecido los efectos de la regeneración. El objetivo es conocer cuáles son los factores que han llevado a esta playa a estar en una situación similar a la del año 2017. Para ello, se analizarán los cambios en el fondo marino a partir de perfiles batimétricos y las características del sedimento utilizado en la regeneración.

2. Resultados

La arena vertida en la berma de la playa durante la regeneración de 2017 ha ido desapareciendo de la zona seca para ir depositándose en la zona sumergida del perfil de playa (Fig. 1a). Esto ha provocado retrocesos de la línea de costa de 5 m de promedio y ganancias en el perfil de playa de hasta 1 m de altura. Para conocer las razones por las que se ha producido esta situación tenemos que centrarnos en las características morfológicas del sedimento.

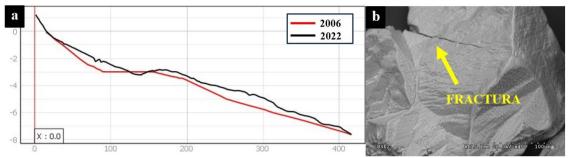


Fig. 1. (a) Perfil de la play del Portet de Moraira, (b) Grano microfracturado visto con microscopio electrónico. Fuente: Chiva, L (2018)

Con ayuda de un microscopio electrónico, se observó que las particulares anteriores a la nutrición poseían una morfología más redondeada, con casi ausencia de angularidades en los bordes. Sin embargo, en el material vertido en la playa se observaron partículas con cantos más angulosos, donde la erosión no dio tiempo a redondearlas. Pero también se observaron mayoritariamente caras de fractura en los granos (Fig. 1b). Los datos con el tiempo confirman que estas partículas, al entrar en contacto con el oleaje y ponerlas en suspensión, se separaran, dado su carácter heterogéneo y la unión entre los diferentes minerales, lo que hace que queden en suspensión en el agua y, dado su pequeño tamaño posteriormente, queden depositados en la zona sumergida de la playa, incluso fuera de la profundidad de cierre.

Con estos resultados, se puede afirmar que: (i) Que la durabilidad de esta arena es inferior a la anterior y (ii) Que ha habido una aceleración de la regresión y (iii) Será necesario el mantenimiento con arenas adecuadas para el mantenimiento de la berma de la playa. Por lo tanto, los resultados aquí obtenidos son de utilidad al ingeniero costero para seleccionar la fuente de suministro más adecuada para una mejor duración en la berma de la playa.

Referencias

ARAGONES, L., PAGAN, J. I., LOPEZ, M. P., y GARCIA-BARBA, J. (2016). "The impacts of Segura River (Spain) channelization on the coastal seabed" en Science of the Total Environment, 543, 493-504.

CHIVA, L., PAGAN, J. I., LOPEZ, I., TENZA-ABRIL, A. J., ARAGONES, L., y SANCHEZ, I. (2018). "The effects of sediment used in beach nourishment: Study case El Portet de Moraira beach" en Science of the Total Environment, 628, 64-73.

LEONARD, L., CLAYTON, T., y PILKEY, O. (1990). "An analysis of replenished beach design parameters on US east coast barrier islands" en Journal of Coastal Research, 15-36.

VAN KONINGSVELD, M. y MULDER, J. P. M. (2004). "Sustainable coastal policy developments in the Netherlands. A systematic approach revealed" en Journal of Coastal Research, 20(2), 375-385.





Erosión Costera en América Latina: Desafíos y Perspectivas **Futuras**

Ruby Vallarino-Castillo^a, Vicente Negro Valdecantos^a y José María del Campo^a

a, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, ruby.vallarino@alumnos.upm.es

1. Introducción

Las zonas costeras, fundamentales para la subsistencia de la población y la economía global, se encuentran bajo una amenaza creciente debido a la rápida urbanización, con aproximadamente el 40% de la población mundial ubicada a menos de 100 km de la costa. Este estudio se enfoca en explorar cómo los procesos hidrodinámicos han impactado la erosión costera en América Latina, llevando a cabo una revisión sistemática que se centra específicamente en las características climáticas, ambientales y geomorfológicas de la región. La erosión costera se ha conviertido en una amenaza potenciada por el cambio climático, que conlleva aumentos en los niveles del mar y la frecuencia de eventos extremos, generando impactos no solo en la línea de costa sino también en ecosistemas costeros y asentamientos humanos. Además, es esencial considerar los efectos del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), ya que estos eventos están asociados con un aumento en la frecuencia de ciclones tropicales y niveles de agua elevados en el Océano Pacífico. Entre los diversos grupos de impulsores de la erosión costera en distintos países de America latina continental se identifican, factores oceanográficos y climáticos que desempeñan un papel fundamental en la formación de playas arenosas, con procesos hidrodinámicos como las mareas, las olas y las corrientes que influyen en la erosión. Fenómenos como los tsunamis meteorológicos y las olas de alta energía durante episodios de El Niño contribuyen a la erosión en regiones específicas. La acción de las olas surge como una causa primaria de la erosión costera, afectada por factores como la intensidad de las olas, el ángulo de incidencia y la presencia de obstáculos naturales o artificiales. Los factores atmosféricos y climáticos, especialmente durante El Niño, afectan los patrones de precipitación y los flujos de ríos, influyendo en la erosión en áreas como Panamá y Chile. Las actividades antropogénicas, como la extracción de arena de las playas y el desarrollo costero, alteran significativamente las dinámicas naturales, llevando a cambios a largo plazo y compresión de la costa. Las características geomorfológicas y batimétricas, incluyendo playas rectas propensas a la erosión y arrecifes artificiales que alteran la dirección de las olas, contribuyen a los procesos de erosión. Los movimientos tectónicos, variaciones en las desembocaduras de ríos y procesos geológicos como el levantamiento y hundimiento también desempeñan roles en la erosión costera. Finalmente, el cambio climático exacerba la erosión al aumentar la frecuencia e intensidad de las tormentas, alterar patrones de viento y afectar las temperaturas superficiales del mar. La discusión destaca la necesidad de más investigaciones sobre la variabilidad climática y sus posibles impactos en áreas costeras, especialmente en el contexto del aumento del nivel del mar y cambios en eventos climáticos extremos.

Los casos específicos de Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, México, Panamá y Uruguay muestran la complejidad de la interacción entre procesos hidrodinámicos y factores climáticos en la erosión costera. En Argentina y Brasil, las marejadas intensificadas por patrones de viento específicos impulsan tasas de erosión a niveles alarmantes en sus costas del sureste. En Colombia, las líneas costeras duales enfrentan la erosión debido a variaciones de mareas diferentes en el Atlántico y el Caribe. Costa Rica y Chile experimentan la erosión debido a una mayor energía de las olas durante estaciones específicas, afectando especialmente la playa de Cieneguita y el golfo de Arauco. México y Panamá, en la Península de Yucatán y la costa del Pacífico, respectivamente, enfrentan la erosión exacerbada por actividades antropogénicas, como construcción costera e infraestructura inadecuada. Uruguay, a pesar de su geografía distintiva, refleja el aumento de la frecuencia de tormentas que lleva a cambios en la dinámica costera.

Las metodologías y técnicas de investigación identificadas para el estudio de erosión costera en América Latina comprenden seis grupos principales, cada uno con sus propias técnicas, fuentes de datos y herramientas digitales interdependientes. El primer grupo se enfoca en datos cartográficos, utilizando mapas históricos, topográficos y náuticos para visualizar la costa y comprender su evolución a lo largo del tiempo. El segundo grupo se centra en el trabajo de campo, recolectando datos mediante mediciones de perfiles de playa, muestras de tamaño de grano y análisis estratigráficos, además de utilizar vehículos aéreos no tripulados (UAVs) y sistemas de posicionamiento global para obtener información precisa de la línea costera. El tercer grupo se centra en la modelización de procesos hidrodinámicos utilizando software especializado, como WaveWatch III y MIKE 21 Spectral Wave. El cuarto grupo, análisis de cambios en la línea de costa, utiliza sistemas de información geográfica (SIG) y extensiones como DSAS, QGIS y ArcGIS para evaluar erosión, sedimentación y cambios en la morfología costera. El quinto grupo se basa en imágenes aéreas y satelitales, con herramientas como Google Earth Pro y Landsat, para estudiar variaciones en la línea de costa. Finalmente, el sexto grupo aborda datos sobre condiciones marinas y atmosféricas, empleando información de reanálisis global de NCEP/NCAR, modelos climáticos como SWAN, y datos locales obtenidos a través de boyas y estaciones de mareas.

El futuro de la investigación sobre la erosión costera en América Latina implica comprender los impactos de eventos climáticos extremos, el transporte de sedimentos y obstáculos naturales y humanos, identificar variaciones en la energía y dirección de las olas, y abordar cómo cambios en la morfología marina y la orientación costera afectan especialmente playas de arena, y en consecuencia, la percepción de la población residente próxima a estas zonas.









Patrocinador Platino



Patrocinador Oro



Patrocinador Plata



Patrocinadores

















www.costasypuertos2024.com

