



Output 5 | Actividad 5.3

## Material generado para las actividades de capacitación

Español

INFORME 5.3 – 17 Enero 2020 - UNIDO/CTCN Rfx 7000002437

Laboratorio de Hidráulica – Instituto Nacional del Agua (LH-INA, Argentina) | Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental – Facultad de Ingeniería – Universidad de la República (IMFIA-UdelaR, Uruguay)

Technologies for the design of a regional strategic plan for the coastal management and adaptation to Climate Change in the Province of Buenos Aires

*Proyecto INA 376  
Informe LHA 12-376-20  
Ezeiza, enero de 2020*

## **Equipo de trabajo**

*Laboratorio de Hidráulica – Instituto Nacional del Agua (LH-INA, Argentina)*

Msc. Ing. Mariano Re | Ing. Pablo E. García | Ing. Lucas Bindelli | Ing. Martín Sabarots Gerbec | Msc. Ing. Nicolás J. Tomazin | Lic. Carlos Haspert | Arq. Leonardo S. Peralta | Lic. Federico Haspert

*Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental – Facultad de*

Dr. Ing. Mónica Fossati | Dr. Ing. Sebastián Solari | Dr. Ing. Pablo Santoro | Msc. Ing. Rodrigo Alonso | Ing. Michelle Jackson

## **Informe realizado por:**

Lucas Bindelli, Pablo García y Mariano Re.

## Resumen

Durante la Asistencia Técnica se desarrollaron variadas actividades de capacitación. Entre ellas, se destacan las realizadas en torno a la transferencia de una base de datos con información sobre variables de la dinámica costera y la transferencia de los modelos numéricos implementados. Para ambas actividades se elaboraron materiales de apoyo a la transferencia. En este informe se presentan esos materiales.

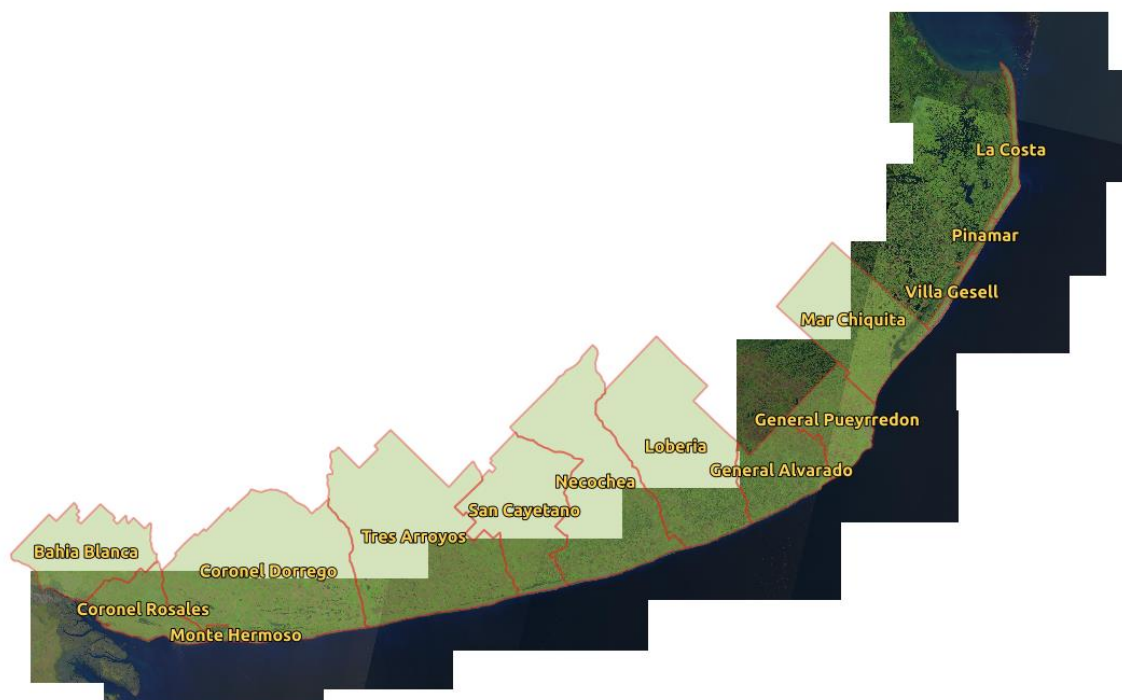
## Índice

1	Introducción .....	5
1.1	Problema .....	5
1.2	Asistencia técnica .....	6
1.3	Actividad 5.2.....	7
2	Materiales de apoyo.....	8
2.1	Base de datos .....	8
2.2	Capacitación a profesionales de la DPH.....	9
2.3	Curso de transferencia .....	10
2.4	Modelos elaborados en el marco de la Asistencia Técnica.....	15
	Referencias.....	16
	Anexo I – Información complementaria para la utilización de los datos de las Boyas Virtuales	17
A.I.1.	Marea .....	18
A.I.2.	Oleaje .....	18
A.I.3.	Meteorología.....	19
	Anexo II – Capacitación .....	20
	Anexo III – Presentación y material del curso .....	23
	Anexo IV – Modelos implementados .....	131

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Problema

La costa oceánica de la Provincia de Buenos Aires presenta gran diversidad de playas a lo largo de sus 400 km, con diferentes regímenes de oleaje, mareas, y con composiciones granulométricas y morfológicas variables. Entre San Clemente, al NE, y Pehuén-Co, al SO, se concentran más de 30 localidades balnearias que pertenecen a 12 partidos de la provincia (Figura 1.1). Los municipios presentan importantes diferencias en cuanto a cantidad de población y actividades económicas. Principalmente se destacan actividades asociadas al turismo y actividades comerciales vinculadas al movimiento de los puertos.



**Figura 1.1.** Partidos del litoral marítimo de la provincia de Buenos Aires.

Esta región litoral se ve afectada por numerosos problemas ambientales y climáticos, principalmente debidos a la erosión costera. Las actividades antrópicas como la construcción de defensas costeras, el crecimiento urbano sobre estructuras medanosas, la extracción de arena y la explotación de acuíferos sin un apropiado manejo han agravado los procesos erosivos y acrecentado la vulnerabilidad frente al Cambio Climático.

La constante acción del oleaje y el impacto de los eventos de tormenta severos (Sudestadas) son los responsables primarios de la dinámica erosiva de la costa bonaerense. Estudios referidos a obras puntuales como la instalación de rompeolas para prevenir erosión en la zona de acantilados en Mar del Plata, la ejecución de defensas costeras para protección de rutas o los planes de modificación de una de las escolleras del Puerto de Mar del Plata refuerzan la necesidad de contar con un manejo costero integral y planificado. Resulta en este contexto que se plantea la preocupación de la provincia de Buenos Aires respecto de la vulnerabilidad de la costa ante las distintas amenazas que afectarían su dinámica en el marco del Cambio Climático.

## **1.2 Asistencia técnica**

El análisis de los procesos costeros naturales (meteorología, climatología, hidrodinámica y morfología) en relación a los cambios en las actividades humanas y del uso/cobertura del suelo, resulta un insumo necesario para el estudio del riesgo a la erosión costera de manera integral y la generación de información necesaria para la concreción de un plan integral de manejo costero bonaerense.

En este marco, el Departamento de Costa Marítima de la Provincia de Buenos Aires solicitó la Asistencia Técnica a CTCN (Climate Technology Center & Network) que plantea dos objetivos generales: i) diagnosticar el estado actual de la dinámica en la costa oceánica de la provincia, e ii) implementar un mapa de riesgo frente al Cambio Climático y delinear recomendaciones de manejo costero, para utilizar como insumo en la ejecución de un Plan de Manejo Integral Estratégico de la costa bonaerense a desarrollarse a futuro.

Entre los objetivos específicos a alcanzar por esta Asistencia Técnica se destacan: i) determinar los cambios acontecidos en la dinámica costera durante las últimas décadas (nivel del mar, oleaje, viento, cambios morfológicos), ii) estimar a partir de proyecciones de Cambio Climático los posibles escenarios costeros futuros, y iii) desarrollar labores de transferencia tecnológica, capacitación y formación asociadas al proyecto. Entre los principales productos de esta asistencia se destacan la puesta en valor de las herramientas de modelación numérica del solicitante, la capacitación y entrenamiento en el manejo de las mismas y la elaboración de un manual de recomendaciones de manejo costero para la costa oceánica de Buenos Aires.

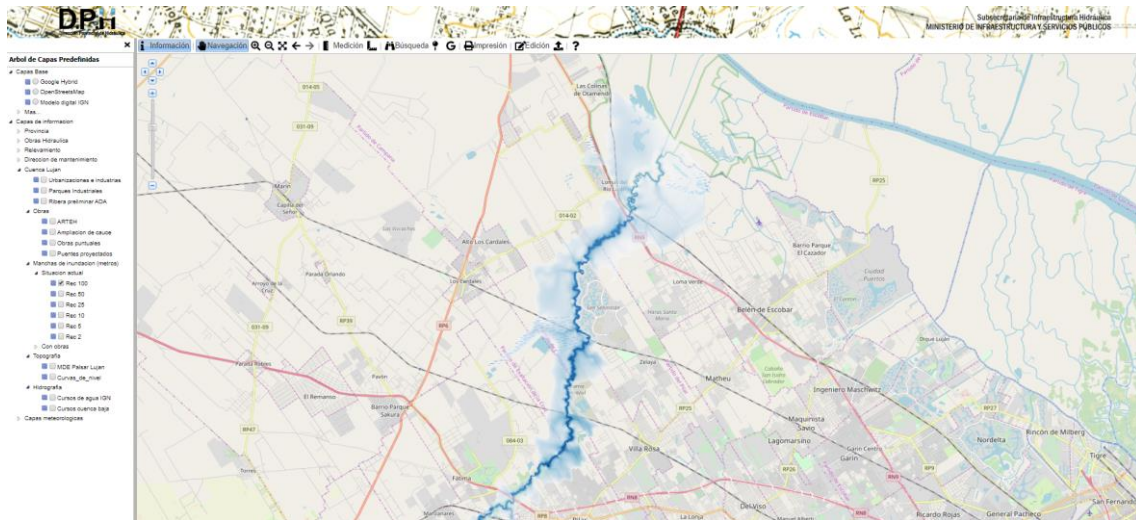
Esta Asistencia Técnica se lleva a cabo con los equipos profesionales del Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional del Agua (INA) de Argentina y el Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UdelaR) de Uruguay.

### **1.3 Actividad 5.2**

La Actividad 5.2 de esta Asistencia Técnica se enmarca dentro del Entregable 5, y está asociada a la descripción de los materiales de apoyo entregados en el marco de las actividades de capacitación llevadas a cabo.

En este informe se presentan los distintos materiales entregados. Además, se adjunta información complementaria en forma de anexos para hacer un mejor uso de esta información.





**Figura 2.2.** Visualizador web de la Base de Datos de la DPH – Manchas de inundación en la cuenca del río Luján para  $T_r = 100$  años.

Sin embargo, como puede observarse en su visualizador web<sup>1</sup>, no existen hasta este momento ningún tipo de datos relativo a las costas marítimas o al mar argentino. Es por ello que, a partir de esta Asistencia Técnica, a toda esta información se le añaden datos de nivel de marea y datos de altura, período y longitud de onda de oleaje, tanto recolectados como generados durante el proyecto, y datos de intensidad y dirección del viento, medidos por distintas estaciones meteorológicas situadas a lo largo del frente costero.

A partir de la utilización de la base de datos generada por la Asistencia Técnica por parte de miembros del Departamento de Costa Marítima (DPH) y del Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (Universidad Nacional de Mar del Plata), surgieron algunas inquietudes respecto a la definición de los metadatos. Para aclarar estas cuestiones se generó el documento presentado en el Anexo I, denominado “Información complementaria para la utilización de los datos de las boyas virtuales”.

## 2.2 Capacitación a profesionales de la DPH

Otro de los materiales de apoyo generados durante esta Asistencia Técnica fue pensado para la capacitación personalizada de profesionales en formación, con el objetivo de abordar en detalle el proceso de modelación numérica en escenarios costeros y poder comprender el tipo de dificultades a superar.

Esta capacitación consistió en unas 20 horas de charlas efectuadas mediante videoconferencia, en las que se trabajó en problemas puntuales y de ocurrencia frecuente de pre-procesamiento de datos y armado de modelos. En este caso, se trabajó con los software QGIS, Delft3D y X-Beach

<sup>1</sup> [http://www.mosp.gba.gov.ar/sig\\_hidraulica/ms/publico/index.php](http://www.mosp.gba.gov.ar/sig_hidraulica/ms/publico/index.php)

(ver Anexo II) y se hizo foco en la modelación de un problema local conocido por los profesionales, como es la caracterización de la deriva litoral en el entorno al Puerto de Quequén.

Se destaca la buena predisposición de los participantes y el afán por integrar este tipo de herramientas a los procesos de toma de decisiones vinculadas a la gestión costera.

### **2.3 Curso de transferencia**

Como parte de la Actividad 5.2, se pautó una instancia de capacitación materializada en un taller de transferencia de los modelos numéricos implementados durante la Asistencia Técnica. Para esto, y con el objetivo de difundir el uso de herramientas de modelación numérica para la gestión costera y generar capacidades locales en el uso de datos globales y regionales de variables de la dinámica costera, se organizó un curso de transferencia.

Con esta idea, y con el afán de ampliar la base de la convocatoria (originalmente destinada a los grupos que acompañaron todo el proceso del proyecto, específicamente el Departamento de Costa Marítima de la DPH y el Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario de la Universidad Nacional de Mar del Plata), se desarrolló una convocatoria abierta a la capacitación.

Para esto, se gestionó el apoyo de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata lográndose que el curso fuera parte de la oferta de la universidad para estudiantes de grado y posgrado. Esta vinculación generó la oportunidad para involucrar a distintos actores para el armado y la difusión del curso, como es el caso del Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Su apoyo permitió no sólo disponer de las instalaciones para llevar a cabo el curso, sino también mostrar la necesidad de abordar los problemas costeros en forma integral, con la participación de organismos de gestión, organismos de desarrollo tecnológico y organismos de investigación y educación. La resolución OCA 1282/19 oficializó el Curso de Postgrado “Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera”, con una carga horaria de 20 horas y una Unidad de Valoración Académica (1 UVAC, Universidad Nacional de Mar del Plata).

El curso se desarrolló desde el 30 de octubre de 2019 hasta el 1 de noviembre de 2019 en una de las sedes de la Universidad de Mar del Plata. En la Figura 2.3 se presenta su programación.

<p><i>Programa</i></p> <p><i>Miércoles 30/10</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Presentación de la Asistencia Técnica</li><li>• Análisis de los procesos físicos costeros principales de la dinámica de la costa bonaerense.</li><li>• Modelos numéricos para la gestión costera</li><li>• Instalación de software para simulación hidrodinámica y morfodinámica.</li></ul> <p><i>Jueves 31/10</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Resultados del análisis retrospectivo de variables de la dinámica costera.</li><li>• Base de datos de la Provincia de Buenos Aires para la modelación numérica.</li><li>• Proyecciones de Cambio Climático.</li><li>• Modelos numéricos y gestión costera: experiencia uruguaya.</li><li>• Presentación de software para simulación hidrodinámica y morfodinámica.</li></ul> <p><i>Viernes 01/11</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Taller de aplicaciones de software Instalación de software para simulación hidrodinámica y morfodinámica. Ejemplos y posibilidades.</li><li>• Implementación de un modelo. Preprocesamiento y postprocesamiento de resultados.</li></ul>
---

**Figura 2.3.** Programa del curso de transferencia.

El curso se desarrolló en dos bloques: el primero trató sobre una introducción a la Asistencia Técnica y a los conceptos teóricos tanto de procesos costeros como de modelación numérica, mientras que el segundo abordó el análisis diferentes modelos numéricos y la implementación completa de una de las herramientas presentadas (*X-Beach*), abordando problemáticas que tuvieron lugar en distintos puntos de la costa de la provincia de Buenos Aires. La presentación del curso y el material entregado pueden encontrarse en el Anexo III.

Como plataforma de comunicación con los participantes del curso se utilizó *moodleCloud*<sup>2</sup>, una Tecnología de Información y Comunicación (TIC) que permite crear un entorno simple, flexible y disponible a través de internet en el cual se subió todo el material del curso y se utilizó como vía de comunicación antes, durante y después del curso. La web de acceso resultó: <https://costabsas.moodlecloud.com/> (Figura 2.4). Al ser una herramienta libre y gratuita destinada a fines educativos, esta plataforma se pudo utilizar como Campus Virtual propio del curso y se mantendrá abierto y disponible para consulta de los participantes incluso luego del cierre de esta Asistencia Técnica.

<sup>2</sup> <https://moodlecloud.com/>



Figura 2.4. Plataforma moodleCloud: <https://costabsas.moodlecloud.com/>

Los contenidos del Campus Virtual del curso son los siguientes:

#### *Presentaciones*

- 01 - Asistencia Técnica | INA-IMFIA / CTCN / DPH-BA
- 02 - Procesos físicos costeros
- 03 - Modelos numéricos para la gestión costera
- 04 – Introducción al software XBeach
- 05 - Análisis retrospectivo de variables costeras
- 06 - Base de Datos
- 07 - Modelos y proyecciones de Cambio Climático

#### *Software XBeach*

- XBeach v1.23.5527 (2018-11-09)
- XBeach Manual v5527 (2018)
- XBeach Conferencia X Aniversario (2017)
- XBeach Casos de aplicación (2011)
- XBeach Publicación Ejemplo Santa Rosa (2010)
- Ejercicio XBeach - Delftland - 1D
- Ejercicio XBeach - Santa Rosa - 2D
- Ejercicio XBeach - Perfiles Delftland - 1D
- Aplicación de XBeach en Pehuén Co (costa Buenos Aires)
- Aplicación de XBeach en Mar del Plata (costa Buenos Aires)

#### *Otros software*

- Delft3D-FLOW – Manual / Delft3D-WAVE – Manual / D-Morphology - Manual
- MIKE 21: manuales de los diferentes módulos
- LITPACK: manual
- SWAN: manual
- BOUSS-2D: manual
- Panoply (visualizador): v4.10.10 for Windows y v4.10.10 for Linux.

#### *Web Mapping*

## Web Mapping de la Asistencia Técnica: costa Buenos Aires

### *Informes Asistencia Técnica*

D2.1 - Revisión y análisis del estado del arte de estudios y planes de manejo realizados en diferentes áreas costeras en el marco de la evaluación del riesgo costero.

D2.2 - Herramientas tecnológicas disponibles vinculadas a la problemática costera de la provincia de Buenos Aires.

D2.3 - Herramientas de modelación para la gestión costera de la provincia de Buenos Aires.

D3.1 - Desarrollo de una base de datos estructurada para la costa de la provincia de Buenos Aires.

D3.2 - Taller de Validación.

Al curso asistieron unas 35 personas, conformando un grupo de gran heterogeneidad tanto por su formación (estudiantes de grado y posgrado de carreras como Ingeniería Civil, Oceanografía, Geología, Ciencias Ambientales, etc.) como por su desarrollo profesional (ámbito privado, organismos públicos, etc.), lo que de buena manera denota la gran variedad de actores e interesados con la que cuenta el ámbito del manejo costero (Figura 2.5 y Figura 2.6).



**Figura 2.5.** Presentación del curso.



**Figura 2.6.** Participantes.

El equipo docente estuvo conformado en su totalidad por integrantes de esta Asistencia Técnica, incluyendo la representación del IMFIA para exponer sobre los avances efectuados en materia de reanálisis de datos y proyecciones de Cambio Climático en las costas de la Provincia de Buenos Aires. Los docentes fueron: Mariano Re, Pablo García, Nicolás Tomazin, Lucas Bindelli y Carlos Haspert por el INA, y Michelle Jackson por el IMFIA.



**Figura 2.7.** Ejercitación práctica.

A modo de evaluación de la actividad, se efectuaron dos tareas consistentes en la evaluación de los participantes y de la actividad. La primera de ellas consistió en un examen de tipo *multiple*

*choice*, instancia sugerida por la Universidad de Mar del Plata para el otorgamiento de puntaje para las carreras de Doctorado. La totalidad de los participantes del taller aprobaron el examen, con performances variadas. La segunda de las tareas consistió en la respuesta de una encuesta individual con el objetivo de calificar el desarrollo del curso (temas abordados, claridad en la exposición, etc.). Esta actividad fue planificada en el marco del desarrollo del Entregable 6 correspondiente a la evaluación integral de la Asistencia Técnica.

Cabe mencionar que en ambas instancias se obtuvieron muy buenos resultados, remarcando en el segundo caso la necesidad de generar oportunidades como esta, aún más frecuentes y prolongadas, para divulgar y profundizar sobre problemáticas costeras. En este marco, las autoridades de la Dirección Provincial de Hidráulica solicitaron repetir esta instancia en la localidad de La Plata donde se encuentra la base del organismo y donde se puede extender la participación a las universidades de esa región.

#### **2.4 Modelos elaborados en el marco de la Asistencia Técnica**

La necesidad de documentar los modelos implementados y transferidos durante la Asistencia Técnica, obligó a la generación de fichas de cada uno de los modelos con sus características principales con el objetivo de una rápida identificación y un respaldo ordenado. Cada ficha indica uno de los modelos de la totalidad de los que se implementaron (ver Informe 4.3 – INA, 2019b).

Se confeccionaron 15 modelos con el software MIKE21 y otros 31 con el software LITPACK, ya calibrados y validados, y listos para realizar simulaciones, y así proceder directamente a la explotación de resultados.

Para mayor información sobre cada uno de estos modelos, consultar el Anexo IV. El análisis de los resultados obtenidos en estos modelos se detalla en el Informe 4.3 (INA, 2019b).

## REFERENCIAS

INA. (2019a). “Desarrollo de una base de datos estructurada para la costa de la provincia de Buenos Aires.”. Informe 3.1. Español. Proyecto INA 376, Informe LHA 04-376-19. Comitente: UNIDO/CTCN, abril 2019.

INA. (2019b). “Análisis histórico de las variables de la dinámica costera”. Informe 4.3. Español. Proyecto INA 376, Informe LHA 08-376-20. Comitente: UNIDO/CTCN, enero 2020.

## **Anexo I – INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS DATOS DE LAS BOYAS VIRTUALES**

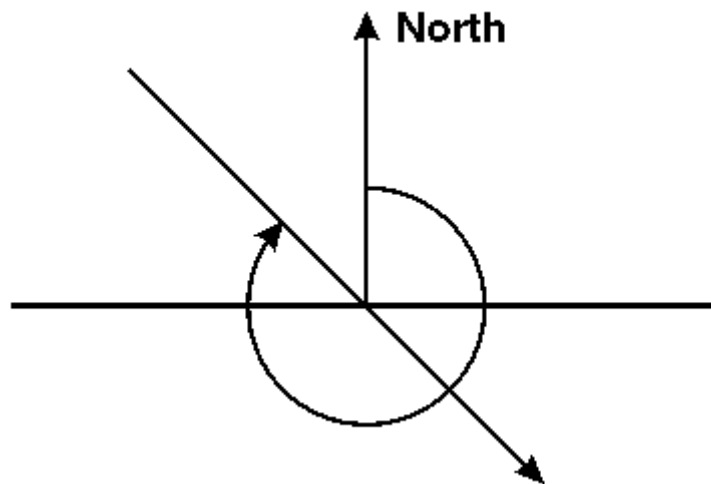
La información que integra la Base de Datos fue cargada a la página web en forma de tablas, cada una conteniendo un tipo de datos específico. A continuación, se describe el contenido de cada una de estas tablas.

#### **A.I.1. Marea**

- Columna 1: Fecha  
Se utiliza como sistema de referencia la **Fecha Juliana** con origen en el 01/01/1990 a las 00:00:00 Hs (UTC).
- Columna 2: Nivel  
El plano de referencia adoptado es el Cero Wharton R.O.U, situado a 0.9097 m por debajo del Cero Oficial R.O.U. y a 0.6965 m por debajo del Cero I.G.M. (Nivel de aguas medias en Mar del Plata).

#### **A.I.2. Oleaje**

- Columna 1: Fecha  
Se utiliza como sistema de referencia la **Fecha Juliana** con origen en el 01/01/1990 a las 00:00:00 Hs (UTC).
- Columna 2: Hs – Altura significativa de ola  
Diferencia de nivel entre la cresta de la ola y su valle, medida en metros. Se trata de una estimación espectral de la altura de olas que se encuentran dentro del tercio superior del espectro.
- Columna 3: Tp – Período pico  
Período del oleaje para el cual se concentra la mayor cantidad de energía, medido en segundos.
- Columna 4: L - Longitud de onda  
Distancia entre dos crestas (valles), medida en metros.
- Columna 5: WaveDir – Dirección del oleaje  
Dirección media del frente de la ola, medido desde el Norte con sentido horario. El ángulo, medido en grados, indica la dirección desde donde la ola se aproxima a la costa (ver Figura 2.8).  
Ejemplo: Norte = 0º, Este = 90º, Sur = 180º, Oeste = 270º.



**Figura 2.8.** Definición de la dirección del oleaje y del viento.

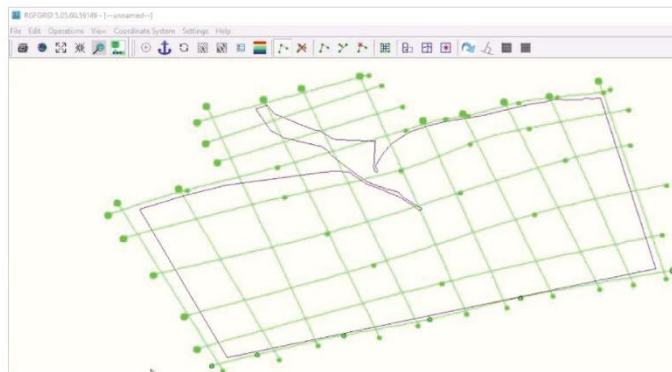
### **A.1.3. Meteorología**

- Columna 1: Wnd – Velocidad media del viento  
Velocidad media del viento a 10 metros de altura respecto del nivel medio del mar, medido en metros por segundo.
- Columna 2: WndDir – Dirección media del viento  
Para determinar este parámetro se adoptaron las mismas convenciones que en el caso de la dirección del oleaje (ver Figura 2.8): medido desde el Norte con sentido horario. El ángulo, medido en grados, indica la dirección desde donde viene el viento.

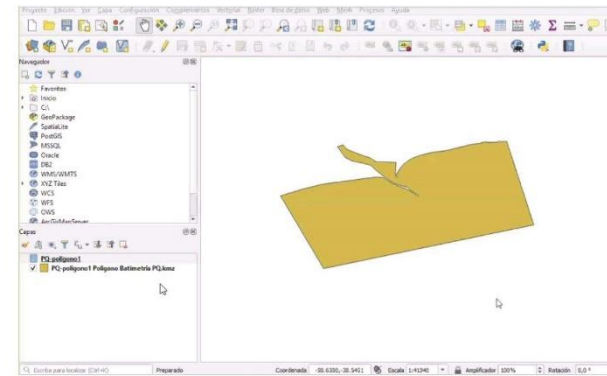
## Anexo II – CAPACITACIÓN



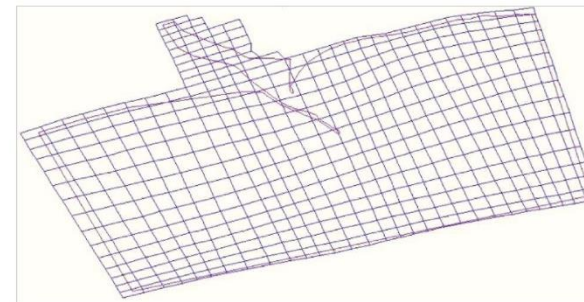
Armado de grilla en RGFRID



Dominio del modelo – Visualización en QGIS



Grilla preliminar del modelo confeccionada en RGFRID

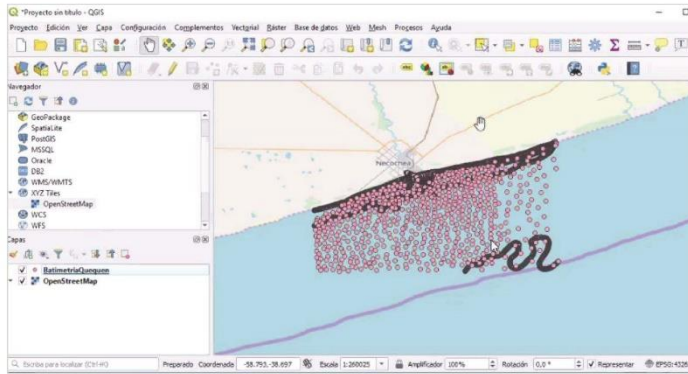


Capacitación en el uso de herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos  
Buenos Aires Provincia

### Información batimétrica – Visualización y pre-procesamiento en QGIS

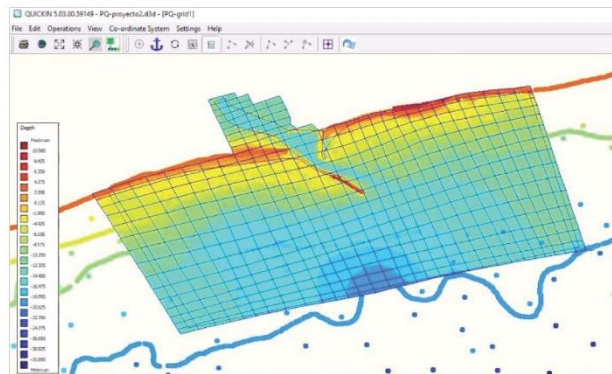


Capacitación en el uso de herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos  
Buenos Aires Provincia

### Asociación de información batimétrica a grilla mediante módulo QUICKIN

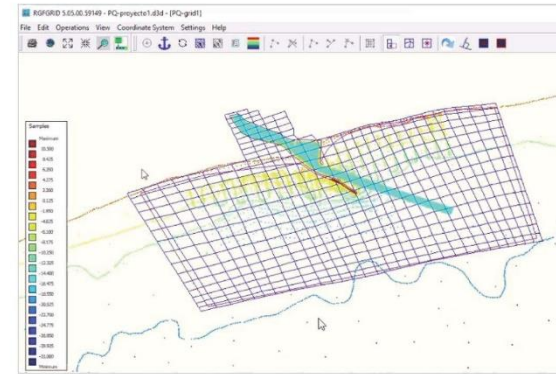


Capacitación en el uso de herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos  
Buenos Aires Provincia

### Información batimétrica – Visualización en RGFRID

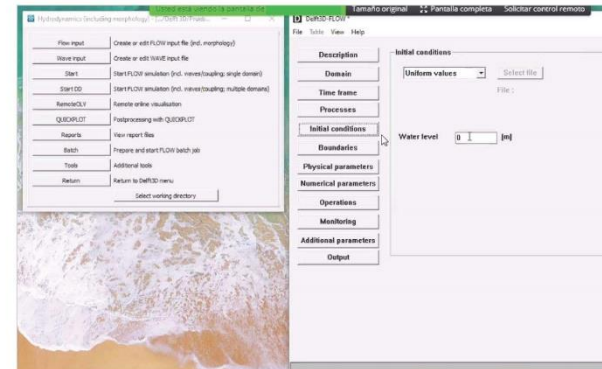


Capacitación en el uso de herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos  
Buenos Aires Provincia

### Armado del modelo en DELFT3D-FLOW



## Anexo III – PRESENTACIÓN Y MATERIAL DEL CURSO



## CURSOS DE POSTGRADO PARA LAS CARRERAS DE DOCTORADO

### HERRAMIENTAS DE MODELACIÓN NUMÉRICA PARA EL ESTUDIO DE LA DINÁMICA COSTERA

Dictado por los Ing. Mariano Re, Nicolás Tomazin, Pablo García y Lucas Bindelli (Investigadores del Laboratorio de Hidráulica del INA y docentes de la Facultad de Ingeniería de la UBA).

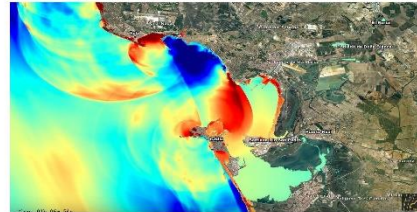
**CARGA HORARIA:**

20 horas teórico-práctico.

**CANTIDAD DE UVACs:** 1 (uno)

**FECHA DE REALIZACION:**

Tres días: 30 y 31 de octubre y 1 de noviembre de 2019



**LUGAR:**

Aulas de ADUM, calle Tomás Guido N°3256 (Mar del Plata)

**CONDICIONES:**

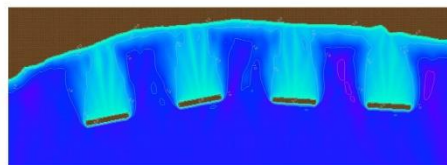
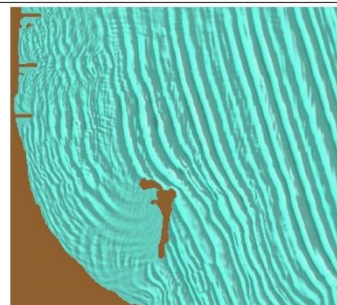
Actividad libre y gratuita destinada a la comunidad académica de la Universidad Nacional de Mar del Plata y de organismos públicos vinculados a la gestión costera. Conocimientos mínimos en obtención y procesamiento de datos oceanográficos. Asistir con notebook. Cupo 40 personas.

Curso realizado en el marco de la Asistencia Técnica "Tecnologías para la gestión costera de la Provincia de Buenos Aires" llevada a cabo por el **Laboratorio de Hidráulica del INA** con la financiación de CTCN (Climate Technology Centre & Network), organismo dependiente de UNIDO (United Nations Industrial Development Organization), junto con la Dirección Provincial de Hidráulica del Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la Pcia. de Buenos Aires y la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Para profesionales, técnicos y estudiantes de Física, Matemática, Ingeniería, Cartografía, Oceanografía, Geología, Biología, Meteorología, Gestión Ambiental, Ecología y Geografía, entre otros.

**CONTACTO:**

Dr. German R. Bertola  
Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (UNMDP) – CIC  
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - CONICET  
Tel: 0223-155-207496  
E-MAIL: gbertola@mdp.edu.ar



Curso de Posgrado – Universidad Nacional de Mar del Plata

## HERRAMIENTAS DE MODELACIÓN NUMÉRICA PARA EL ESTUDIO DE LA DINÁMICA COSTERA

### OBJETIVO:

Difundir el uso de herramientas de modelación numérica para la gestión costera. Generar capacidades locales en el uso de datos globales y regionales de variables de la dinámica costera.

### DOCENTES:

Mariano Re, Nicolás Tomazin, Pablo García y Lucas Bindelli (investigadores del Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional del Agua y docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires).

### METODOLOGÍA:

Se trabajará sobre los conceptos de la dinámica costera (hidrodinámica, sedimentología y morfología), analizando las alternativas de modelación matemática de estos procesos y evaluando las herramientas de modelación numérica de los mismos.

Se resolverá un problema con los modelos numéricos en una zona de detalle de la costa de la provincia de Buenos Aires implementando modelos con utilizando las herramientas Delft3D-FLOW, SWAN y XBeach.

### CONDICIONES PARA LA APROBACIÓN Y SISTEMA DE EVALUACIÓN Y PUNTUACIÓN:

Actividades prácticas y examen final tipo *multiple choice*.

### PROGRAMA:

MODULO 1: Procesos físicos de la dinámica costera: conceptos generales y modelación numérica.

MODULO 2: Datos para la simulación numérica de la dinámica costera.

MODULO 3: Aplicación de modelos numéricos: Delft3D-FLOW (modelo hidrodinámico), SWAN (Simulating WAVes Nearshore; modelo de propagación de oleaje espectral) y XBeach (modelo de propagación de olas, ondas largas y flujo medio, transporte de sedimentos y morfología de áreas costeras durante tormentas).

### INFORMACIÓN GENERAL:

FECHA: 30 y 31 de octubre y 1 de noviembre 2019

LUGAR: Piso 13 del Banco Provincia (Calle Córdoba y San Martín). Mar del Plata.

CARGA HORARIA: 20 horas (1 UVAC, Universidad Nacional de Mar del Plata)

ORGANIZACIÓN: Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (Universidad Nacional de Mar del Plata) y Laboratorio de Hidráulica (Instituto Nacional del Agua).

## BIBLIOGRAFÍA

Alonso, G., Dragani, W., Pérez, I., 2018. The role of meteorological tsunamis on beach erosion in the buenos aires coast: some numerical experiments. *Coastal Engineering Journal*, 60 (3), pp 299-307.

Alonso, R., Solari, S., Teixeira, L., 2018. Erosion Problem on a Fluvial Beach. The Case Study of “La Concordia” in the Uruguay River, Uruguay, South America. *Journal of Coastal Research: Special Issue 85 - Proceedings of the 15th International Coastal Symposium*: pp. 131–135. DOI: 10.2112/SI85-027.1.

Booij, N., Holthuijsen, L.H. and R.C. Ris, 1996, The SWAN wave model for shallow water, Proc. 25th Int. Conf. Coastal Engng., Orlando, USA, Vol. 1, pp. 668-676.

Camarena, R.A., 2012. Feasibility of a marina port along the Buenos Aires coast, Argentina. Delft University of Technology. *Coastal and Marine Engineering and Management (COMEM)*. Master Thesis.

Echevarría, E.R., Dragani, W.C., Wörner, S., 2019. A comprehensive study about alongshore wave energy flux in the coast of Buenos Aires, Argentina. *Journal of Coastal Conservation*, 23 (2), pp 435–443.

Kazimierski, L.D., Bindelli, L., Re, M., Badano, N. D., Sabarots Gerbec, M., 2018. Evaluación del potencial energético de corrientes de marea en el estuario del río Santa Cruz. XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Buenos Aires, Argentina, septiembre.

Lesser, G.R., Roelvink, J.A., van Kester, J.A.T.M., Stelling, G.S., 2004. Development and validation of a three-dimensional morphological model. *Coastal Engineering*, 51 (8–9), pp. 883-915.

Luteijn, J.M., 2013. Study on Sedimentation and Effects of Mitigating Measures at Port of Mar del Plata, Argentina. M.Sc. Thesis Final Report, Delft University of Technology, pp. 163.

Roelvink, D., Reniers, A., Van Dongeren, A.P., van Thiel de Vries, J., McCall, R., Lescinski, J., 2009. Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. *Coastal engineering*, 56 (11-12), pp. 1133-1152.

Solari, S., Alonso, R., Teixeira, L., 2018. Analysis of Coastal Vulnerability along the Uruguayan coasts. *Journal of Coastal Research: Special Issue 85 - Proceedings of the 15th International Coastal Symposium*: pp. 1536 – 1540. DOI: 10.2112/SI85-308.1.

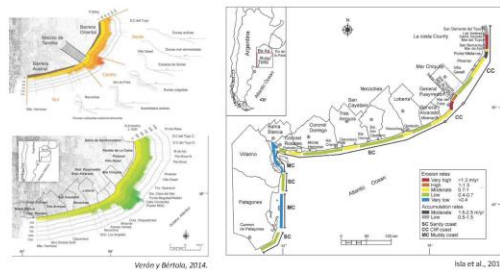
Perez I, Alonso G, Pescio A.E., Dragani, W.C., Codignotto, J.O., 2017. Longshore wave energy flux: variability and trends in the southern coast of Buenos Aires, Argentina. *Regional Studies in Marine Science* 16, pp 116-123.

Tomazin, N., Re, M., García, P.E., 2014. Caracterización del oleaje en los extremos del Tercer Juego de Esclusas del Canal de Panamá. II Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, IFRH 2014, Ezeiza, Argentina.

Actividad libre y gratuita destinada a la comunidad académica de la Universidad Nacional de Mar del Plata y de organismos públicos vinculados a la gestión costera. Actividad financiada por la Asistencia Técnica “Tecnologías para el diseño y adaptación al cambio climático de un Plan Estratégico Regional de Manejo Costero en la Provincia de Buenos Aires” requerida al Instituto Nacional del Agua (INA, Argentina) y la Universidad de la República (UdelaR, Uruguay) por el Departamento Costa Marítima de la Dirección Provincial de Hidráulica de la Provincia de Buenos Aires y coordinada por CTCN (Climate Technology Centre & Network), organismo dependiente de UNIDO (United Nations Industrial Development Organization).



Costa oceánica bonaerense



Asistencia Técnica

Tecnologías para el diseño de un plan regional estratégico para el manejo costero y adaptación al Cambio Climático en la Provincia de Buenos Aires





**Asistencia Técnica**

**Producto 2: Revisión y actualización de las herramientas tecnológicas utilizadas durante 2013 para la evaluación de la inversión en infraestructura sostenible en la región costera de la provincia Buenos Aires.**

Actividad 2.1: Compilación de experiencias internacionales relativas al diseño y análisis de riesgo de infraestructura costera. Revisión y análisis del estado del arte de planes y estudios realizados en diferentes áreas costeras en el marco de la evaluación del riesgo costero.

Actividad 2.2: Revisión y actualización de las herramientas tecnológicas disponibles. Evaluación del software existente para realizar las simulaciones y análisis del estado del arte respecto de la modelación numérica de este tipo de problemas.

Entregables 2:  
 D2.1 - Documento resumiendo las experiencias internacionales y las recomendaciones para la costa de Buenos Aires (en español y en inglés)  
 D2.2 - Listado de modelos numéricos e instrumental vinculado a la problemática costera de la provincia de Buenos Aires (en español)  
 D2.3 - Documento en donde se identifiquen las necesidades y recomendaciones para la actualización de las herramientas tecnológicas (en español)

**Producto 3: Desarrollo de una base de datos estructurada para la costa de la provincia de Buenos Aires**

Actividad 3.1: Diseño de la base de datos. Estructuración de los datos de las distintas variables que hacen a la dinámica costera en una base de datos fácilmente accesible y amigable.

Actividad 3.2: Taller de validación. Encuentro con los actores y tomadores de decisión para compartir la recopilación de información y análisis de estado del arte realizado.

Entregables 3:  
 D3.1 - Informe explicando la estructura de la base de datos (en español)  
 D3.2 - Informe sobre el taller de validación (en español)



**Asistencia Técnica**

**Producto 4: Análisis del impacto del cambio y la variabilidad climática en la dinámica marina de la costa de la provincia de Buenos Aires**

Actividad 4.1: Análisis histórico de la dinámica costera. Análisis estadístico de las variables que hacen a la dinámica costera.

Actividad 4.2: Proyecciones de cambio climático. Evaluación de escenarios plausibles para la costa de la provincia de Buenos Aires. Estimar cambios posibles introducidos por el Cambio Climático en los principales forzantes del problema

Actividad 4.3: Análisis de alta resolución de impactos y riesgo en zonas piloto de la costa marítima de la provincia de Buenos Aires. Modelación numérica de detalle de sitios específicamente determinados por su importancia en el sistema.

Entregables 4:  
 D4.1 - Análisis histórico de la dinámica costera (en español)  
 D4.2 - Informe sobre proyecciones de cambio climático (en español)  
 D4.3 - Informe sobre los posibles impactos de erosión e inundaciones en la costa de la provincia de Buenos Aires (en español)  
 D4.4 - Informe sobre la metodología y los criterios aplicados (en español)

**Producto 5: Transferencia tecnológica**

Actividad 5.1: Desarrollo de material de capacitación. Redacción de un documento con lineamientos básicos que sirva como insumo para la planificación costera.

Actividad 5.2: Capacitación. Taller de transferencia de los modelos numéricos desarrollados durante la asistencia técnica.

Entregables 5:  
 D5.1 - Atlas de Riesgo e Impactos sobre la costa (en español e inglés)  
 D5.2 - Manual de Manejo Costero (en español)  
 D5.3 - Material para los cursos de capacitación (en español)

**Producto 6: Monitoreo y evaluación**

Actividad 6.1: Monitoreo y evaluación. Elaboración de un plan de monitoreo y evaluación con indicadores específicos y medibles.

Entregables 6:  
 D6.1 - Descripción de una página de los resultados previstos y los impactos de esta asistencia técnica, redactada al inicio de la implementación y revisada al cierre (en inglés)  
 D6.2 - Informe de cierre e información interno (en inglés)  
 D6.3 - Plan de monitoreo y evaluación (en inglés)



**Asistencia Técnica**

		SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	NOV
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																
OK	OUTPUT																
	ACTIVITIES																



**Revisión del estado del arte**

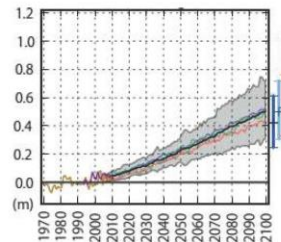
- Riesgos costeros asociados al Cambio Climático.
- Análisis de metodologías de análisis del riesgo costero.
- Herramientas de modelación y observación de estas problemáticas.
- Análisis de planes de manejo costeros particulares.



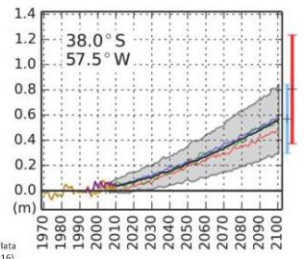


### Revisión del estado del arte

Riesgos costeros asociados al Cambio Climático



Aumento del nivel medio del mar regional para Mar del Plata (IPCC, 2013).



Aumento del nivel medio del mar en Mar del Plata (Carson et al., 2016).



### Revisión del estado del arte

Herramientas de modelación y observación de estas problemáticas

#### MODELOS NUMÉRICOS

Herramientas esenciales para **cuantificar** riesgos asociados a diferentes amenazas en la gestión costera como así también para analizar el impacto de obras de infraestructura y diferentes escenarios futuros (especialmente asociados al Cambio Climático).

- Modelos hidrodinámicos
- Modelos sedimentológicos
- Modelos morfológicos



#### OBSERVACIÓN

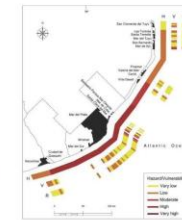
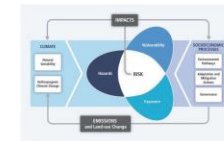


### Revisión del estado del arte

Análisis de metodologías de análisis del riesgo costero

Ampliamente utilizados en la gestión y manejo de zonas costeras. Los mismos sirven para cuantificar riesgos asociados a diferentes amenazas y dar prioridad de intervención a las zonas más expuestas.

1. Sistema DESYCO para la evaluación de impactos de cambio climático
2. Sistema CHW (Coastal Hazard Wheel)
3. Modelo Nacional de Propiedad Costera (NCPM).
4. Análisis mediante Decisiones de Criterios Múltiples
5. Proceso Analítico Jerárquico
6. Índices de Vulnerabilidad



Merlotto et al., 2017



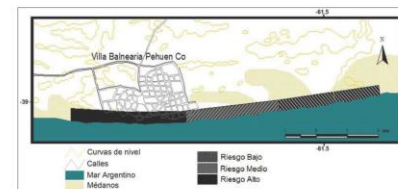
### Revisión del estado del arte

Análisis de planes de manejo costeros particulares



Estudios y proyectos regionales y nacionales

Estudios y proyectos internacionales, regionales y nacionales



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Nuevos datos y análisis

- Generación de nuevos datos.
- Base de datos accesible.
- Nuevos modelos para la región.
- Análisis de la dinámica costera.





Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**FORZANTES DEL SISTEMA COSTERO** Mareas, ondas de tormenta, oleaje y corrientes inducidas.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**FORZANTES DEL SISTEMA COSTERO** Mareas, ondas de tormenta, oleaje y corrientes inducidas.

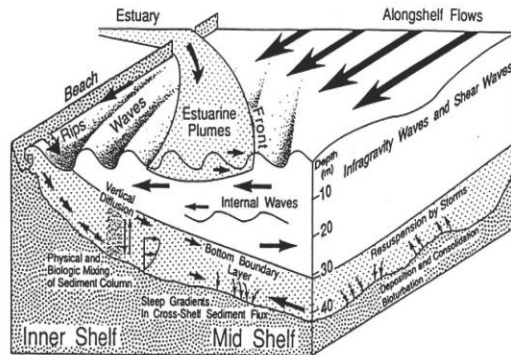


Figure 3.1.1 Hydrodynamic processes in the coastal zone (after Wright et al, 1994)

Los procesos físicos de corto plazo que actúan sobre las costas incluyen olas, mareas, y las corrientes generadas por ambas, a través de las cuales ingresa la mayor energía del sistema, y son las que generan la modificación de la costa a través del transporte, erosión y deposición de sedimentos.

Las ondas son perturbaciones de un determinado fluido a través de las cuales se mueve la energía.

Nos interesan las ondas que viajan en la superficie del océano, en la interfase entre el agua y la atmósfera.

El oleaje o las ondas son fluctuaciones del nivel del mar acompañadas de corrientes locales, aceleraciones y fluctuaciones de presión.

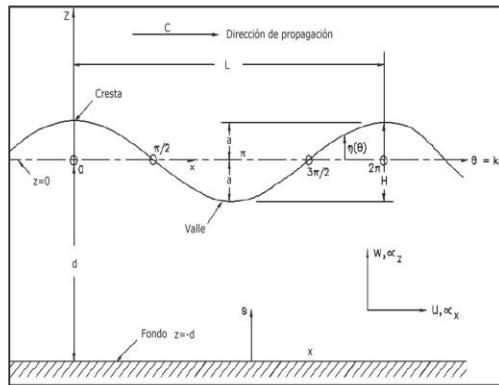
**Procesos hidrodinámicos principales en la zona costera:**

1. Ondas inducidas por marea y por viento
2. Corrientes inducidas por marea, vientos, densidad y oleaje

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**FORZANTES DEL SISTEMA COSTERO** Mareas, ondas de tormenta, oleaje y corrientes inducidas.

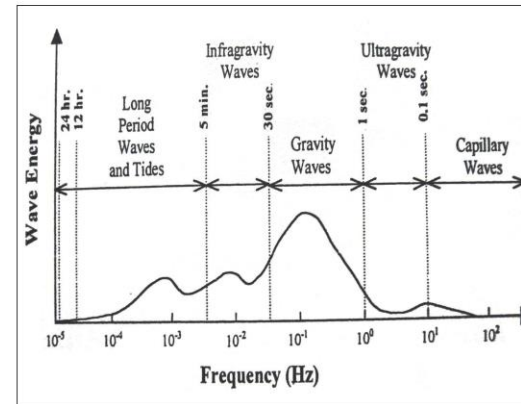
**ONDA SINUSOIDAL:**



Modificado del Coastal Engineer Manual (CEM)

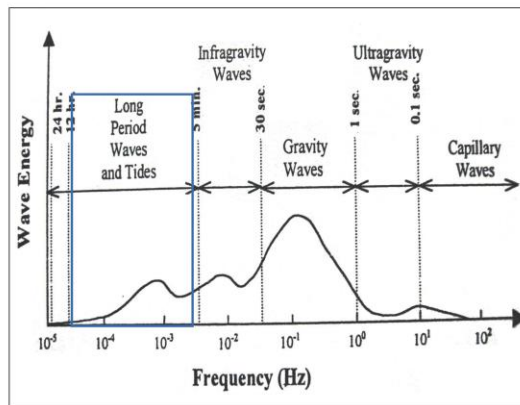
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Clasificación de las ondas según la frecuencia (Kamphuis, 2000).**



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**ONDAS LARGAS**



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Fenómeno de las Mareas**

- La **marea astronómica** se define como el conjunto de movimientos regulares de ascenso y descenso del nivel del mar con períodos próximos a las 12 o 24 horas que se producen por **efectos gravitacionales del sistema Tierra-Luna-Sol**.
- La amplitud de este movimiento de ascenso-descenso **depende del lugar** de la Tierra que se considere.
- Mientras que en la mitad del océano la amplitud de la marea es del orden de los 50 cm, esta oscilación toma especial relevancia cuando **se amplifica** por efecto de las fronteras: fondo, línea de costa, bahías, estuarios, etc, llegando a producir variaciones del nivel de hasta 15 m como sucede en la bahía de Fundy (Canadá).
- Sumada a la marea astronómica existe una **componente meteorológica** (dependiente del viento y la presión atmosférica) que puede tener efectos locales muy importantes.



El dato de nivel del mar: variables

$$X(t) = Z_0(t) + M(t) + R(t)$$

- $X(t)$ : nivel del mar en el instante  $t$
- $Z_0(t)$ : nivel medio (variación lenta, escala de años)
- $M(t)$ : variación periódica (marea astronómica)
- $R(t)$ : variación no periódica (marea meteorología)

$$X(t) = Z_0(t) + M(t) + R(t)$$



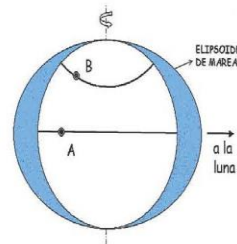
Marea astronómica

Causa: atracción gravitatoria del Sol y la Luna

Elipsoide debido a la atracción Lunar

• Debido a la atracción del Sol se obtiene un elipsoide de marea similar. Sin embargo, dado que el Sol se ubica mucho más alejado de la Tierra y a pesar de tener una masa mucho mayor a la de la Luna, el efecto del Sol sobre la marea corresponde a 0.46 veces el efecto de la Luna

• La influencia del resto de los planetas es despreciable

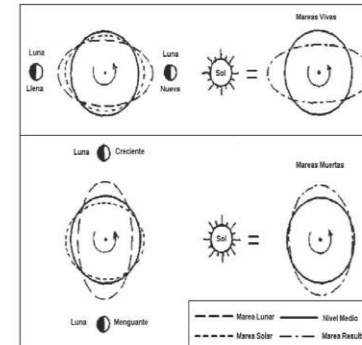


Superficie de equilibrio (Teoría de Newton)

Marea astronómica

• Cuando la Luna y el Sol están alineados (luna llena y luna nueva), sus fuerzas se suman y se producen mareas de mayor intensidad denominadas mareas vivas o mareas de sизigia.

• En fase de cuarto menguante o cuarto creciente, los tres astros se encuentran formando un ángulo recto y los elipsoides se cancelan parcialmente. En este caso las mareas son menos pronunciadas y se denominan mareas muertas o de cuadraturas.



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Predicción de la Marea: Componentes armónicas

Tabla 1: Principales componentes de la marea astronómica

Nombre	Símbolo	Período (h)
Lunar principal	M2	12.42
Solar principal	S2	12.00
Elíptico Lunar mayor	N2	12.66
Semidiurno Lunar-Solar	K2	11.97
Solar elíptico mayor	T2	12.01
Solar elíptico menor	L2	12.19
Elíptico lunar 2ª orden	2N2	12.91
Diurno Lunar-Solar	K1	23.93
Diurno Lunar principal	O1	25.82
Diurno Solar principal	P1	24.07
Elíptico Lunar mayor	Q1	26.87
Elíptico Lunar menor	M1	24.84
Quincenal Lunar	Mf	327.9
Mensual Lunar	Mm	661.3
Semi-anual Solar	Sfa	4383

#### Análisis armónico:

Determinación de componentes principales a partir de un registro de al menos 30 días

$$h = S_0 + \sum_{i=1}^n h_i \cos(w_i t + \alpha_i)$$

- El nivel de la marea  $h(t)$  es calculado como la sumatoria de ondas armónicas con distinta fase y amplitud.
- Esas fases y amplitudes son únicas en cada lugar de registro.

#### Componentes más importantes:

- M2: atracción gravitacional de la Luna
- S2: atracción gravitacional del Sol
- N2: cambios en la distancia Tierra-Luna
- K1, O1, P1: cambios en la declinación del plano Tierra-Luna-Sol

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Resultado del análisis armónico de la marea

#### Determinación de componentes

Componente	Observada		Componente	Observada	
	Amplitud	Fase		Amplitud	Fase
M2	0.2701	211.8	M2	0.3466	212.7
K1	0.1034	33.8	K1	0.1615	124.1
S2	0.0461	310.4	S2	0.0553	281.8
O1	0.1425	220.4	O1	0.1812	33.7
M4	0.0247	321.4	M4	0.0360	358.5
N2	0.1000	167.6	N2	0.1004	174.5
Q1	0.0361	176.3	Q1	0.0388	357.1
P1	0.0268	34.7	P1	0.0442	105.5
K2	0.0169	337.5	K2	0.0206	293.7

Buenos Aires

Mar del Plata

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



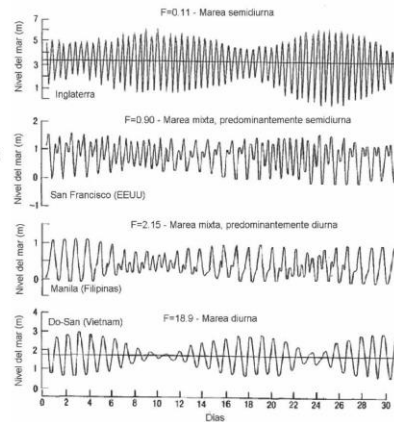
### Clasificación de las Mareas

$F$  = Factor de Forma  
(cociente entre amplitudes diurnas y semidiurnas)

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2}$$

De acuerdo a este parámetro se puede hacer la siguiente clasificación:

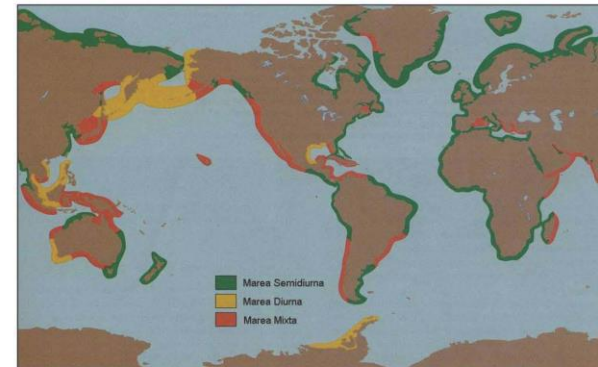
- $F = 0-0.25$  marea semidiurna
- $F = 0.25 -1.5$  marea mixta, predominantemente semidiurna
- $F = 1.5 - 3.0$  marea mixta, predominantemente diurna
- $F > 3.0$  marea diurna



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Clasificación de las Mareas



Clasificación de las zonas costeras en base al factor de forma de la marea astronómica

### Marea meteorología



Consiste en ondas que viajan desde aguas profundas generadas por tormentas y perturbaciones atmosféricas en la plataforma oceánica



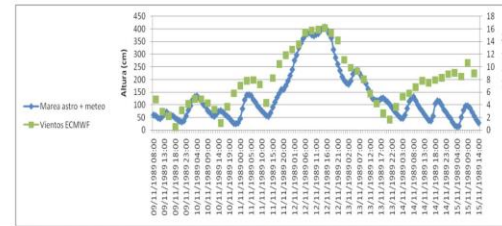
- Duración: horas a días
- Magnitud: decenas de cm a varios metros
- Mayores en latitudes altas y aguas someras
- Procesos de inundación y de erosión



Presión atmosférica, viento y oleaje producen variaciones de nivel del mar durante una temporal

### Marea Meteorológica: Ejemplo sudestadas

Registro de niveles en el puerto de Buenos Aires. Dato real medido por mareógrafo



**PUERTO DE BUENOS AIRES (Marisma P)**

Cuota algarrifa: 0.0 m

Lat.: 34° 34' S Long.: 58° 22' W

Nivel MSL + 0

Regimen de mareas: Marea perpendicularmente semi-diurna

Establecimiento de puerto medio: 47° 22"

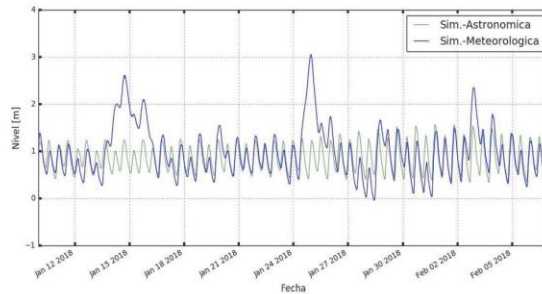
Nivel medio 0.70 m

Las alturas están referidas al plano de reducción que coincide con el caso del Rihachulo y para 0.70 m de lago del nivel medio.

Mareas en mareas vivas al plano de reducción, correspondientes a la posición 2100		Mareas en mareas muertas al plano de reducción, correspondientes a la posición 2100	
Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo
1.48	1.08	0.24	0.47
1.05	0.65	0.15	0.41

Marea Meteorológica aprox + 2.5 m

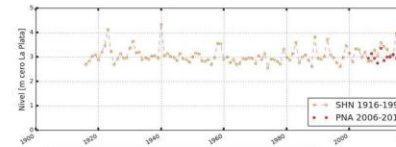
### Niveles en Puerto de La Plata: Enero 2018



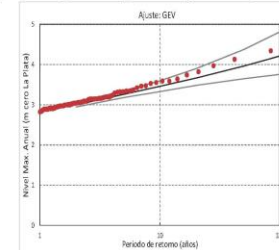
Diferencias entre marea predicha y marea medida:

- Buenos Aires = 80 % del tiempo
- Mar del Plata = 35 % del tiempo
- Puerto Madryn = 2 % del tiempo
- Puerto Deseado = 1 % del tiempo

### Análisis de Niveles extremos para el Puerto de La Plata



Datos: Serie de valores máximos anuales de N (m) para el período 1916-2017

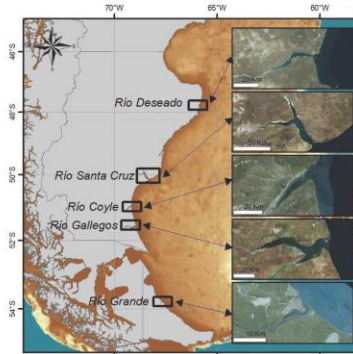


Resultado del ajuste mediante GEV junto con intervalos de confianza del 5%. Valores N (m)

Tr (años)	CI 2.5%	Nmax	CI 97.5%
2	2.95	2.99	3.06
5	3.18	3.26	3.35
10	3.33	3.46	3.59
20	3.48	3.67	3.90
50	3.65	3.97	4.37
100	3.76	4.21	4.81

AJUSTE DE EXTREMOS MEDIANTE FUNCIÓN GEV JUNTO CON INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 5%

### Modelación de la marea - Caso de aplicación: Estuarios patagónicos

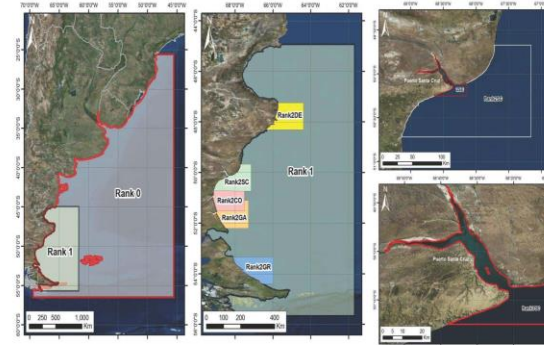


Evaluación del potencial energético mediante modelación numérica

#### ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Estuario	Rio Grande	Rio Gallegos	Rio Coyle	Rio Santa Cruz	Rio Deseado
Dimensiones aproximadas	4 x 0.3 km	35 x 3 km	20 x 1 km	40 x 5 km	25 x 2 km
Ancho de boca	400 m	4000 m	4600 m	2100 m	1200 m
Amplitud media 2016	5.60 m	8.37 m	7.70 m	8.11 m	3.68 m
Amplitud máxima 2016	8.53 m	13.03 m	-	12.65 m	5.77 m
Descarga fluvial significativa	NO	NO	NO	SI	NO
Infraestructura cercana	SI	SI	NO	SI	SI
Potencial energético (Estimaciones de energía mareomotriz)	140 MW	1900 MW	159 MW	2420 MW	180 MW

### Confeción del Modelo Numérico



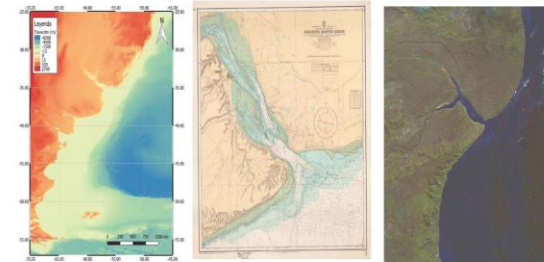
- Estrategia de modelación: modelos anidados
- Condición forzante: Modelo global de Mareas FES 2014

### Confeción de un Modelo Numérico

Rank 0		Rank 1		Rank 2		Rank 3	
Grilla	M N	Grilla	M N	Grilla	M N	Grilla	M N
Elementos de grilla	241 316	Elementos de grilla	238 322	Elementos de grilla	535 285	Elementos de grilla	630 384
Cantidad total	48,426	Cantidad total	57,845	Cantidad total	100,307	Cantidad total	44,430
Dimensiones	M N	Dimensiones	M N	Dimensiones	M N	Dimensiones	M N
Mínima	10,048 11,131	Mínima	2,093 3,711	Mínima	251 412	Mínima	88 137
Máxima	6,047 11,131	Máxima	3,627 3,711	Máxima	267 412	Máxima	89 137
Profundidades (m)		Profundidades (m)		Profundidades (m)		Profundidades (m)	
Mínima	-633	Mínima	-844	Mínima	-112	Mínima	-89
Máxima	6,595	Máxima	4,443	Máxima	118	Máxima	37
Paso temporal adoptado	5.00	Paso temporal adoptado	1.00	Paso temporal adoptado	0.50	Paso temporal adoptado	0.25
Coeficiente de estratificación de estuario		Coeficiente de estratificación de estuario		Coeficiente de estratificación de estuario		Coeficiente de estratificación de estuario	
ED	No aplica	ED	No aplica	ED	No aplica	ED	10 Bien mezclado

Datos de la discretización del área modelada

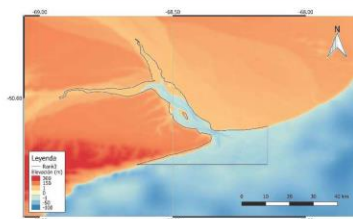
### Representación de la profundidades



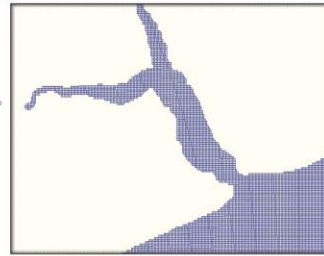
Fuentes de información disponible para la representación batimétrica del área de estudio

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Confección del Modelo Numérico



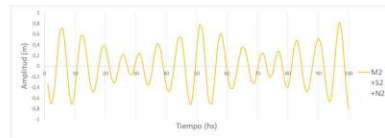
Mapa digital del terreno en el área de modelación



Grilla de cálculo para DELF3D

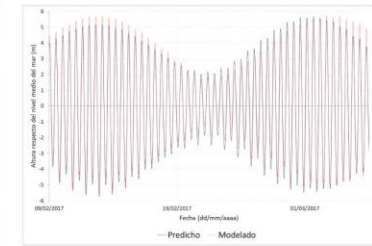
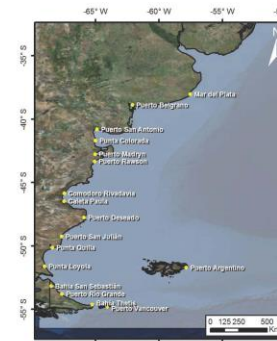
Nombre	Simbolo	Periodo (h)
Lunar principal	M2	12.42
Solar principal	S2	12.00
Elíptico Lunar mayor	N2	12.66
Semidiurno Lunar Solar	K2	11.97
Solar elíptico mayor	T2	12.01
Solar elíptico menor	L2	12.19
Elíptico lunar 2º orden	2N2	12.91

Forzante: Componentes de marea



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Resultado de la modelación y validación



ECM	Desead0	San Julían	Loyola	Quilla	R2	Desead0	San Julían	Loyola	Quilla
Rank0	0.094	0.296	0.406	0.373	Rank0	0.971	0.945	0.957	0.957
Rank1	0.080	0.251	0.415	0.223	Rank1	0.975	0.951	0.957	0.975
Rank2	-	-	-	0.438	Rank2	-	-	-	0.949
Rank3	-	-	-	0.316	Rank3	-	-	-	0.963

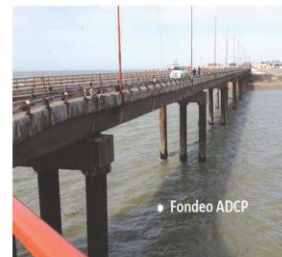
Comparación de niveles de marea reproducidos por el modelo contra valores de predicción del Servicio de Hidrografía Naval (Tablas de Marea SHN) en puertos de la región

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Validación de resultados mediante mediciones de campo



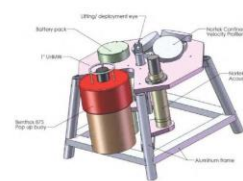
Sector de fondeo ADPC – Muelle Punta Loyola. Fuente imagen de fondo: Google Earth.



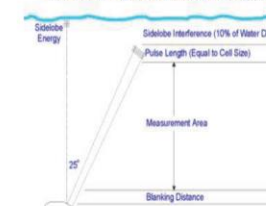
Sector de fondeo ADPC – Muelle Punta Loyola. Fuente: Relevamiento Fotográfico.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

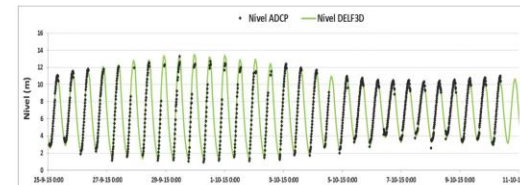
### Water Column Profile and Boundary Interference



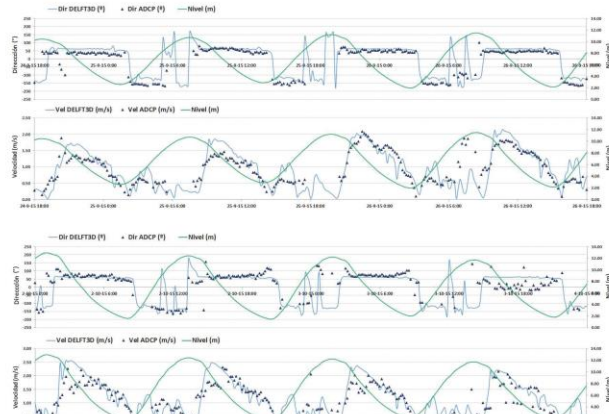
Componentes del ADCP. Fuente: Manual ADCP Nortek Continental.



Regiones esquemáticas de medición. Fuente: Manual ADCP Nortek Continental.

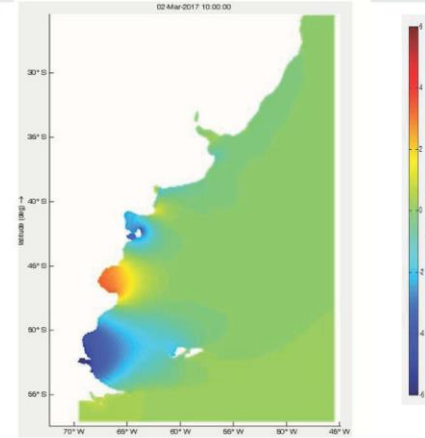


Comparación de niveles medidos y resultados del modelo. Fuente: Procesamiento de datos ADCP y resultados modelo

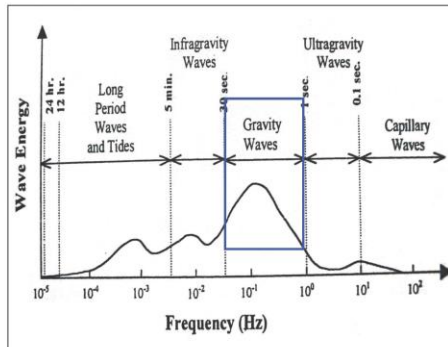


Comparación de velocidades/direcciones medidas y resultados del modelo

Animación con resultados del Modelo Numérico



Oleaje



Generación de olas por viento

Las olas ganan su energía y cantidad de movimiento de los vientos que soplan constantemente sobre enormes extensiones de océanos.

La transferencia física de energía desde el viento a la onda es un proceso complejo.

La altura y el período del oleaje dependen de:

- La velocidad del viento.
- La duración del viento.
- El fetch (distancia sobre la cual sopla el viento directamente sobre el agua).
- La profundidad del área.



### Generación de olas por viento

- En **cuerpos de agua pequeños** el oleaje estará **limitado** por el fetch o por la duración del viento.

Existen métodos simplificados que a partir del viento determinan los parámetros del oleaje, altura y período.

Se calcula la altura (H) y el período del oleaje (T) a partir del fetch (F), duración de la tormenta y profundidad del agua en el área de generación.

- En el **océano profundo** se pueden suponer **ilimitados** la profundidad, la duración del viento y el fetch, y el oleaje está limitado únicamente por la intensidad del viento.

El oleaje resultante de ese cálculo se denomina **mar completamente desarrollado**.

### Método SMB: Expresiones para aguas profundas

#### Olas limitadas por distancia de generación

$$\frac{gH_{m_0}}{U_A^3} = 1.6 \times 10^{-3} \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2}$$

$$\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3}$$

#### Olas limitadas por duración

$$\frac{gF}{U_A} = 6.88 \times 10^1 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{3/2}$$

#### Mar completamente desarrollado

$$\frac{gH_{m_0}}{U_A^2} = 2.433 \times 10^{-1}$$

$$\frac{gT_m}{U_A} = 8.134 \quad \frac{gF}{U_A} = 7.15 \times 10^4$$

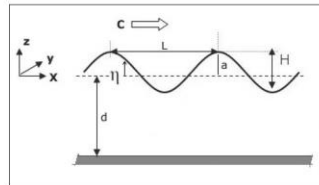
### Teoría Ondas Pequeña Amplitud

$$\eta = a \cos(kx - \omega t) = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}\right)$$

- a** amplitud de la onda
- x** distancia en la dirección de propagación de la onda
- t** es el tiempo
- k** número de onda
- w** frecuencia angular de la onda
- L** longitud de onda
- T** período onda

$$T = 2\pi/\omega$$

$$k = 2\pi/L$$



Celeridad de la onda:  $C = \frac{L}{T}$

**Aguas profundas:**  $C_0 = \frac{gT}{2\pi} = \frac{9.8}{2\pi} T = 1.56T \text{ m/s}$

$d/L > 0.5$   
 $L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9.8}{2\pi} T^2 = 1.56T^2 \text{ m}$

**Aguas poco profundas:**  $d/L < 0.05$   
 $C = \sqrt{gd}$

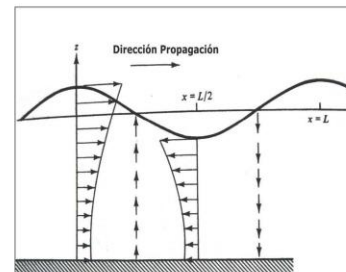
**Ecuación de Dispersión:** Expresión que relaciona la celeridad de la onda con la longitud de onda y la profundidad.

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$$

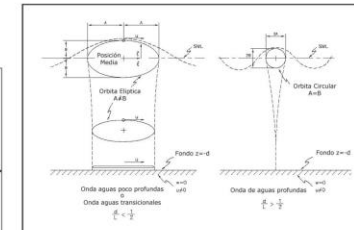
### Teoría Ondas Pequeña Amplitud

#### Campo de velocidades:

Estas ondas generan un campo de velocidades periódico en el espacio y en el tiempo en la dirección de propagación.



#### Traectoria de partículas: movimientos orbitales



Modificado del Coastal Engineer Manual (CEM)

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Transformación de olas

Que pasa con las ondas cuando viajan de aguas profundas a aguas poco profundas (someras).?

Cuando  $d/L < 0.5$  la interacción entre las ondas y la morfología de fondo actúa modificando, transformando y filtrando las ondas incidentes.

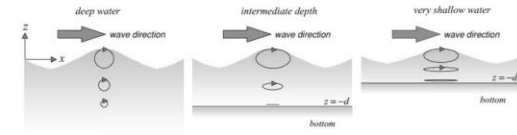
El análisis de transformación de ondas refiere a cambios en:

- Altura de ola H
- Celeridad de la onda C
- Longitud de la onda L
- Angulo entre la onda y los contornos batimétricos  $\alpha$ .

El periodo (T) de la onda se mantiene constante.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Propagación del oleaje



Procesos de transformación del oleaje:

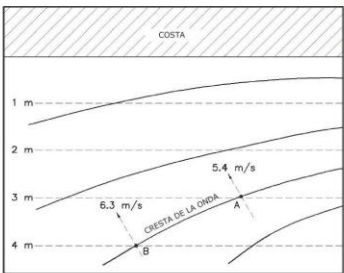
- Asomeramiento
- Refracción
- Difracción
- Reflexión
- Disipación



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

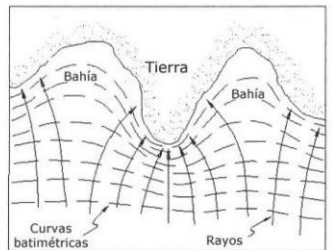
### Transformación de olas

REFRACCION: Es la transformación de la onda como resultado de los cambios de profundidad.



Se asume que no hay transferencia de energía a través de los rayos.

La cresta de la onda tiende a ponerse paralela a las líneas batimétricas

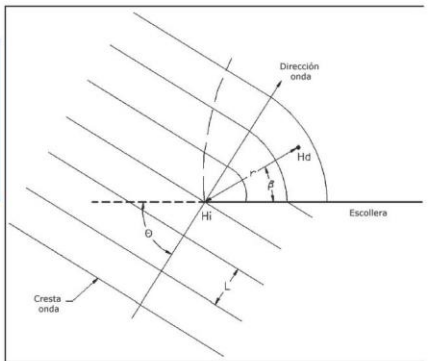


Modificado del Coastal Engineer Manual (CEM)

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

DIFRACCION: Es la transferencia de energía a lo largo de la cresta de la ola.

Se refiere a cambios en la ola por obstrucciones o cambios abruptos del fondo.  
Se da principalmente en los puertos y áreas con estructuras costeras.



**REFLEXIÓN:** Las ondas incidentes pueden reflejarse en puntas rocosas, playas, bancos, barras, embarcaderos, muros costeros, etc.

**La reflexión depende mucho de la estructura:** En una estructura vertical la fracción de energía de onda reflejada puede ser muy grande.

Para estructuras permeables o con suaves pendientes la reflexión puede ser mucho menor, con una amplitud y fase de la onda reflejada distinta a la de la onda incidente.

En las playas la reflexión depende del perfil de la playa (pendiente).

**ASOMERAMIENTO:** Cuando la ola se aproxima perpendicular a los contornos batimétricos, por la disminución de la profundidad hay una transferencia de energía cinética a potencial y como consecuencia disminuye la longitud de onda y **aumenta la altura de ola**.

**FRICCIÓN:** Cuando  $d/L$  es menor a 0.25 las fuerzas friccionales del fondo afectan al movimiento de la onda generando pérdida de energía y **disminución de la altura de la ola**.

### Momentos del espectro y parámetros característicos del oleaje

Expresión discreta para el cálculo de momentos

$$m_n = \sum_i f_i^n B(f_i) \Delta f$$

Momentos de distinto orden

$$m_0 = \sum_i B(f_i) \Delta f$$

$$m_1 = \sum_i f_i B(f_i) \Delta f$$

$$m_2 = \sum_i f_i^2 B(f_i) \Delta f$$

$$m_4 = \sum_i f_i^4 B(f_i) \Delta f$$

Parámetros fundamentales del oleaje

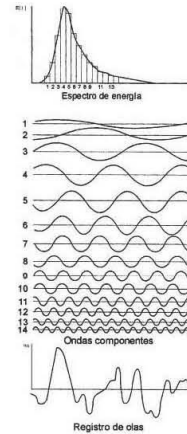
$$H_{m0} = 4\sqrt{m_0} \quad \text{altura significativa}$$

$$T_z = \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad \text{periodo medio (cruce por ceros)}$$

$$T_c = \sqrt{\frac{m_4}{m_2}} \quad \text{periodo medio (entre crestas)}$$

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}} \quad \text{ancho espectral}$$

### Representación espectral del oleaje



Serie de Fourier para la representación del registro

$$\eta(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)$$

Espectro de densidad de energía

$$B(f) = \frac{1}{T} \left| \sum_{n=0}^{\infty} \eta(n\Delta t) \exp(2\pi i n \Delta t) \Delta t \right|^2$$

Expresión para el cálculo de momentos del espectro

$$m_n = \int f^n B(f) \Delta f$$

### CLASIFICACION OLAJE

Distinguimos dos tipos:

**Sea:**

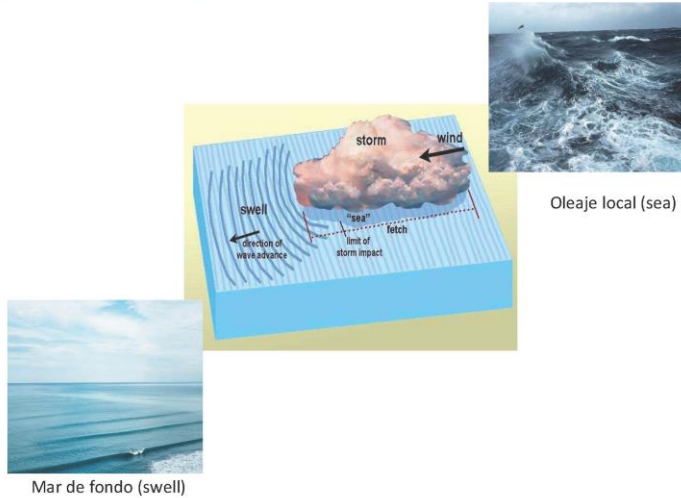
El oleaje tipo sea son olas que actualmente en ese lugar están recibiendo energía del viento local.

Se observa un amplio rango de alturas y períodos de olas. Se propagan aproximadamente según la dirección del viento.

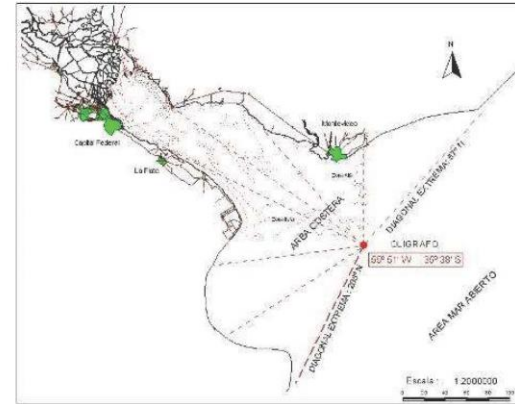
**Swell:**

El oleaje tipo swell es el generado por vientos que actuaron en zonas lejanas al lugar.

No reciben directamente energía del viento sino que provienen de aguas profundas donde se formaron y están dispersando esa energía a través de su propagación.



Medición del oleaje - Ubicación del ológrafo en el límite exterior del río de a Plata

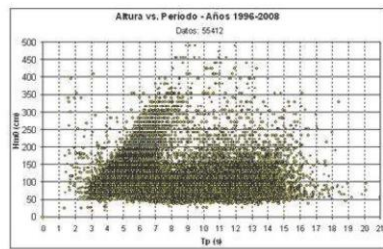


Identificación del tipo de oleaje: Selección de la frecuencia de corte

- Frecuencia de corte variable (Hanson y Phillips, 2001):

$$f_p \geq \frac{g}{2\pi K U_{10}^2 \cos^2 \delta} \quad (\text{depende de las características del viento})$$

- Frecuencia de corte fija: se determina a partir del análisis de gráficos de dispersión.

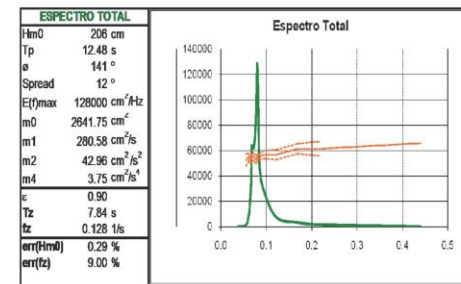


Valor adoptado

$$T_p = 6 \text{ seg} \Rightarrow f_p = \frac{1}{T_p} = 0,167$$

Ejemplo: Espectro típico de swell

- Fecha y hora de registro: 24/09/06 8:00 hs
- Características del viento: W=10.4 km/h Dir=42° (NE)

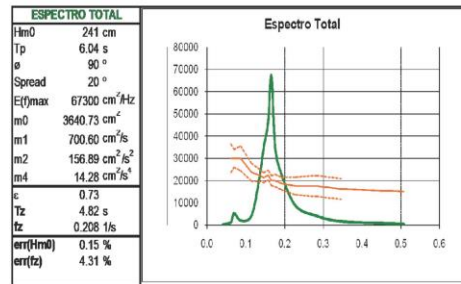


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Ejemplo: Espectro típico de wind sea

- Fecha y hora de registro: 27/07/06 7:30 hs
- Características del viento: W=35.0 km/h Dir=105° (E-ESE)

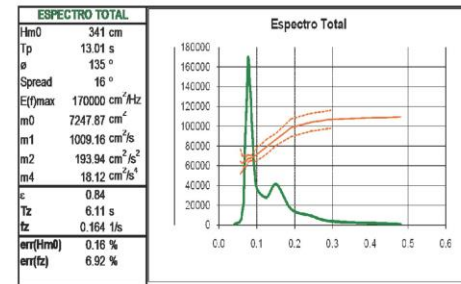


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Ejemplo: Espectro típico de oleaje combinado

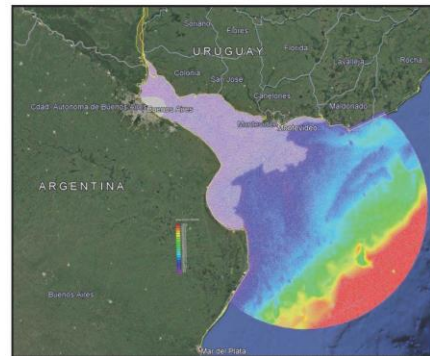
- Fecha y hora de registro: 04/09/06 4:20 hs
- Características del viento: W=44.3 km/h Dir=180° (S)



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Caso de estudio de Propagación de olas en áreas extensas para la caracterización del clima de olas en el acceso al puerto de Buenos Aires



Malla de cálculo para la aplicación del modelo SWAN(elementos triangulares de dimensiones variables)

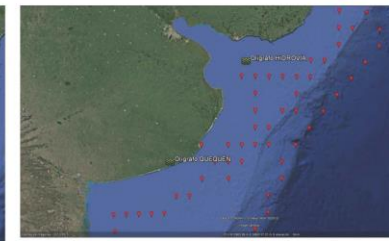
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Información de base para la modelación



Campo de vientos para el área de modelación ECMWF

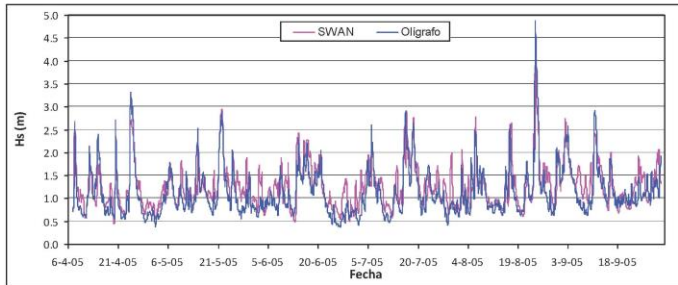


Datos de Oleaje: Nodos IFEMER

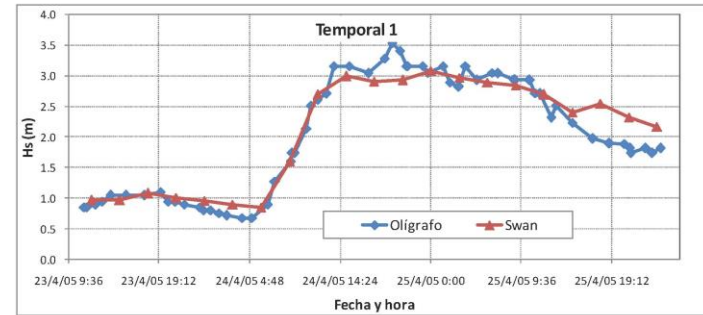


Ubicación de olifrago y datos de modelo global de oleaje

Validación y calibración del modelo: comparación de resultados SWAN con datos medido en el olígrafo



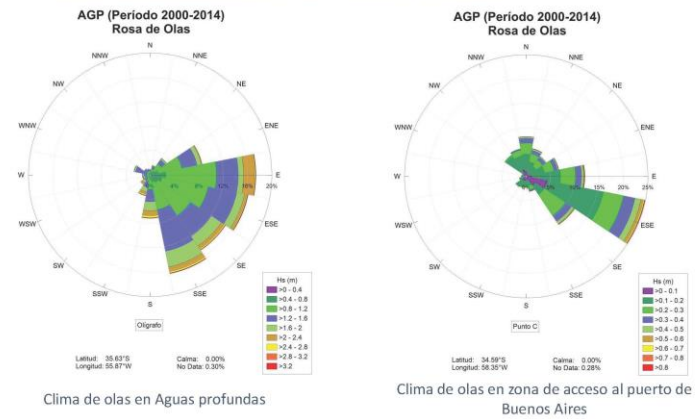
Capacidad del modelo para reproducir eventos de temporal



Resultados de la modelación: Distribución de alturas de ola n entorno del puerto para un escenario determinado



Resultados de la modelación de la propagación del oleaje: Análisis estadístico de la información generada



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Estudio de agitación por oleaje en el Puerto de Rawson

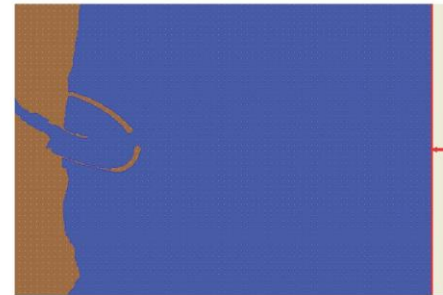


Predominio de procesos de difracción + refracción + reflexión

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Estudio de agitación por oleaje: área de modelación reducida



- Totalidad del área modelada
- Bordes oceánicos
- Bordes interiores
- Borde de generación del oleaje

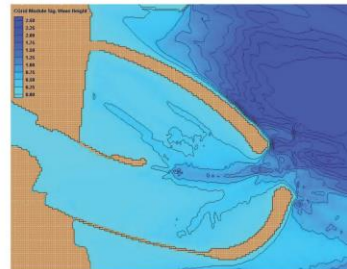
Modelo numérico Bouss-2D)

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Resultados de la modelación

Escenario:  $H_s=2.75$  m;  $T_p=7$  s;  $N=1.12$  m; Dir E

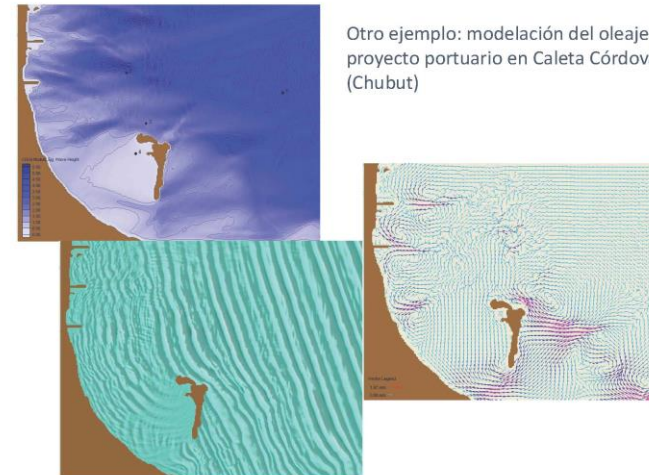


- Distribución de campo de alturas de ola en toda el área modelada
- Diferencias entre resultados para olas locales y olas oceánicas
- Mayor capacidad de penetración en el puerto para olas oceánicas.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Otro ejemplo: modelación del oleaje para proyecto portuario en Caleta Córdova (Chubut)

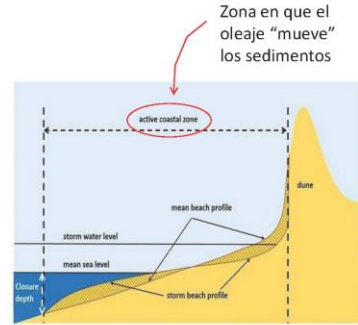




### Definición de playa

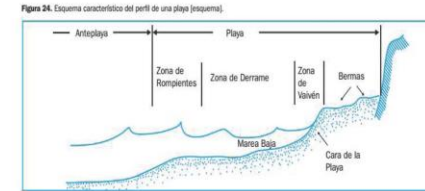
#### Playas

Una playa, es un ambiente de transición terrestre - marino, condicionado por el continuo transporte de arena entre el mar y las dunas generado por el oleaje y el viento. La playa se puede definir como la zona de sedimento no consolidado (sedimento suelto, en general arena) que se extiende desde la zona más alta que alcanza el oleaje en temporal hasta la profundidad en donde el oleaje ya no produce movimientos del sedimento.



### Definición de elementos de la playa

Se definen distintas zonas según los procesos asociados al oleaje: 1) **anteplaya**, en donde las olas llegan con distinto grado de afectación pero aún no se produce la rotura del oleaje, 2) zona de **rompientes**, en donde se produce la rotura del oleaje, 3) una zona de **derrame o desizamiento**, donde el oleaje se propaga ya roto y continúa disipando energía en la medida que continúa el descenso de la profundidad, 4) una zona de **vaivén**, donde se produce el ascenso y descenso del agua sobre la **cara de playa**, y 5) una zona de **bermas**, producto de los distintos niveles de mar alcanzados (Figura 24).



Fuente: Gutiérrez-Estrada y Montaña, Ley (1986). Recuperado de: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1987-1/articulo258.html>



### Procesos de transformación del oleaje

#### • Rotura

Figura 24. Esquema característico del perfil de una playa (esquema).



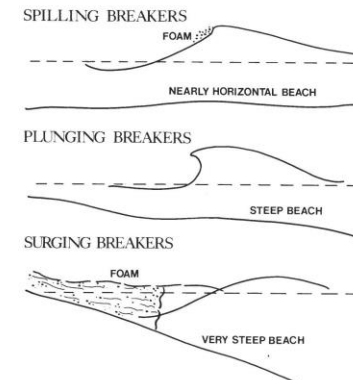
Fuente: Gutiérrez-Estrada y Montaña, Ley (1986). Recuperado de: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1987-1/articulo258.html>

### Procesos de transformación del oleaje

#### • Rotura

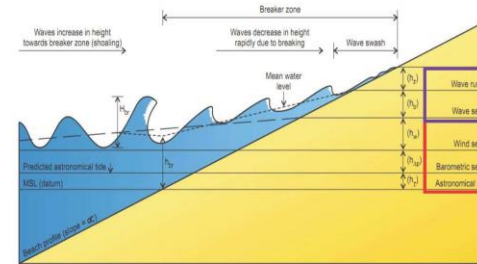
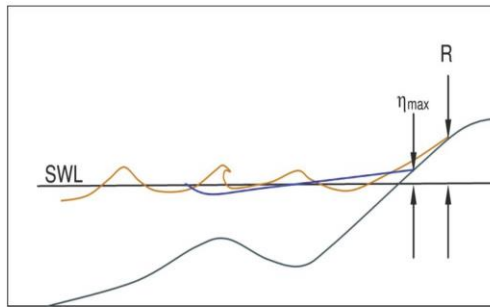
$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{HT/L_{\infty}}$$

spilling: if  $\xi_{\infty} < 0.5$   
 plunging: if  $0.5 < \xi_{\infty} < 3.3$   
 collapsing or surging: if  $\xi_{\infty} > 3.3$

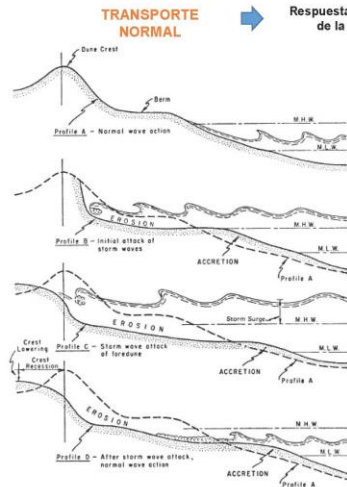


## Hidrodinámica de la zona de rompientes

- Swash y Run-up (ascenso de la ola)



Efecto del oleaje  
Marea astronómica y meteorológica

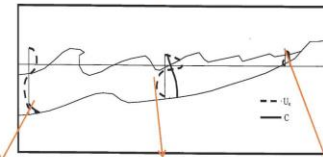


TRANSPORTE NORMAL → Respuesta dinámica de la playa

Condiciones normales  
Condiciones de tormenta

Acción de temporales (Oleaje fuerte) Evolución de corto plazo (horas – días)

## Dinámica del perfil de playa → Evolución de mediano – largo plazo



Fuera de la zona de rompiente las velocidades en el fondo llevan el sedimento hacia la costa

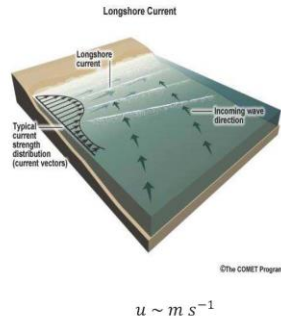
Las corrientes de resaca son las responsables del mov. transversal de sedimentos hacia la zona exterior

En la zona de ascenso/descenso el sedimento es transportado hacia la playa



Hidrodinámica de la zona de rompientes

- Corriente litoral (longshore current)
- Por incidencia oblicua del oleaje



CORRIENTES LITORALES

- Son generadas por la acción del oleaje en las cercanías de la costa
- La acción combinada con el oleaje es responsable de importantes cambios en la morfología costera
- Estos cambios vuelven a modificar las características del oleaje incidente al producirse cambios en la profundidad
- La presencia de estructuras costeras contribuye a acentuar estos cambios morfológicos, por lo que su implantación debe estudiarse cuidadosamente debido al elevado impacto ambiental que ello genera en la zona costera.

Características

- Son paralelas a la playa y están confinadas en la zona de rompientes
- Son generadas por la componente longitudinal del flujo de energía cuando las olas inciden oblicuamente
- Son de relativamente baja magnitud
- Se desarrollan en el tiempo, transportando el sedimento que pone en movimiento el oleaje.
- La velocidad es función del ángulo de incidencia, mientras que el caudal transportado depende mayormente de H

Identificación de algunos procesos de la dinámica costera



Erosión costera en Mar del Tuyú:

Avance de la ciudad sobre la línea de costa = alteración del perfil de equilibrio de la playa



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



**Santa Clara del Mar:**

Desbalance del transporte longitudinal por influencia de estructuras costeras



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Playa Magagna (pcia del Chubut)**

Aceleración en el proceso natural de retroceso de la línea de costa



Acantilado vulnerable frente a la sobreelevación del nivel del mar.

Protección con gaviones

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

Espigones exentos al sur de Punta Mogotes: regeneración de la playa para protección del acantilado



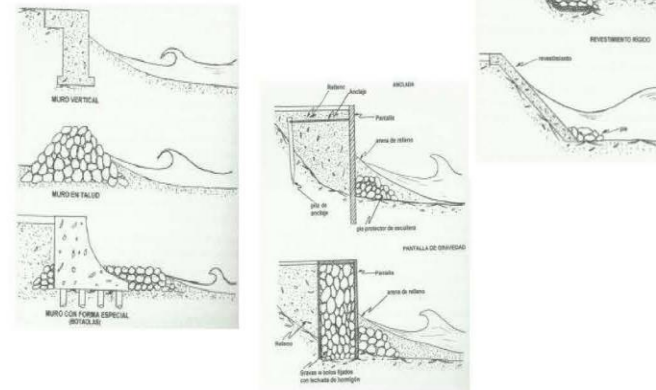
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Rediseño de balnearios en Pinamar**

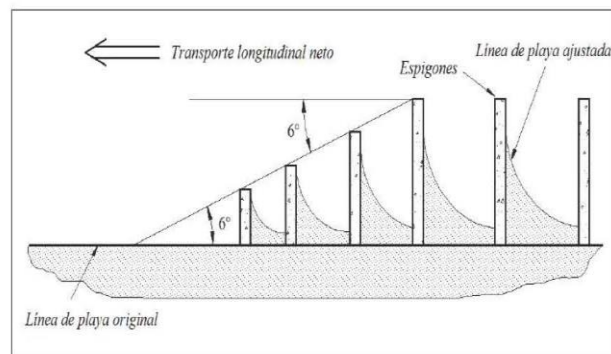


### Diferentes tipologías para la protección de costas

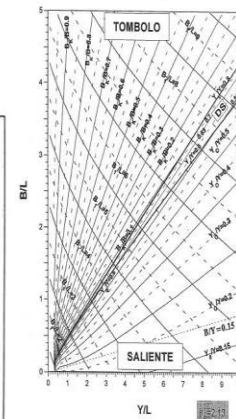
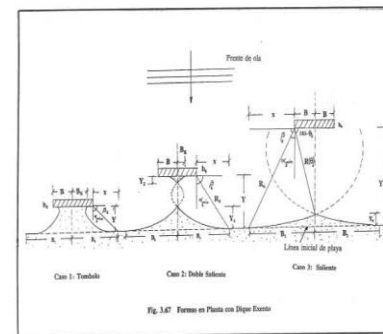
### Muros, pantallas y revestimientos



### Espigones perpendiculares a la costa



### Espigones paralelos a la costa



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Relleno artificial de playas**

- Las playas representan un sistema natural de protección de costas.
- Son eficientes en la disipación de energía del oleaje sin producir impactos ambientales adversos
- No resuelve el problema de erosión, por lo que debe mantenerse en el tiempo. Generalmente debe establecerse un programa de mantenimiento con realimentación periódica.
- El relleno de playas tiene el beneficio adicional de extender las zonas de recreación
- Puede incluir un sistema de espigones para reducir las pérdidas por erosión y por lo tanto las necesidades de realimentación, aunque debe estudiarse detalladamente
- El tamaño de sedimento y la distribución granulométrica del material de relleno con respecto a la playa nativa son determinantes con respecto a la estabilidad de la playa y a la tasa de realimentación

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

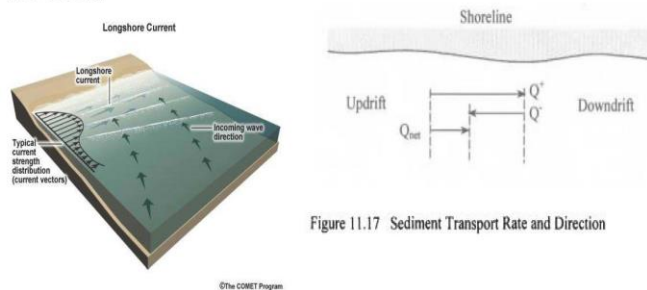
**Metodología de estudio**

- Determinación del transporte longitudinal del lugar de proyecto y adyacencias, deficiencias de aportes de arena hacia la zona de proyecto
- Determinación de características del material nativo
- Evaluación y selección de materiales de préstamo, para relleno inicial y realimentación del material nativo
- Determinación de la geometría de la playa: elevación y ancho de la berma, pendientes de playa
- Diseño de la transición
- Determinación del lugar de depósito

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Dinámica de playa**

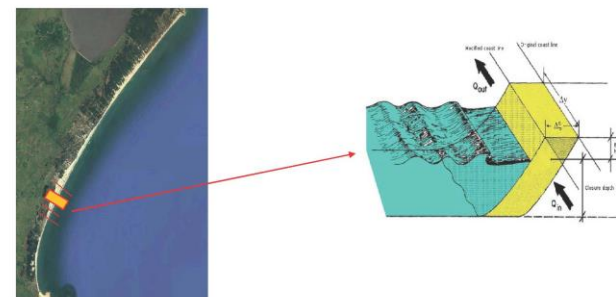
- Transporte litoral y modelos de evolución de línea de costa



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

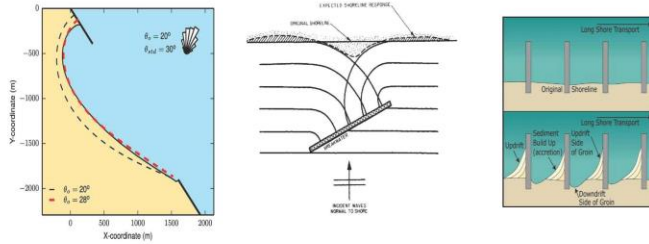
**Dinámica de playa**

- Transporte litoral y modelos de evolución de línea de costa



## Dinámica de playa

- Transporte litoral y modelos de evolución de línea de costa

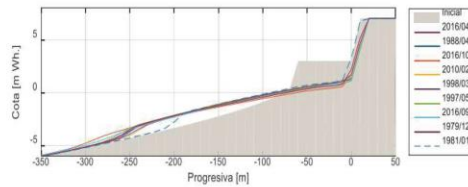


## Dinámica de playa

- Modelos → información para calibración y validación

Modelos de perfil de playa:

- Verificación de erosión durante temporal
- Tasa de recuperación post temporal (migración de bancos)



## Dinámica de playa

- Modelos → información para calibración y validación

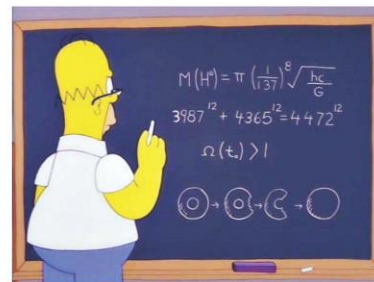
Modelos de una línea: Tasa de transporte litoral



Figure 11.17 Sediment Transport Rate and Direction



¿Qué es un modelo matemático?



Un modelo matemático es una herramienta que sirve para proveer respuestas cuantitativas a una serie de preguntas asociadas a un problema.

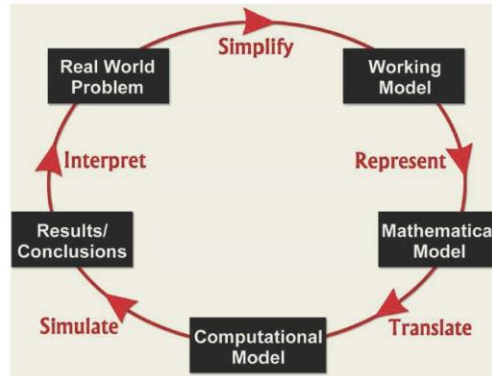
Modelación Matemática: ¿Para qué?

- Investigar cuestiones importantes del mundo observado.
- Explicar un fenómeno del 'mundo real'.
- Testear ideas.
- Realizar predicciones.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



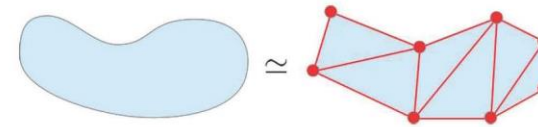
## De la Modelación Matemática a la Modelación Numérica



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



## Discretización



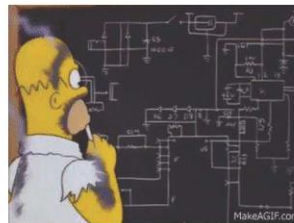
Del problema matemático al problema numérico

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



## Etapas de la modelación numérica

- Implementación.
- Calibración.
- Validación.
- Explotacion.



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



## Modelación Numérica en la gestión costera

La modelación numérica se ha convertido en una herramienta esencial para cuantificar riesgos asociados a diferentes amenazas en la gestión costera como así también para analizar el impacto de obras de infraestructura y diferentes escenarios futuros (especialmente asociados al Cambio Climático)

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



## Modelación Numérica – Tipos de modelos

En función del problema físico que representan (y las consiguientes ecuaciones que resuelven) los modelos pueden clasificarse en:

- A) Modelos hidrodinámicos
- B) Modelos de oleaje
- C) Modelos sedimentológicos
- D) Modelos morfológicos

Estos modelos pueden ser utilizados en forma independiente o acoplados entre sí. Los modelos morfológicos comúnmente están acoplados a modelos sedimentológicos, que a su vez suelen estar acoplados a un modelo hidrodinámico que sirve de forzante para los procesos que se quieren estudiar

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos

MIKE 21 - Módulo hidrodinámico MIKE 21 HD



El módulo hidrodinámico calcula las variaciones del nivel del agua y flujo teniendo en cuenta las variaciones de densidad, batimetría y forzamientos externos

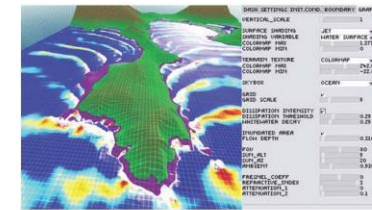
El modelo está basado en la resolución de las ecuaciones de Navier-Stokes con la aproximación de Reynolds (descomposición de las variables de flujo en su valor medio más la fluctuación). Asimismo, se asume la hipótesis Boussinesq y presión hidrostática. Este sistema de ecuaciones se conoce como RANS (*Reynolds Average Navier-Stokes*).

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



## Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos

Los Modelos Hidrodinámicos pueden utilizarse en forma independiente o acoplados a otros modelos para simular una amplia gama de procesos costeros, como ser la simulación de mareas meteorológicas e inundaciones costeras; olas y transformaciones de olas incluyendo el rompimiento de las mismas. A su vez suelen utilizarse como forzantes para estudiar problemas de erosión, transporte y deposición de sedimentos, erosión de dunas, variaciones en la línea de costa y calidad del agua.



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos

MIKE 21 - Módulo hidrodinámico MIKE 21 HD



Ecuación Continuidad:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S$$

$u$ ,  $v$  and  $w$ : Componentes de la velocidad en las direcciones  $x$ ,  $y$  y  $z$

$S$ : Descarga debido a fuentes o sumideros

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos

MIKE 21 - Módulo hidrodinámico MIKE 21 HD



#### Ecuaciones Momentum

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S$$

- $\eta$ : nivel superficial
- $h = \eta + d$ : profundidad
- $s_{xx}, s_{xy}, s_{yx}$  and  $s_{yy}$ : tensor de presiones
- $v_t$ : viscosidad vertical de torbellino
- $p_a$ : presión atmosférica
- $f = 2\Omega \sin \phi$ : parámetro Coriolis

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos

MIKE 21 - Módulo hidrodinámico MIKE 21 HD



#### Procesos incluidos

- Secado y mojado
- Dispersión de cantidad de movimiento por fluctuaciones turbulentas
- Tensiones de corte sobre el fondo
- Fuerza de Coriolis
- Tensiones de corte sobre la superficie libre debidas al viento
- Gradientes de presión barométrica
- Efecto del hielo
- Flujos potenciales de mareas
- Precipitación/evaporación
- Tensiones radiantes por olas
- Fuentes y sumideros

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos

MIKE 21 - Módulo hidrodinámico MIKE 21 HD



#### Campos de aplicación

- Evaluación de las condiciones hidrográficas para diseño, construcción y explotación de estructuras y plantas en aguas estratificadas y no estratificadas.
- Estudios de evaluación de impacto ambiental
- Estudios de circulación costera y oceanográfica.
- Optimización de infraestructura portuaria y de protección costera.
- Análisis de condiciones hidrodinámicas en lagos y reservorios
- Estudios de refrigeración de agua, recirculación y desalinización.
- Inundación costera y propagación de ondas de tormenta.
- Inundaciones interiores y modelación de flujos en cuencas hidrográficas.
- Sistemas de previsión y alerta.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

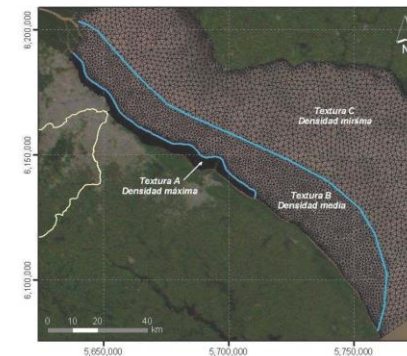


### Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos

MIKE 21 - Módulo hidrodinámico MIKE 21 HD



#### Plumas de contaminación en el interior del Río de la Plata



Malla de elementos

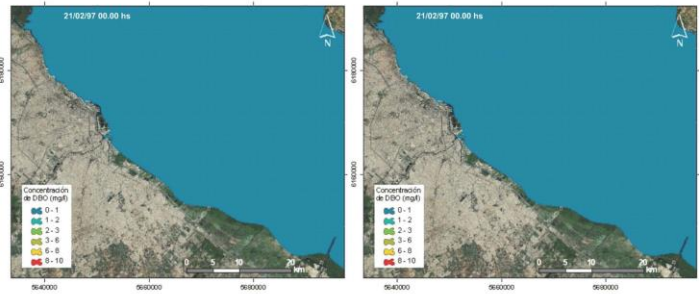


**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**

MIKE 21 - Módulo hidrodinámico MIKE 21 HD



Plumas de contaminación en el interior del Río de la Plata



Situación actual

Situación de proyecto



**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**

Delft-3D - Módulo hidrodinámico Delft-3D Flow



Resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes sobre una malla, curvilínea u ortogonal, asumiendo las hipótesis de Boussinesq. El conjunto de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, en combinación con un apropiado conjunto de condiciones iniciales y de contorno, es resuelto en una malla de diferencias finitas utilizando el método RANS (*Reynolds Averaged Navier Stokes*). Las fluctuaciones turbulentas se incluyen en el modelo por medio de los esfuerzos de Reynolds, definidos a través del modelo de cierre de turbulencia, entre los cuales cabe mencionar el k-l o el k-ε.

La solución numérica de las ecuaciones hidrodinámicas requiere la discretización espacial horizontal del área de estudio. Con este fin se superpone sobre el dominio de cálculo una malla con un número apropiado de celdas, dependiendo del detalle requerido por la tipología del problema a estudiar (oleaje, corrientes, estados combinados en estuarios) y por la cercanía a las zonas de mayor interés (desembocadura de ríos, estructuras hidráulicas, portuarias o costeras).



**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**

Delft-3D - Módulo hidrodinámico Delft-3D Flow



Modelo numérico desarrollado por desarrollado por Deltares - Delft Hydraulics en los Países Bajos. Consiste en un sistema de modelación acoplado compuesto por varios módulos que sirven para la modelación hidrodinámica, transporte de sedimentos, calidad de agua y transporte de sustancias en general

El módulo Delft-3D FLOW, permite resolver de manera bi y tridimensional flujos impermanentes, incluyendo los efectos de mareas, vientos, presión atmosférica, diferencias de densidad ocasionadas por temperatura o salinidad, olas, turbulencia y áreas inundables.



**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**

Delft-3D - Módulo hidrodinámico Delft-3D Flow



**Ecuación Continuidad:**

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{g_{\xi\xi} + g_{\eta\xi}}} \frac{\partial \left( (d + \xi) \cdot U + \sqrt{g_{\eta\xi}} \right)}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{g_{\xi\xi} + g_{\eta\xi}}} \frac{\partial \left( (d + \xi) \cdot V + \sqrt{g_{\xi\xi}} \right)}{\partial \eta} = (d + \xi) \cdot Q$$

- Con:
- ξ: Elevación de la superficie libre por sobre el nivel de referencia
- d: Profundidad respecto del plano de referencia
- H: Profundidad total, dada por d + ξ
- $\sqrt{g_{ij}}$ : Coeficiente que permite transformar coordenadas curvilíneas en rectangulares
- U, V: velocidades promediadas respecto de la profundidad, determinadas por:
- Q: caudal, representado por:

$$Q = \int_{-1}^0 (q_{in} - q_{out}) d\sigma + P - E$$

- Con:
- q<sub>in</sub>, q<sub>out</sub>: Caudales unitarios
- P: precipitación
- E: evaporación



**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**



**Ecuaciones de Movimiento:**

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{w}{d + \xi} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} + \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{u \cdot v}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - f \cdot v = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\xi} + F_{\xi} + \frac{1}{(d + \xi)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \nu_v \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + M_{\xi} + \frac{g}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial \varphi}{\partial \xi}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{w}{d + \xi} \frac{\partial v}{\partial \sigma} + \frac{u \cdot v}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} + f \cdot u = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta\eta}}} P_{\eta} + F_{\eta} + \frac{1}{(d + \xi)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \nu_v \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_{\eta} + \frac{g}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta}$$

Siendo:  
 $\nu_v$ : Coeficiente de viscosidad dinámica vertical  
 $P_i$ : Gradientes de presión  
 $F_i$ : Tensiones de Reynolds horizontales (estas tensiones representan la variación de turbulencia)  
 $M_i$ : Contribuciones externas de momentum (estructuras hidráulicas, descargas, etc.)  
 En donde el último término a la derecha de cada ecuación representa el **potencial generador de marea**.



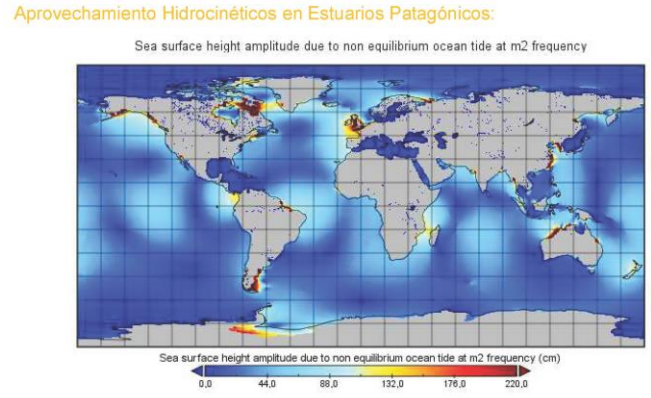
**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**



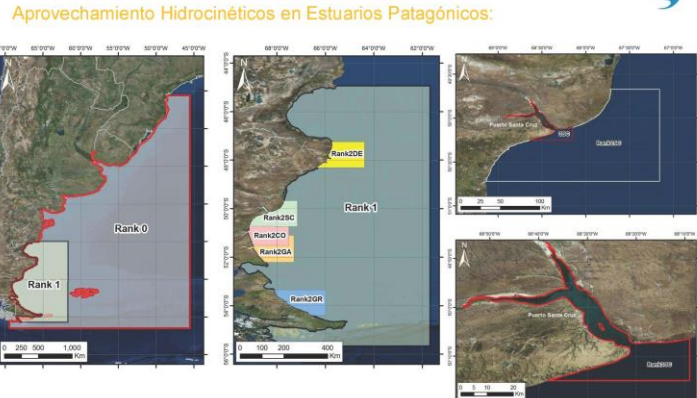
- Campos de aplicación**
- Flujos forzados por mareas y vientos (ondas de marea).
  - Flujos estratificados y forzados por densidad.
  - Simulaciones de caudales en ríos y canales.
  - Simulaciones en lagos profundos y embalses.
  - Simulación de tsunamis, saltos hidráulicos, y ondas de inundación.
  - Descargas de ríos de agua dulce en bahías.
  - Intrusión salina.
  - Estratificación térmica en lagos, mares y embalses.
  - Tomas de agua de enfriamiento y salidas de aguas residuales.
  - Transporte de materiales disueltos y contaminantes.
  - Transporte de sedimentos y morfología en línea.
  - Flujo no hidrostático



**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**



**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**





**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**

Delft-3D - Módulo hidrodinámico Delft-3D Flow



Aprovechamiento Hidrocinéticos en Estuarios Patagónicos:

Rank	Cantidad de Celdas	Dimensiones promedio de cada celda
Rank 0	241 x 316	10.000 m
Rank 1	238 x 322	3.000 m
Rank 2	535 x 285	350 m
Rank 3	630 x 384	110 m



**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**

Delft-3D - Módulo hidrodinámico Delft-3D Flow



Aprovechamiento Hidrocinéticos en Estuarios Patagónicos:

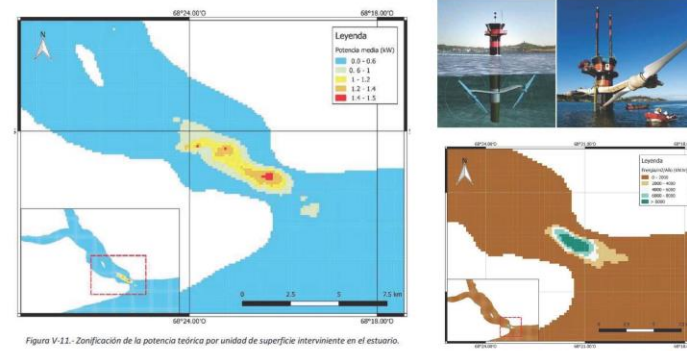


Figura V-11.- Zonificación de la potencia teórica por unidad de superficie: interviniente en el estuario.

Figura V-15.- Zonificación de la energía anual (indicativamente) aprovechable con el generador Sillars S.



**Modelación Numérica - Modelos Hidrodinámicos**

Otros modelos



[www.opentelemac.org](http://www.opentelemac.org)

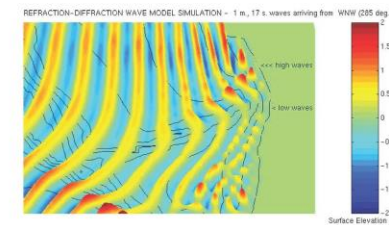


[www.mohid.com](http://www.mohid.com)



**Modelación Numérica - Modelos oleaje**

Los Modelos de oleaje pueden utilizarse en forma independiente o acoplados a otros modelos para simular una amplia gama de procesos costeros, como ser la simulación de mareas meteorológicas; olas y transformaciones de olas incluyendo el rompimiento de las mismas. A su vez suelen utilizarse como forzantes para estudiar problemas de erosión, transporte y deposición de sedimentos, erosión de dunas, variaciones en la línea de costa y calidad del agua.





### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

MIKE 21 - Modelo espectral de olas MIKE 21 SW



El modelo espectral del oleaje simula el crecimiento, decaimiento y transformación de olas locales generadas por viento y olas oceánicas. Este modelo puede resolver los siguientes procesos

- Generación de olas por las fuerzas inducidas por el viento.
- Interacción no lineal de olas.
- Disipación por decrestamiento (whitecapping).
- Disipación por fricción de fondo.
- Disipación por rotura de ola en zonas de poca profundidad.
- Refracción y asomeramiento por variación de profundidad y corrientes.
- Interacción ola-corrientes.
- Efecto de variación temporal de profundidad y corrientes.
- Efecto de cobertura de hielo en el campo de olas.
- Difracción y reflexión de olas (parametrizado).

### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

MIKE 21 - Modelo espectral de olas MIKE 21 SW



Asimismo, dado que este modelo puede acoplarse con otros módulos de MIKE 21 hace factible:

- Acoplamiento dinámico de cálculo de flujo y olas.
- Evolución completa de cambios en el nivel de fondo en cálculos de flujo y olas.
- Fácil cambio entre cálculo 2D y 3D.
- Grado óptimo de flexibilidad en la descripción batimétrica y ambiente de flujo y condiciones de ola utilizando una malla irregular.



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

MIKE 21 - Modelo espectral de olas MIKE 21 SW

Tsunami en Tohoku (Japón), 2011



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

MIKE 21 - Modelo espectral de olas MIKE 21 SW

Tsunami en Tohoku (Japón), 2011



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

MIKE 21 - Modelo espectral de olas MIKE 21 SW

Análisis de tensiones de amarre



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



Modelo para representar la propagación del oleaje en regiones extensas, siendo particularmente apropiado para transportar la ola desde aguas profundas hasta las zonas cercanas a la costa.

Se trata de un modelo de propagación de olas de tercera generación que permite obtener estimaciones realistas de los parámetros del oleaje en las zonas costeras, lagos y estuarios, teniendo en cuenta las condiciones del viento, del fondo y de la corriente. SWAN puede ser utilizado en cualquier escala adecuada para las olas de gravedad generadas por viento superficial.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



El modelo se basa en la ecuación de onda que equilibra la acción con las fuentes y sumideros. Se utiliza en zonas donde sea necesario propagar el oleaje sobre grandes superficies oceánicas (generación de oleaje por viento) y no haya estructuras complejas

Los cálculos de SWAN pueden realizarse en mallas regulares o irregulares. SWAN permite discretizar el dominio espacial en mallas que pueden anidarse. Los datos de oleaje se prescriben en una o varias de las aristas de la malla de mayor superficie. Las ejecuciones pueden realizarse en serie, es decir, un programa SWAN en un procesador, así como en paralelo, es decir, en más de un procesador.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



#### Procesos incluidos

- Generación de olas por acción del viento
- Propagación a través del espacio físico.
- Refracción debida a la variación de la profundidad y corriente.
- Bajío debido a la variación de la profundidad y la corriente.
- Propagación de ola con corrientes opuestas.
- Disipación por descrestamiento (whitecapping).
- Disipación por rotura de ola inducida por la profundidad.
- Disipación inducida por la fricción del fondo.
- Interacción no lineal entre frecuencias del espectro en aguas profundas y someras.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



SWAN presenta algunas limitaciones: la difracción es modelada en sentido restringido, no tiene en cuenta la reflexión (aunque pueden modelarse obstáculos), y no calcula corrientes inducidas por el oleaje.

Esto implica que el modelo dará resultados de alta de fiabilidad en zonas que: no presenten grandes obstáculos ni construcciones que produzcan mucha difracción, no presenten cambios bruscos de profundidad (reflexión), y abarquen una zona relativamente amplia, con resoluciones espaciales mayores a un orden de 10 m.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



#### Ecuación de generación

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S_s}{\sigma}$$

N = wave action density  
(energy density / relative frequency)

$c_x, c_y$  = propagation velocities (x- and y- directions)  
 $\sigma$  = relative frequency  
 $\theta$  = wave direction

S = source/sink term for:  
- wind-wave generation  
- wave breaking  
- bottom dissipation  
- nonlinear wave-wave interactions

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



#### Ecuación de cambio de dirección (refracción) debido a batimetría y corrientes

$$C_{x,\theta} = \frac{\sigma}{\sinh(2kh)} \left( \frac{\partial h}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial h}{\partial y} \cos \theta \right) + \cos \theta \left( \frac{\partial U}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial U}{\partial y} \cos \theta \right) + \sin \theta \left( \frac{\partial V}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial V}{\partial y} \cos \theta \right)$$

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



#### Caracterización del oleaje en los extremos del Tercer Juego de Esclusas del Canal de Panamá



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

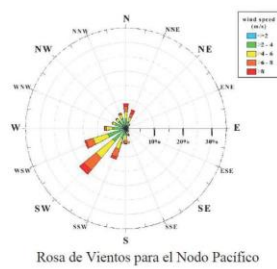


### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



Caracterización del oleaje en los extremos del Tercer Juego de Esclusas del Canal de Panamá



Rosa de Vientos para el Nodo Pacifico

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

SWAN – Simulating Waves Nearshores



Caracterización del oleaje en los extremos del Tercer Juego de Esclusas del Canal de Panamá

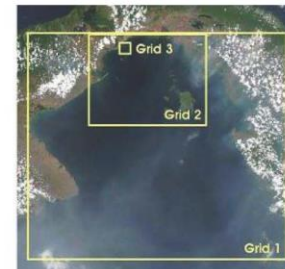


Figura 4. Grillas de cálculo para la aplicación del modelo SWAN

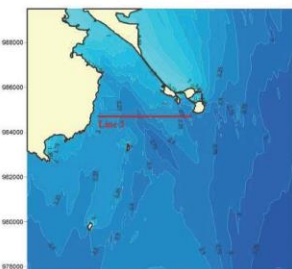


Figura 5. Mapa de distribución de Alturas de olas en la Grilla 3

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

BOUSS-2D - Wave Model for Coastal Regions and Harbors



BOUSS-2D es un modelo numérico integral para simular la propagación y transformación de olas en regiones costeras y puertos basado en una solución de dominio de tiempo de ecuaciones de tipo Boussinesq. Las ecuaciones que gobiernan son uniformemente válidas desde aguas profundas hasta poco profundas.

Las ecuaciones que rigen en BOUSS-2D se resuelven en el dominio del tiempo con un método de diferencia finita. Las ondas de entrada pueden ser periódicas (regulares) o no periódicas (irregulares), y pueden simularse estados marinos unidireccionales o multidireccionales. Las ondas que se propagan fuera del dominio de cálculo se absorben en capas de amortiguación o se les permite salir libremente del dominio. Las unidades de ingeniería SI se utilizan en los cálculos BOUSS-2D.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

BOUSS-2D - Wave Model for Coastal Regions and Harbors



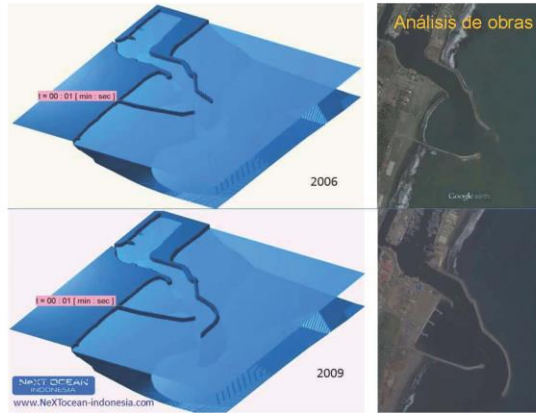
Pueden simular la mayoría de los fenómenos de interés en la zona cercana a la costa y las cuencas portuarias, que incluyen:

- Reflexión / difracción cerca de estructuras
- Disipación de energía debido a la ruptura de las olas y la fricción
- Transferencia de energía espectral cruzada debido a interacciones onda-onda no lineales
- Ruptura inducida por corrientes costeras y de rasgadura
- Interacción onda-corriente
- Interacción de ondas con estructuras porosas.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

BOUSS-2D - Wave Model for Coastal Regions and Harbors



US Army Corps of Engineers  
Engineer Research and Development Center

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

BOUSS-2D - Wave Model for Coastal Regions and Harbors

Caracterización del oleaje en los extremos del Tercer Juego de Esclusas del Canal de Panamá

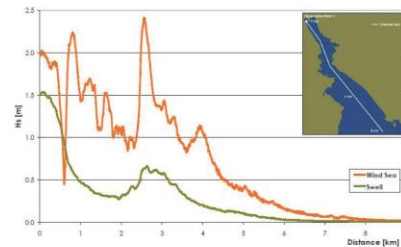


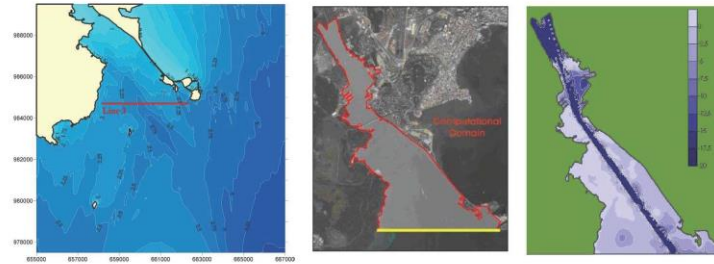
Figura 8. Variación de la altura de ola a lo largo de la traza del canal de navegación

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelación Numérica - Modelos Oleaje

BOUSS-2D - Wave Model for Coastal Regions and Harbors

Caracterización del oleaje en los extremos del Tercer Juego de Esclusas del Canal de Panamá



US Army Corps of Engineers  
Engineer Research and Development Center

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelación Numérica - Modelos sedimentológicos

El estudio de la dinámica de sedimentos es de suma importancia para entender procesos morfológicos en zonas costeras



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Sedimentológicos

MIKE 21 - Módulo de transporte de sedimentos MIKE 21 ST



El módulo no cohesivo MIKE 21 ST puede calcular la tasa de transporte de sedimentos y los cambios en la elevación del lecho marino debido a la acción combinada de olas y corrientes. El núcleo de este programa es un modelo de transporte de sedimentos cuasi-3D (STP Q3D).

La esencia del modelo cuasi-3D es la solución del equilibrio de fuerzas en toda la columna de agua, para lo cual la velocidad promedio del flujo es determinada por integración. La variación espacial y temporal de la tensión de corte, velocidad de flujo y concentración de sedimentos se resuelve utilizando el modelo de capa límite para olas y corriente de Fredsøe.

La simulación mediante MIKE21 ST permite evaluar la tasa de cambios de nivel del fondo, así como la tasa de transporte, permitiendo identificar áreas potenciales de erosión o sedimentación.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Sedimentológicos

MIKE 21 - Módulo de transporte de sedimentos MIKE 21 ST



#### Características

- Definición constante o variable del material de fondo (tamaño medio de grano y la graduación)
- Cinco teorías distintas de transporte de sedimentos en corrientes puras: Engelund y Hansen (transporte total), Engelund y Fredsøe (transporte total = fondo + en suspensión), Zyserman y Fredsøe (transporte total = fondo + en suspensión), Meyer-Peter y Müller (transporte de fondo), y Ackers y White (transporte total)
- Dos métodos de simulación de transporte por la acción combinada de olas y corrientes: un modelo determinístico del DHI y el modelo de Bijker's de transporte total de sedimentos.
- Optimización de las simulaciones numéricas mediante el uso de tablas de transporte de sedimentos pre-determinadas
- Utilización de técnicas de diferencias finitas con un tipo de grilla rectangular

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Sedimentológicos

MIKE 21 - Módulo de transporte de sedimentos MIKE 21 ST



#### Ecuación Advección-Difusión

$$\frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial t} + \frac{\partial uc^{(\ell)}}{\partial x} + \frac{\partial vc^{(\ell)}}{\partial y} + \frac{\partial (w-w_s^{(\ell)})c^{(\ell)}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \epsilon_{s,x}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( \epsilon_{s,y}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left( \epsilon_{s,z}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial z} \right) = 0,$$

where:

- $c^{(\ell)}$  mass concentration of sediment fraction ( $\ell$ ) [kg/m<sup>3</sup>]
- $u, v$  and  $w$  flow velocity components [m/s]
- $\epsilon_{s,x}^{(\ell)}, \epsilon_{s,y}^{(\ell)}$  and  $\epsilon_{s,z}^{(\ell)}$  eddy diffusivities of sediment fraction ( $\ell$ ) [m<sup>2</sup>/s]
- $w_s^{(\ell)}$  (hindered) sediment settling velocity of sediment fraction ( $\ell$ ) [m/s]

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Modelación Numérica - Modelos Sedimentológicos

Delft-3D - Módulo Delft3D-SED:



El Delft3D permite simular el transporte de sedimentos dando la posibilidad de elegir tanto su forma de transporte, suspendido o de fondo, como el tipo de sedimento, cohesivo o no cohesivo. El método predeterminado que utiliza el Delft3D está asociado a las fórmulas de Van Rijn pudiéndose especificar otro tipo de formulación como por ejemplo las ecuaciones de Meyer-Peter-Müller, entre otras, e inclusive formulas propias.

Modelación Numérica - Modelos Sedimentológicos

Delft-3D - Módulo Delft3D-SED:



Ampliación del Puerto de Buenos Aires



Figura 4.1. Configuración de escolleras actual y futura

Modelación Numérica - Modelos morfológicos

Los modelos morfológicos pueden utilizarse con diferentes objetivos, como ser el estudio morfodinámico de playas ante diferentes forzantes hidrodinámicos o el análisis e impacto de diferentes obras de infraestructura. En general, los modelos morfológicos suelen estar acoplados con un modelo sedimentológico y forzados por un modelo hidrodinámico



Modelación Numérica - Modelos Sedimentológicos

Delft-3D - Módulo Delft3D-SED:



Ampliación del Puerto de Buenos Aires



Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Para determinar los cambios morfológicos de la superficie del lecho dentro de un área modelada puede utilizarse el Modelo Acoplado, en el cual intervienen tres módulos mencionados anteriormente (hidrodinámico, olas, y transporte de sedimentos).

En este sistema se tienen en cuenta el acoplamiento olas/corrientes, los efectos del set-up de las olas, y las corrientes litorales que se incorporan a través de las tensiones radiantes.

Los parámetros del oleaje calculados con MIKE 21 SW, así como las corrientes y niveles calculados con MIKE 21 HD son transferidos internamente al modelo MIKE 21 ST para calcular las tasas de transporte de sedimentos.

Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Los cálculos de las tasas de transporte de sedimentos se realizan para un determinado paso de tiempo, el cual coincide con un paso de tiempo global del modelo acoplado y que es definido por el usuario. Por su parte, cada módulo de cálculo utiliza pasos de tiempo internos, que se sincronizan con dicho paso global. Estos intervalos de tiempo para los módulos hidrodinámico y espectral de olas son dinámicos y condicionados por los criterios de estabilidad. Finalmente, entre cada llamada al modelo MIKE 21 ST, el nivel del lecho en el modelo digital de elevación es actualizado por la extrapolación de las tasas de cambios relativos del paso anterior.

Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Dinámica litoral en el entorno de la Escollera Sur del Puerto de Mar del Plata

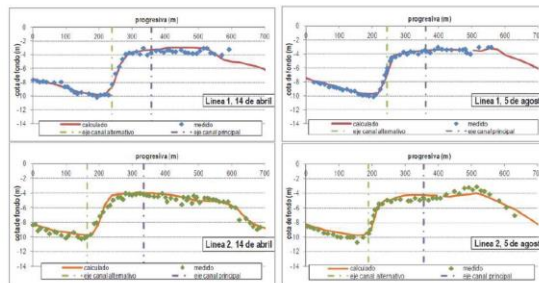


Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Dinámica litoral en el entorno de la Escollera Sur del Puerto de Mar del Plata



Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Dinámica litoral en el entorno de la Escollera Sur del Puerto de Mar del Plata

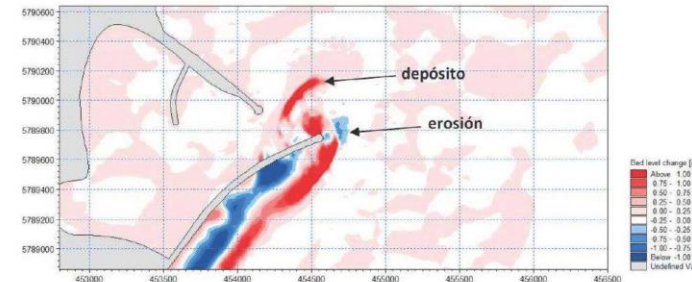


Figura 2.3. Cambios relativos del nivel del fondo al 01/08/2009 en la Escollera Sur del puerto de Mar del Plata (Cáceres y Castellano, 2012)

Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Dinámica litoral en el entorno de la Escollera Sur del Puerto de Mar del Plata



Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Análisis de obras en zona de acantilados (Mar del Plata)



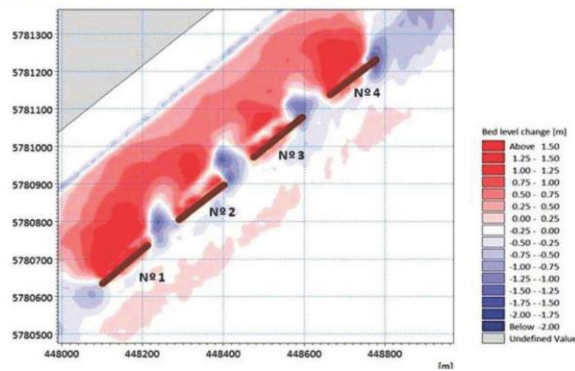
a) 07 de mayo de 2003

Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Análisis de obras en zona de acantilados (Mar del Plata)



Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

MIKE 21 - Modelo morfológico acoplado



Análisis de obras en zona de acantilados (Mar del Plata)



b) 25 de febrero de 2018

Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

LITPACK

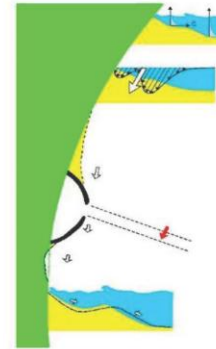


El Sistema LITPACK se encuentra diseñado para abordar la problemática vinculada al análisis de los cambios morfológicos de largo plazo sobre una línea de costa, lo cual requiere una comprensión del transporte litoral en la región de estudio.

LITPACK es una herramienta de modelación que se utiliza para el estudio de cambios morfológicos en costas con perfiles de playa cuasi-uniformes donde los cambios de la línea de costa son graduales. LITPACK permite determinar la hidrodinámica del escurrimiento producido por las olas y las corrientes, y los fenómenos responsables de los movimientos de sedimentos en la costa. Basado en estas condiciones es posible predecir la evolución natural de la línea de costa y la influencia de modificaciones debido al uso de estructuras marinas como puertos, espigones, muelles, revestimientos, etc.

Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

LITPACK



Transporte de sedimentos no-cohesivos por olas y corrientes. (STP)

Deriva litoral paralela a una playa uniforme con perfil costero arbitrario (LITDRIFT)

Desarrollo de la línea de costa debido a cambios en la capacidad de transporte costero. (LITLINE)

Los módulos LITDRIFT (modelo numérico determinístico integral que calcula las corrientes a lo largo de la costa, la deriva litoral y el balance de sedimentos) y LITLINE (modelo de evolución de costas) representan los procesos físicos principales de esta dinámica.

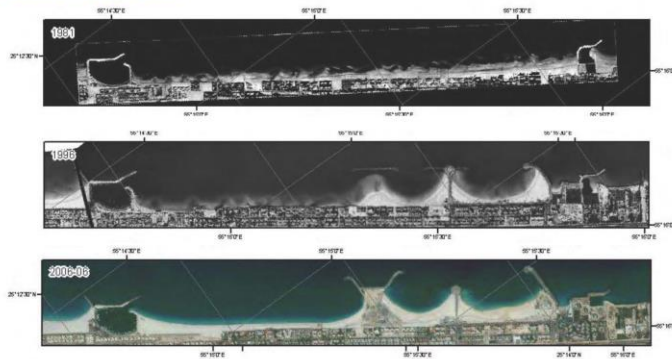
Figura 3.1. Plano general de los procesos que tiene en cuenta el sistema LITPACK para el cálculo de transporte de sedimentos paralelo y normal a la costa, así como el análisis de los efectos provocados por la presencia de estructuras.

Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

LITPACK



Evolución costa Dubai



Modelación Numérica - Modelos Morfológicos

LITPACK



Evolución costa Dubai



Figure 23: Example of Litpack shoreline modeling carried out along the Jumeirah frontage for layout consisting of groynes and an adapted offshore breakwater, for the post "World" offshore reclamation wave climate.

**Modelación Numérica - Modelos Morfológicos**

Delft-3D - Modelo morfológico acoplado



Para determinar los cambios morfológicos de la superficie del lecho dentro de un área modelada puede utilizarse el Modelo Acoplado, en el cual intervienen módulos mencionados anteriormente (hidrodinámico, olas, y transporte de sedimentos).

**Modelación Numérica - Modelos Morfológicos**

Delft-3D - Modelo morfológico acoplado



Medidas para mejorar la accesibilidad del Puerto de Mar del Plata y reducir los costos de mantenimiento

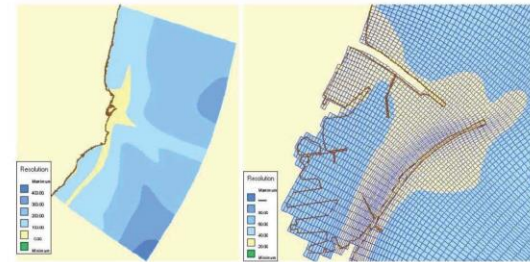


Figura 3.13. Dominio de modelación del Puerto de Mar del Plata y su entorno (Luteijn, 2013).

**Modelación Numérica - Modelos Sedimentológicos**

Delft-3D - Módulo Delft3D-SED:



Medidas para mejorar la accesibilidad del Puerto de Mar del Plata y reducir los costos de mantenimiento

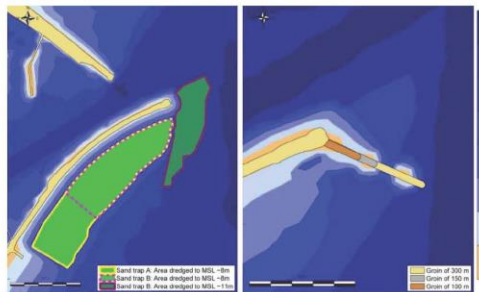


Figura 3.14. Evaluación de trampas de sedimentos y nuevas barreras de retención para reducir la sedimentación en la entrada del Puerto de Mar del Plata (Luteijn, 2013).

**Modelación Numérica – Tipos de modelos**

Modelos operativos: realizan de manera continua simulaciones con el objetivo de cuantificar alguna variable que resulte importante para la permanente toma de decisiones (como por ejemplo altura de ola o marea meteorológica)

Modelos no operativos: son modelos que se desarrollan con el objetivo de estudiar una situación particular (por ejemplo impacto de una obra, análisis de la variación de la línea de costa, etc.).

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



## Modelación Numérica – Modelos Operativos

### Pronóstico Olas

El Pronóstico de Olas de la METAREA VI (según las áreas determinadas por la Organización Meteorológica Mundial, OMM) es elaborado por el Departamento Meteorología del Servicio de Hidrografía Naval en función de la información del modelo operativo de olas AUSTRAL WAVEWATCH III, )

Este pronóstico, que informa alturas significativas de olas y dirección de las mismas, abarca la METAREA VI y no se incluyen zonas costeras. Se actualiza dos veces por día, a 09 UTC y 21 UTC, y la validez del pronóstico es por 24 horas.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



## Modelación Numérica – Modelos Operativos

### Pronóstico Ondas tormenta

El SHN mantiene un servicio de alertas y avisos de ondas de tormenta tanto para la costa marina como la estuarina de la provincia de Buenos Aires. Este servicio es permanente y requiere de una modelación operativa2

La onda de tormenta que interesa de esta modelación es la modificación de la altura de marea astronómica por efecto meteorológico. Las curvas de nivel de las salidas de la modelación indican la onda de tormenta (solo la contribución meteorológica al nivel). Tanto los pronósticos como los retroanálisis entre horas de pronóstico, están forzados por la tensión del viento en superficie producida por el modelo AUSTRAL-WWIII (Etala et al., 2014) cada 6 horas, a las 00, 06, 12 y 18 Z.

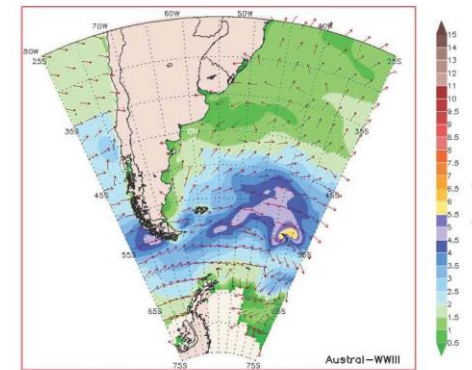
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



## Modelación Numérica – Modelos Operativos

### Pronóstico Olas

ALTURA DE LA OLA SIGNIFICATIVA Y DIRECCION DEL MAXIMO

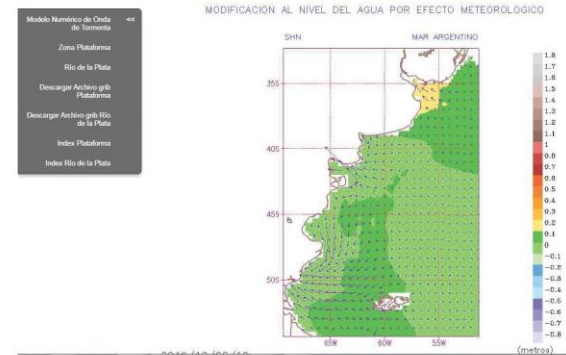


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



## Modelación Numérica – Modelos Operativos

### Pronóstico Ondas tormenta





### Introducción

Durante 2013, el Departamento de Costa Marítima de la Dirección Provincial de Hidráulica (DPH) adquirió un conjunto de licencias, actualmente vigentes, del sistema de modelación MIKE 21 con el objetivo de acompañar la gestión costera con herramientas computacionales. Su utilización fue acotada por lo que se requiere que en el marco de esta Asistencia Técnica estas herramientas sean puestas en valor. El sistema de modelación MIKE 21 de la empresa Danish Hydraulic Institute (DHI, Dinamarca) está compuesto por un módulo de simulación de flujo o modelo hidrodinámico (MIKE 21 HD), un modelo espectral de olas (MIKE 21 SW) y módulo de transporte de sedimentos (MIKE 21 ST), acoplados para el seguimiento de la evolución morfológica

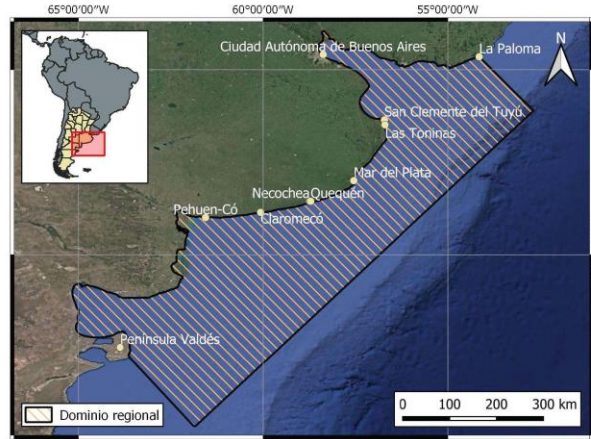
En el marco de esta Asistencia Técnica se comenzó a modelar con estas herramientas todo el tramo costero marino que corresponde a la provincia de Buenos Aires localizado sobre la Plataforma Continental

### Modelo Regional

El dominio del modelo se desarrolla longitudinalmente a lo largo de la costa bonaerense, abarcando desde la Península de Valdés (Provincia de Chubut) unos 180 km al Sur de la Bahía de San Blas (sur de la provincia de Buenos Aires) hasta la localidad costera de La Paloma en Uruguay (aproximadamente a unos 300 km al Noreste de San Clemente del Tuyú), incluyendo los 600 km de costa a estudiar que van desde Pehuen Co hasta San Clemente del Tuyú. La franja costera de este dominio se extiende hasta aproximadamente la isobata de 100 m dentro de la Plataforma Continental (un ancho mínimo de unos 180 km). Además, sólo incluye la porción exterior de Río de la Plata

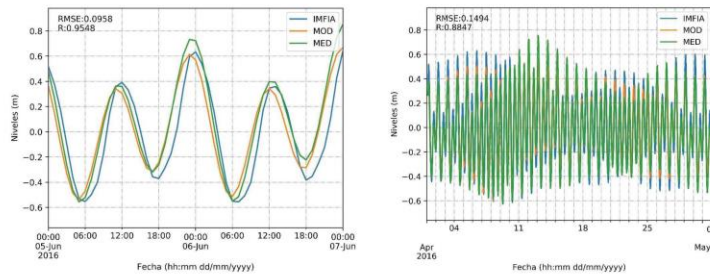
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelo Regional



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

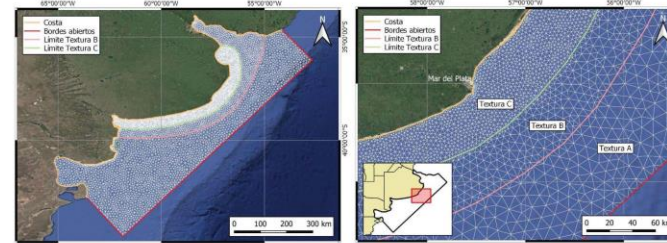
### Modelación Regional - Calibración



Marea Astronómica Mar del Plata

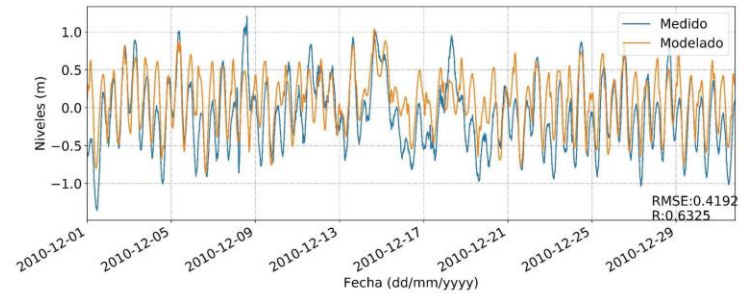
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelo Regional



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

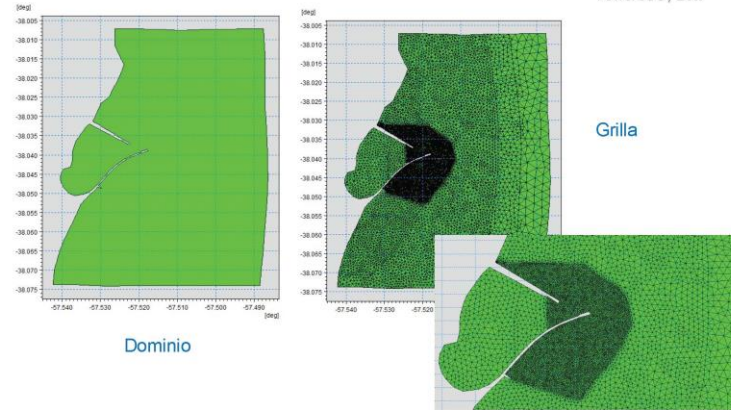
### Modelación Regional - Validación



Niveles Medidos San Clemente

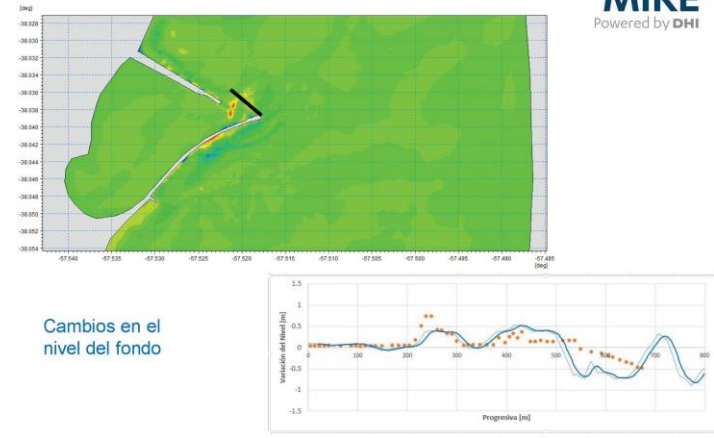
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelos de detalle – Puerto Mar del Plata



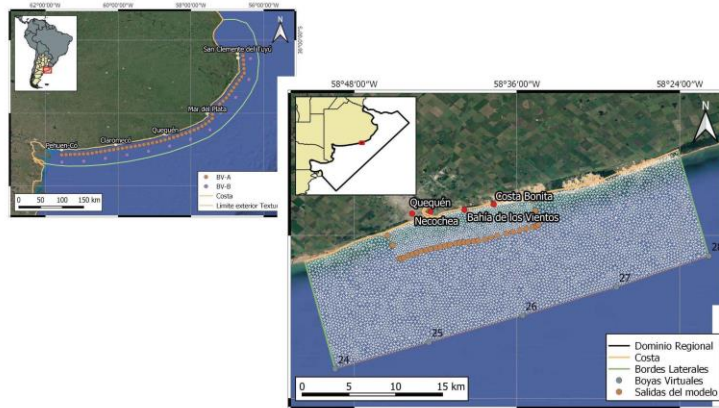
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelos de detalle – Puerto Mar del Plata



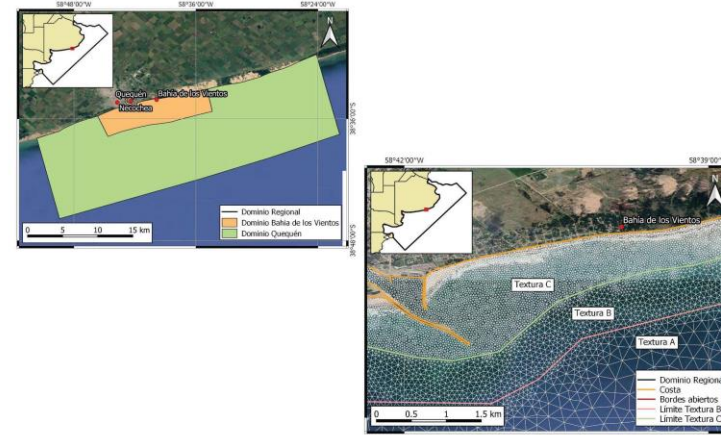
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelos de detalle - Quequén



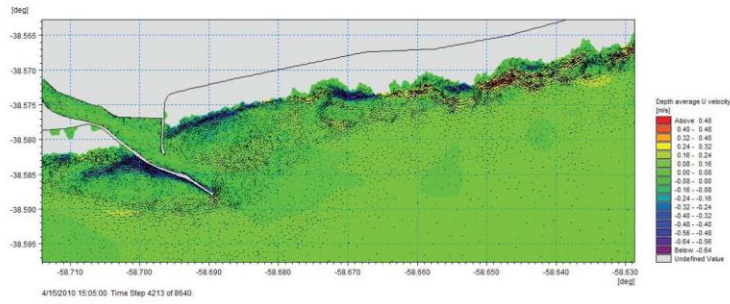
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelos de detalle - Quequén



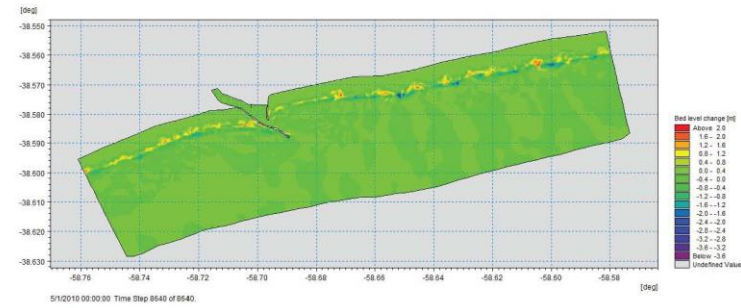
### Modelos de detalle - Quequén

#### Velocidades



### Modelos de detalle - Quequén

#### Evolución morfológica





### XBeach

**XBeach** es un modelo numérico de código abierto que se desarrolló originalmente para simular procesos hidrodinámicos y morfodinámicos e impactos en costas arenosas.

#### Discretización

Dominio espacial: Algunos kilómetros  
 Dominio temporal: Duración de las tormentas.

#### Procesos hidrodinámicos

Transformaciones de ondas cortas (refracción, asomeramiento y rotura)  
 Transformaciones de ondas largas (infragavitorias): generación, propagación y disipación  
 Setup inducido por olas y corrientes  
 Sobrepasso e inundación

#### Procesos morfodinámicos

Transporte de sedimentos en suspensión y de fondo  
 Erosión de dunas  
 Actualización de batimetrías  
 Apertura de brechas  
 Efectos de la vegetación y de infraestructura



### XBeach

#### Web

<https://oss.deltares.nl/web/xbeach/>

#### Documentación

<https://xbeach.readthedocs.io/>

#### Desarrolladores

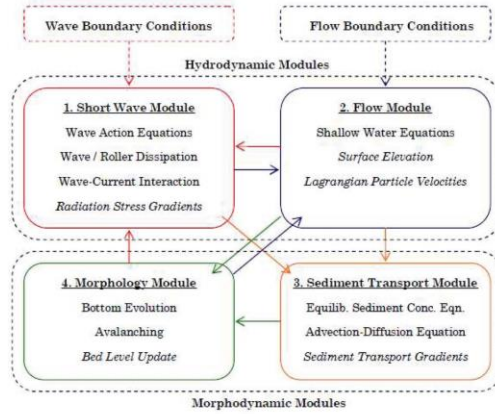
University of Miami, USA | Deltares, The Netherlands | TU Delft, The Netherlands | Twente University, The Netherlands | Utrecht University, The Netherlands | SARA, The Netherlands | University of Western Australia, Australia | SOPAC, Fiji | University of Plymouth, United Kingdom | UNESCO / IHE

#### Financiación

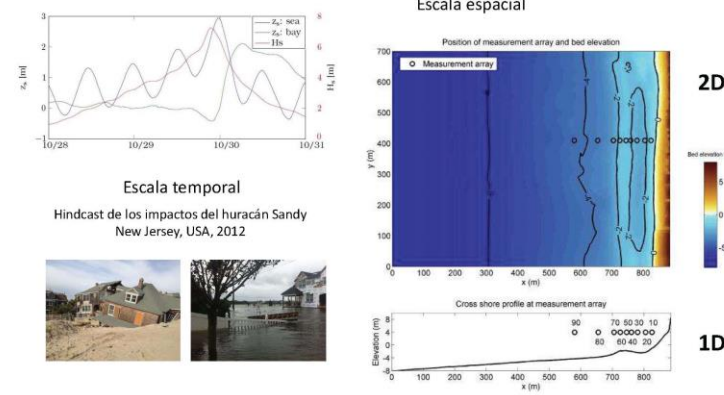
US Army Corps of Engineers, USA | US Geological Survey, USA | Rijkswaterstaat, The Netherlands | Deltares, The Netherlands | SOPAC, Fiji | European Union FP7 | Asian Development Bank



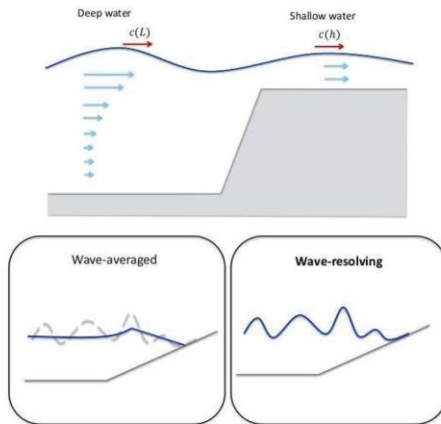
Módulos de XBeach



Escalas



Caracterización del flujo



Escala temporal hidrodinámica

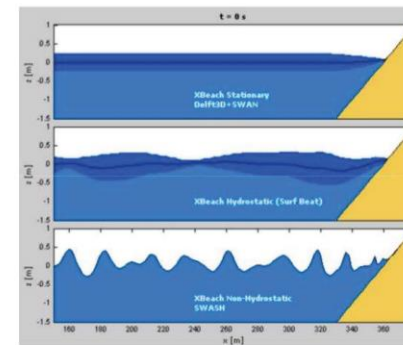
Modos de resolución

Keyword → wavemodel: stationary (0), surfbeat (1) or nonh (2)

**Modo estacionario**  
Resuelve eficientemente las ecuaciones de onda promediadas despreciando las ondas infragravitatorias;

**Modo hidrostático (surfbeat)**  
Resuelve las variaciones de onda corta a escala de grupo de ondas (envolvente de onda corta) y las ondas largas asociadas;

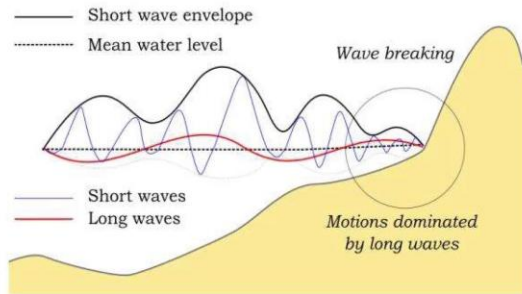
**Modo no-hidrostático**  
Resuelve con una combinación de las SWE no lineales con una corrección en los términos de presión, permitiendo la simulación de ondas individuales.



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Esquema de oleaje, niveles y rotura de la ola en una playa



- Modo hidrostático, no se tienen en cuenta las ondas más cortas (suele utilizarse en playas disipativas de arena).
- Modo no hidrostático, se computan todas las ondas (cortas y de infragravedad), suele utilizarse en playas de grava con taludes empinados y para estudiar el run-up y sobrepasso.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Balance de acción de la ola

El modelo en modo hidrostático resuelve la ecuación de balance de acción de olas de corto periodo, dependiente del tiempo a la escala temporal de grupos de olas.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial c_x A}{\partial x} + \frac{\partial c_y A}{\partial y} + \frac{\partial c_\theta A}{\partial \theta} = -\frac{D_{waves}}{\sigma} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial c_x A}{\partial x} + \frac{\partial c_y A}{\partial y} + \frac{\partial c_\theta A}{\partial \theta} = -\frac{D_w + D_f + D_v}{\sigma} \quad A(x, y, t, \theta) = \frac{S_w(x, y, t, \theta)}{\sigma(x, y, t)}$$

- A densidad de acción del oleaje
- $\theta$  ángulo de incidencia con respecto al eje x
- $S_w$  energía del oleaje en cada sector direccional
- $\sigma$  frecuencia intrínseca de la ola obtenida de la relación lineal de dispersión
- $D_{waves}$  disipación de la energía debido a la rotura del oleaje
- $c_x, c_y$  velocidades de propagación de la acción del oleaje en los componentes x e y
- $c_\theta$  velocidad de propagación de la energía de la ola en el espacio

Modelo de disipación total de la energía del oleaje, direccionalmente integrada, debido a la rotura del oleaje (Roelvink, 1993).

Modelo de rotura → keyword break

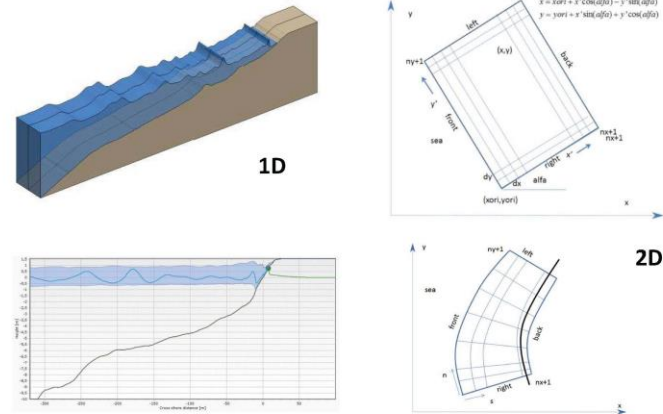
Grupos de olas no estacionarios: break 1 o break 3 (Roelvink, 1993).

Grupos de olas estacionarios: break 2 (Baldock, Holmes, Bunker y Van Weert, 1998)

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Dominios de modelación



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Balance de energía en la zona de rompiente

El modelo incluye un balance de la energía del oleaje en zona de rompiente, con la finalidad de redistribuir la energía de las olas rompiendo. Se tiene en cuenta la distribución direccional de la densidad de acción del oleaje, quedando limitada la distribución de frecuencia a una frecuencia pico representativa:

$$\frac{\partial S_{roller}}{\partial t} + \frac{\partial c_x S_{roller}}{\partial x} + \frac{\partial c_y S_{roller}}{\partial y} + \frac{\partial c_\theta S_{roller}}{\partial \theta} = -D_{roller} + D_{waves}$$

- $S_{roller}(x, y, t, \theta)$  energía del oleaje en rompientes en cada sector direccional
- $\theta$  ángulo de incidencia con respecto al eje x
- $D_{waves}$  disipación de la energía debido a la rotura del oleaje
- $D_{roller}$  disipación de la energía de rolido debido a la rotura del oleaje
- $c_x, c_y$  velocidades de propagación de la energía de rolido en x e y
- $c_\theta$  velocidad de propagación de la energía de la ola en el espacio



**Ecuaciones de flujo en aguas poco profundas**

**SHALLOW WATER EQUATIONS (SWE)**

SWE representan las variaciones de la superficie del agua y el flujo, incluyendo oleaje infragravitatorio y corrientes inducidas por oleaje no estacionario.

XBeach utiliza las formulaciones dadas por Andrews y McIntyre (1978).

Las ecuaciones de continuidad y de cantidad de movimiento se formulan en términos de las velocidades lagrangianas  $u^L$  y  $v^L$ , que se definen como la distancia que recorre una partícula de agua en un periodo de onda, dividida por ese periodo.

Estas velocidades están relacionadas con las velocidades eulerianas (la velocidad promedio de onda corta observada en un punto fijo).

$$\frac{\partial u^L}{\partial t} + u^L \frac{\partial u^L}{\partial x} + v^L \frac{\partial u^L}{\partial y} - f v^L - v^L \left( \frac{\partial^2 u^L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u^L}{\partial y^2} \right) = \frac{\tau_{xx}^e}{\rho h} - \frac{\tau_{yy}^e}{\rho h} - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{F_x}{\rho h}$$

$$\frac{\partial v^L}{\partial t} + u^L \frac{\partial v^L}{\partial x} + v^L \frac{\partial v^L}{\partial y} + f u^L - v^L \left( \frac{\partial^2 v^L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v^L}{\partial y^2} \right) = \frac{\tau_{xy}^e}{\rho h} - \frac{\tau_{yx}^e}{\rho h} - g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{F_y}{\rho h}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial h u^L}{\partial x} + \frac{\partial h v^L}{\partial y} = 0$$

- $u^L, v^L$  velocidades lagrangianas
- $u^E, v^E$  velocidades eulerianas
- $\tau_x, \tau_y$  las tensiones de fondo
- $\eta$  nivel del agua
- $f$  coeficiente de Coriolis
- $F_x, F_y$  tensiones inducidas por el oleaje
- $\nu_h$  viscosidad horizontal

**Ecuación de transporte de sedimentos**

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial hC u^E}{\partial x} + \frac{\partial hC v^E}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( D_s h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_s h \frac{\partial C}{\partial y} \right) = \frac{hC_{eq} - hC}{T_s}$$

Ecuación de advección-difusión | Esquema de Galapatti y Vreugdenhil (1985), partiendo del campo de velocidades eulerianas ( $u^E, v^E$ ).

- C concentración de sedimento promediada con el fondo
- $C_{eq}$  concentración de equilibrio
- $u^E, v^E$  campo de velocidades eulerianas
- h profundidad local
- $D_s$  coeficiente de difusión del sedimento
- $T_s$  escala temporal de adaptación de la concentración de sedimento
- $W_s$  velocidad de caída del sedimento

$$T_s = \max \left( 0.05 \frac{h}{W_s}, 0.2 \right) s$$



**Ecuación de transporte de sedimentos**

Concentración de equilibrio → Dos metodologías: Soulsby-Van Rijn (Soulsby, 1997) y Van Rijn (2007).

**Soulsby-Van Rijn (Soulsby, 1997)**

$$C_{eq} = \frac{A_s + A_b}{h} \left( \left( |u^E|^2 + 0.018 \frac{u_{cr}^2}{C_d} \right)^{0.5} - u_{cr} \right)^{2.4} (1 - \alpha_s m)$$

**Van Rijn (2007)**

$$C_{eq} = \frac{A_b}{h} \left( \sqrt{|u^E|^2} + 0.64 u_{cr,2}^2 - u_{cr} \right)^{1.5} + \frac{A_s}{h} \left( \sqrt{|u^E|^2} + 0.64 u_{cr,2}^2 - u_{cr} \right)^{2.4} (1 - \alpha_s m)$$

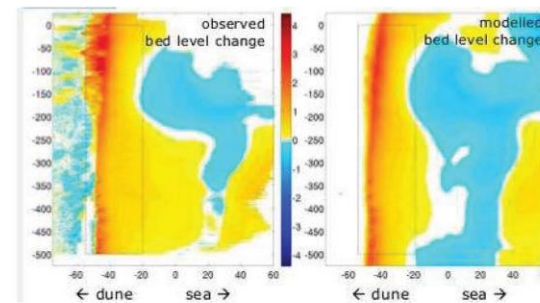
Van Rijn (2007) incluye la turbulencia producida por el oleaje en rotura

- $A_{sb}$  y  $A_{ss}$  coeficientes de transporte por suspensión y por fondo, respectivamente
- h profundidad local (m)
- $C_d$  coeficiente adimensional de arrastre en olas de corto periodo
- $u_{orb}$  velocidad orbital de la ola cerca del fondo
- $u_{cr}$  velocidad de transporte crítica debido a corrientes y oleaje
- M pendiente del fondo
- $\alpha_b$  factor de calibración

**Modelo morfológico**

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{f_{mor}}{(1-p)} \left( \frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} \right) = 0$$

- $S_x, S_y$  tasas de transporte de sedimentos
- $z_b$  nivel del fondo
- $f_{mor}$  factor de aceleración morfológica (1-10)
- p porosidad



Pasos en la modelación con XBeach

**Información batimétrica:** situación previa y posterior al evento de tormenta (múltiples fuentes: medición de perfiles con GPS Diferencial, LiDAR, drone, etc.).

**Condiciones de borde:** niveles de agua y espectro de oleaje (mediciones directas a través de una boya o simulaciones con otros modelos).

**Implementación del modelo:** utilizando la batimetría (*paso 1*) y las condiciones de borde (*paso 2*) se puede generar el modelo con XBeach. Se recomienda comenzar con los valores por defecto de XBeach.

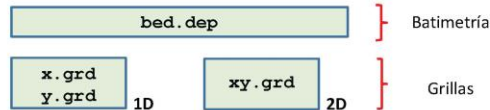
**Calibración y validación del modelo:** Representación de la realidad. Un método directo para calibrar un modelo XBeach es aplicar el enfoque de calibración de dos pasos de Nederhoff et al. (2015) (*1 - wave asymmetry factor, 2 - roughness coefficient*)

**Post-procesamiento:** gráficos y animaciones.

Información batimétrica



Dominios de modelación



```

depfile = bed.dep
-20.00 -20.00 -19.80 -19.70 ... 14 14 15 15
15

xfile = x.grd (1D)
0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 ... 1992.00 1994.00
1996.00 1998.00 2000.00

yfile = y.grd (1D)
0.00 0.00 8.00 0.00 0.00 0.00 ... 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

xyfile = xy.grd (2D)
Coordinate System = Cartesian
178 92
0 0 0
ETA= 1 -3.3116324400028950e+001 -
1.6832379200028130e+001 5.4515659999722860e+000
2.7735511999972910e+001 5.00194563999973520e+001
7.23034015999974140e+001 9.45873467999974760e+001
1.1687129199997540e+002 1.39155237199997600e+002
...
    
```

**Discretización espacial:**

- Rectangulares o curvilineas
- Equiespaciadas (keywords dx y dy) o no-equiespaciadas (keyword vardx = 1 y se proveen las coordenadas x e y en xfile y yfile respectivamente).

**Discretización de energía de olas:**

Ángulos y dirección de las ondas:

- thetamin y thetamax: según convención cartesiana y thetanaut = 1 náutica
- dtheta: discretización

Condiciones de borde

Condiciones de borde de niveles

Cuatro opciones para imponer condiciones de nivel en los bordes de un dominio 2D

- Nivel de agua uniforme (keyword: tideloc = 0)
- Una serie temporal del nivel de agua (keyword: tideloc = 1)
- Dos series temporales de niveles de agua, require identificación de los puntos (keyword: tideloc = 2)
- Cuatro series temporales de niveles de agua (keyword: tideloc = 4)



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



### Condiciones de borde

#### Condiciones de borde de oleaje

Opciones más comunes

#### Modo Surfbeat

#### Opción Jons

Se parametriza por defecto el espectro JONSWAP (seis parámetros, Tabla 3-7) en un archivo aparte.

#### Modo Estacionario

#### Opción stat

Tiene en cuenta los parámetros enunciados en la Tabla 3-8, pero se definen en el mismo archivo *params.txt*.

Tabla 3-7. Parámetros necesarios cuando se utiliza la opción jons en XBeach.

Parámetro	Unidad	Descripción
Hm0	(m)	Altura significativa de la ola
Tp	(s)	Periodo pico
mainang	(°)	Dirección de la ola
gammajsp	(-)	Factor de espectro JONSWAP
s	(-)	Espaciamiento de la ola
Duración	(-)	Duración de la cada condición especificada

Tabla 3-8. Parámetros necesarios cuando se utiliza la opción stat en XBeach.

Parámetro	Unidad	Descripción
Hrms	(m)	Altura de ola media cuadrática
Trep	(s)	Periodo representativo
Dir0	(°)	Dirección media de la ola
M	(-)	Energía distribuida direccionalmente
Wavint	(s)	Intervalos de llamado entre módulos de ola

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



### Implementación de un modelo

**XBeach** se configura utilizando una colección de archivos que contienen información sobre la batimetría, las condiciones de contorno, la configuración del modelo, etc. Todos los archivos son archivos de texto sin formato que deben estar en un solo directorio: el directorio de ejecución del modelo.

Al ejecutar **XBeach** en este directorio, el software usará esos archivos (entre ellos *params.txt*) y guardará la salida del modelo en el mismo directorio. La salida del modelo será un archivo netCDF (extensión: NC).

Configurar un modelo implica crear estos archivos de la forma en que se prefiera. Las herramientas comunes que se utilizan para configurar un modelo **XBeach** son:

- *RGGrid* y *QuickIn*
- *Matlab* y *el OpenEarth Matlab toolbox para XBeach*
- *Python*

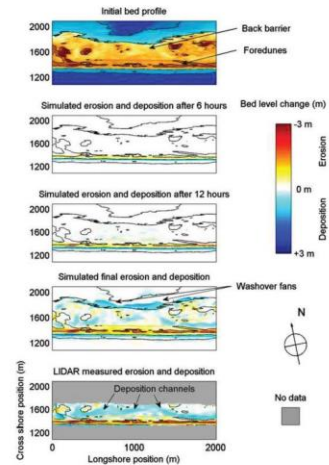
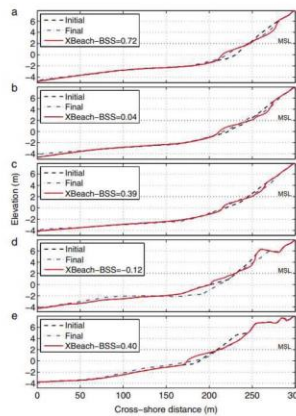
Preprocesamiento  
Edición de archivos de texto

Postprocesamiento  
Visualización de archivos netCDF (\*.nc)

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



### Calibración/Validación



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



### Herramientas de pre y post procesamiento

#### Matlab Toolbox (DELTAES)

A Matlab Toolbox to set-up and run XBeach models is built. The toolbox provides functions to read and analyze model output as well. It is available through the OpenEarthTools repository or can be downloaded as stand-alone toolbox below. The stand-alone toolboxes below have limited functionality. They depend on other functions in the OpenEarthTools toolbox that are not shipped along due to limitations in for example size.

#### QuickPlot (DELTAES)

QuickPlot is shipped with the Delft3D model and has, amongst others, the possibility to visualize netCDF data. Also the netCDF files generated by XBeach are accessible using QuickPlot. The QuickPlot viewing possibilities are extensive compared to the possibilities of the Matlab Toolbox.

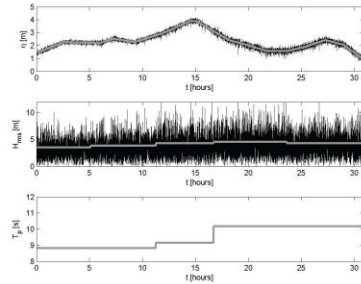
#### RGFGrid (DELTAES)

Also RGFGrid is shipped with the Delft3D model and is used to generate bathymetric grids. It also supports curvilinear grids, which are supported by XBeach, but not by the Matlab Toolbox.

#### Panoply (NASA)

Panoply plots geo-referenced and other arrays from netCDF, HDF, GRIB, and other datasets. Panoply is a cross-platform application that runs on Macintosh, Windows, Linux and other desktop computers. The current version of Panoply is 4.10.10, released 2019-09-30.

Ejemplo 1 - XBeach



Erosión de dunas en Delfland, Netherlands (1D)

Onda de Tormenta 1953

Ejemplo 1 - XBeach

params.txt - Erosión de dunas en Delfland, Netherlands (1D)

```

%% XBeach parameter settings input file
%% date: 09-Sep-2011 10:30:33
%% function: xb_write_params

%% Bed composition parameters
rhos = 2650
por = 0.400000
D50 = 0.000250
D90 = 0.000375
} arena

%% Flow boundary condition parameters
carspan = 0
random = 0

%% Flow numerics parameters
eps = 0.010000
umin = 0
hmin = 0.200000
    
```

Ejemplo 1 - XBeach

params.txt - Erosión de dunas en Delfland, Netherlands (1D)

```

%% Flow numerics parameters
eps = 0.010000
umin = 0
hmin = 0.200000

%% Flow parameters
C = 65           coeficiente de Chezy
nuh = 0.100000  Smagorinsky: sí (coef de Smagorinsky), no (coef de viscosidad horizontal)
nuhfac = 1       viscosity coefficient for roller induced turbulent horizontal viscosity

%% Grid parameters
gridform = xbeach
xfile = x.grd
yfile = y.grd
vardx = 1
nx = 258
ny = 2
depfile = bed.dep
posdwn = -1
thetamin = -90
thetamax = 90
dtheta = 180
} grilla / batimetría
    
```

Ejemplo 1 - XBeach

params.txt - Erosión de dunas en Delfland, Netherlands (1D)

```

%% Model time
tstop = 111170
CFL = 0.900000

%% Morphology parameters
morfac = 10           factor de aceleración morfológica
morstart = 0
wetslp = 0.100000
dryslp = 1            } pendientes críticas
hswitch = 0.100000
dzmax = 0.044100

%% Physical constants
g = 9.810000
rho = 1000

%% Roller parameters
roller = 1
beta = 0.100000
rfb = 1
    
```

**Ejemplo 1 - XBeach**

params.txt - Erosión de dunas en Delfland, Netherlands (1D)

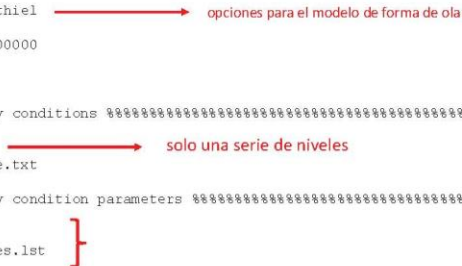
```

%%% Sediment transport parameters %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
waveform = vanthiel
form      = 2
facua    = 0.100000
turb     = 2
Tsmn     = 1

%%% Tide boundary conditions %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
tideloc  = 1
zsofile  = tide.txt

%%% Wave boundary condition parameters %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
in角度 = 41
bcfile   = waves.lst

%%% Wave breaking parameters %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
break    = 3
gamma    = 0.500000
alpha    = 1
n        = 10
delta    = 0
    
```



**Ejemplo 1 - XBeach**

params.txt - Erosión de dunas en Delfland, Netherlands (1D)

```

%%% Wave-spectrum boundary condition parameters %%%%%%%%%%%%%%%%%%%
bcfile   = filelist.txt

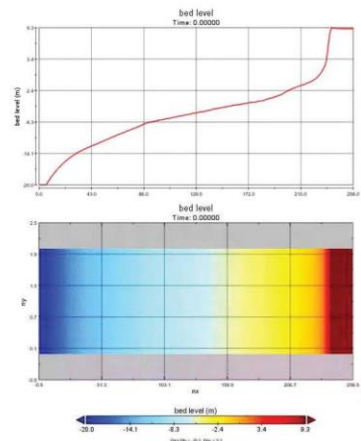
%%% Output variables %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
tint     = 100
tstart   = 0
outputformat = netcdf

nglobalvar = 4
H
ZS
u
zb
    
```

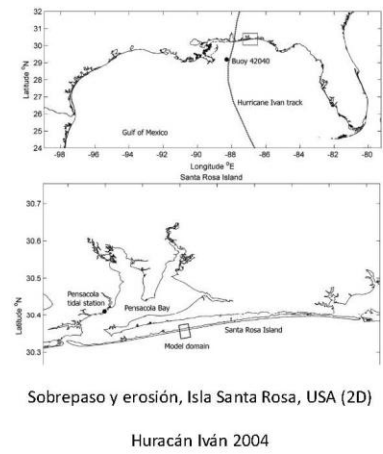
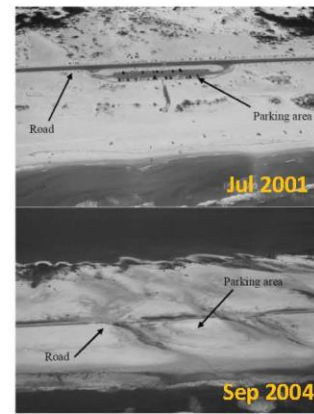


**Ejemplo 1 - XBeach**

resultados - Erosión de dunas en Delfland, Netherlands (1D)



**Ejemplo 2 - XBeach**



Sobrepaso y erosión, Isla Santa Rosa, USA (2D)  
Huracán Iván 2004

**Ejemplo 2 - XBeach**

params.txt – Sobrepasso, Santa Rosa Island, USA (2D)

```

#####
%% XBeach parameter settings input file
%%
%% date: 17-Aug-2011 22:07:19
%% function: xb_write_params
#####

%% Bed composition parameters #####

D50 = 0.00200
D90 = 0.00300

%% Flow boundary condition parameters #####

front = abs_2d
back = abs_2d }

%% Flow parameters #####

C = 55
  
```

**Ejemplo 2 - XBeach**

params.txt – Sobrepasso, Santa Rosa Island, USA (2D)

```

#####
%% Tide boundary conditions #####

zs0file = tide.txt → archivo con la serie temporal
tideloc = 2

%% Wave boundary condition parameters #####

instat = jons
wbcversion = 3

%% Wave-spectrum boundary condition parameters #####

bcfile = jonswap
random = 0
rt = 16200
dtbc = 1
  
```

**Ejemplo 2 - XBeach**

params.txt – Sobrepasso, Santa Rosa Island, USA (2D)

```

#####
%% Grid parameters #####

depfile = bed.dep
posdwn = 0
alfa = 0
thetamin = 200
thetamax = 300
dtheta = 20
thetanaut = 1
gridform = delft3d
xyfile = xy.grd

%% Model time #####

tstop = 16200

%% Morphology parameters #####

morfac = 10
wetstp = 0.150000
dryslp = 1
struct = 0
ne_layer = nebed.dep → archivo con información de estructura no erosionable
  
```

**Ejemplo 2 - XBeach**

params.txt – Sobrepasso, Santa Rosa Island, USA (2D)

```

#####
%% Output variables #####

outputformat = netcdf
tintm = 16200
tintg = 120
tstart = 0

nglobalvar = 13
zb
zs
u
v
H
Pk
Py
ceqsg
ocg
Bwg
Bvsg
sedero
dzsv

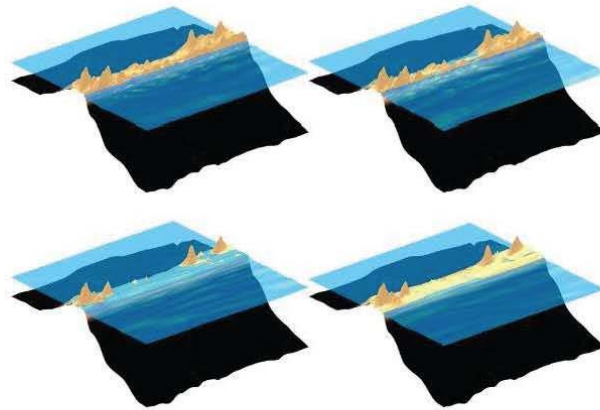
nmeanvar = 8
zs
u
v
H
ceqsg
ocg
Bwg
Bvsg
  
```

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Ejemplo 2 - XBeach

params.txt – Sobrepasso, Santa Rosa Island, USA (2D)

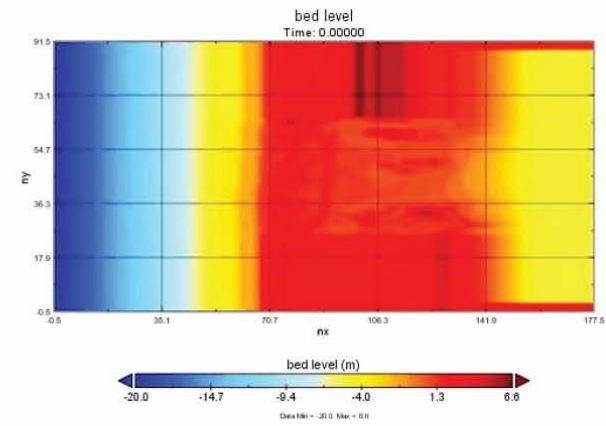


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



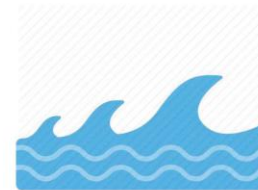
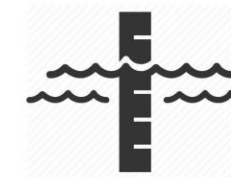
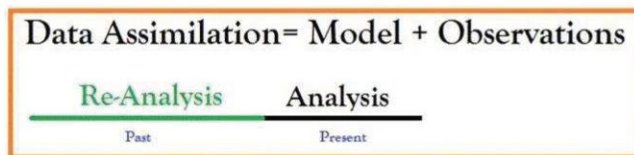
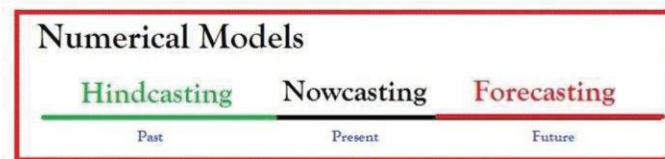
Ejemplo 2 - XBeach

params.txt – Sobrepasso, Santa Rosa Island, USA (2D)



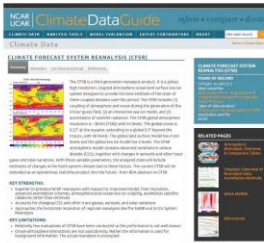


Hindcast - Variables de la dinámica costera



Datos de vientos de reanálisis

Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)

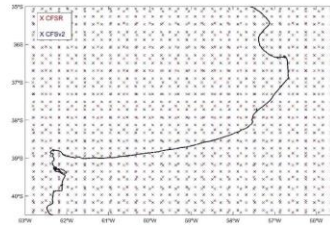


[https://climate.dataguide.ucar.edu/Climate-data/Climate-forecast-system-reanalysis\\_cfsr](https://climate.dataguide.ucar.edu/Climate-data/Climate-forecast-system-reanalysis_cfsr)



- 1979-2010
- Resolución espacial del dominio atmosférico de ~38 km
- Paso temporal de 1 hora.

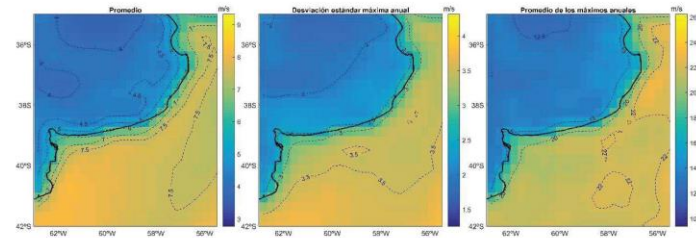
Costa bonaerense → 1979-2018 (40 años)



Nodos de reanálisis en la costa marítima de la Provincia de Buenos Aires: CFSR (rojo) y nodos CFSv2 (azul).

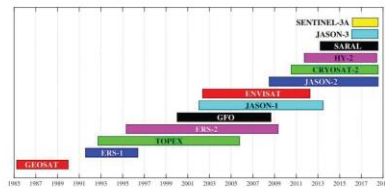
CFSv2 → 2011 hasta el presente

Datos de vientos de reanálisis

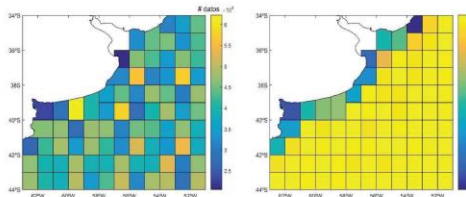


Vientos CFSR (Intensidad). Período 1979-2010. Campo promedio (izquierda), campo de la desviación estándar máxima calculada con paso anual (centro) y campo del promedio de los máximos anuales (derecha).

Datos de vientos altimétricos



Cobertura temporal de las misiones altimétricas presentes en la base de datos IMOS (<http://imos.org.au/>)



Base de datos altimétricos IMOS.

Distribución espacial de la cantidad de datos (izquierda).

Distribución espacial del porcentaje de datos catalogados como de buena calidad (derecha).

Datos observados

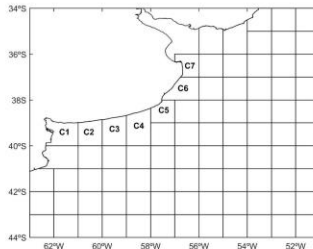


Puerto Quequén

Torre Mareográfica Bahía Blanca

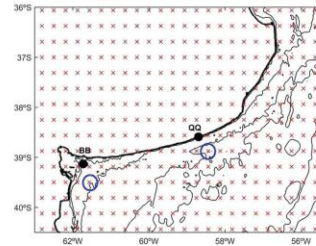
### Validación de vientos de reanálisis

Datos de reanálisis vs Datos altimétricos



División del dominio considerada en el análisis de los datos altimétricos.

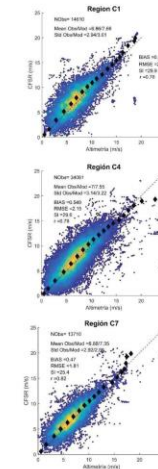
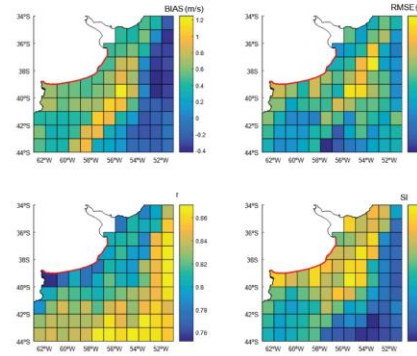
Datos de reanálisis vs Datos observados



Ubicación de los puntos de medición (BB y QQ), localización de los nodos CFSR e identificación del nodo marítimo más cercano a cada punto de medición.

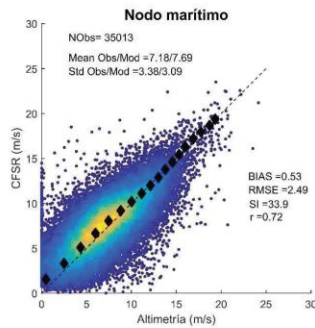
### Validación de vientos de reanálisis

Datos de reanálisis vs Datos altimétricos

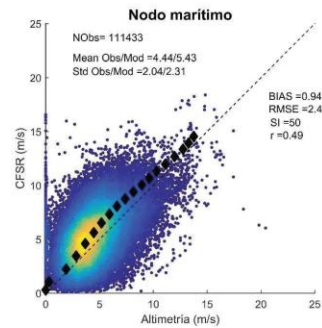


### Validación de vientos de reanálisis

Datos de reanálisis vs Datos observados

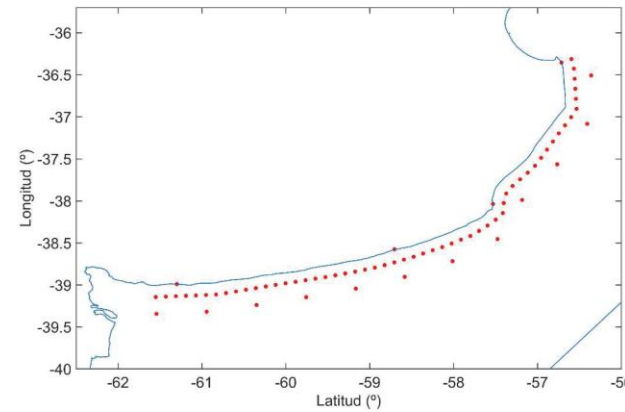


Bahía Blanca



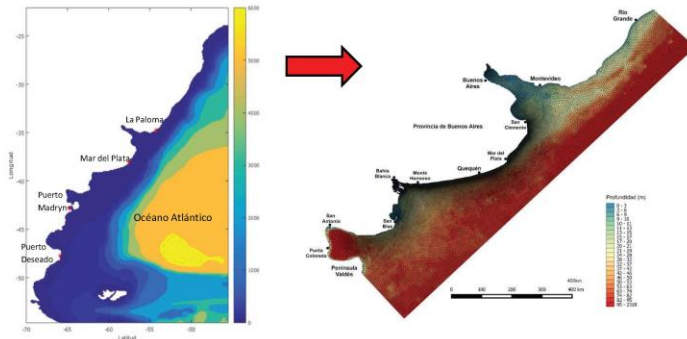
Quequén

### Análisis retrospectivo de niveles



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis retrospectivo de niveles**

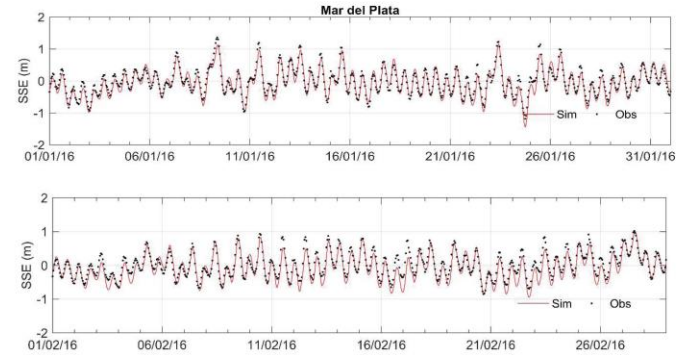


Modelo regional de marea del Atlántico Sur (Astide)

Modelo regional de marea de la Provincia de Buenos Aires

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis retrospectivo de niveles**

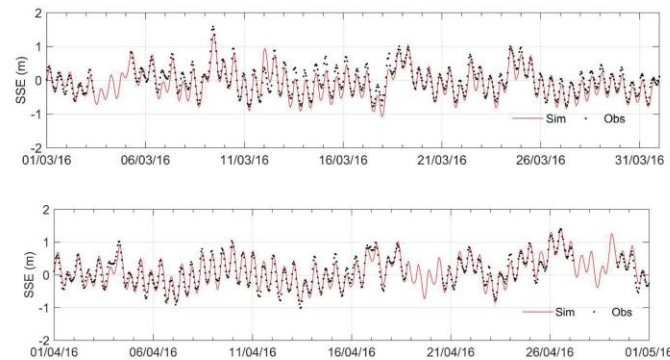


Enero / Febrero 2016

Mar del Plata

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis retrospectivo de niveles**

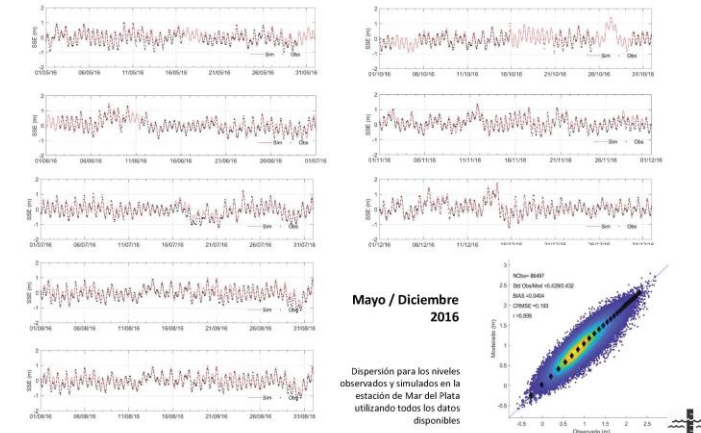


Marzo / Abril 2016

Mar del Plata

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis retrospectivo de niveles**

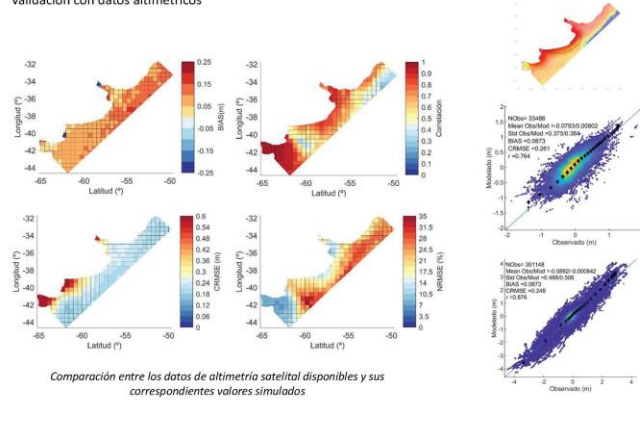


Mayo / Diciembre 2016

Dispersión para los niveles observados y simulados en la estación de Mar del Plata utilizando todos los datos disponibles

### Análisis retrospectivo de niveles

Validación con datos altimétricos



### Análisis retrospectivo de oleaje

Dominio y resolución espacial.

Grilla	Rango de Longitudes	Rango de Latitudes	Δlon	Δlat	Nlon	Nlat	# Puntos	# Puntos activos
Global (1)	-180° / 180°	-78.00° / 78.00°	1.250°	1.000°	288	157	45216	28869
AtlSur (2)	-70° / 20°	-77.89° / 10.14°	0.310°	0.310°	289	283	81787	59668
Region_BA (3)	-65° / -50°	-45.00° / -33.00°	0.083°	0.083°	181	145	26245	17347

Discretización del dominio espectral.

Grilla	Número de direcciones	Incremento en direcciones	Número de frecuencias	Frecuencia mínima	Factor de incremento geométrico	Frecuencia máxima
Global (1)	36	10°	25	0.0412 Hz	1.1	0.4056 Hz
AtlSur (2)	36	10°	25	0.0412 Hz	1.1	0.4056 Hz
Region_BA (3)	36	10°	30	0.0412 Hz	1.1	0.6532 Hz

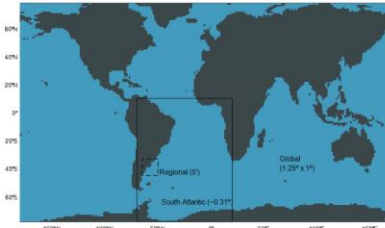
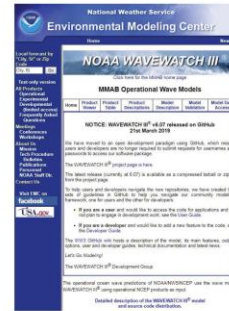
Discretización del dominio temporal.

Grilla	Δt <sub>t</sub> (s)	Δt <sub>cp</sub> (s)	Δt <sub>g</sub> (s)	Δt <sub>s</sub> (s)
Global (1)	3600	1800	1800	30
AtlSur (2)	1800	600	900	30
Region_BA (3)	900	300	450	20

### Análisis retrospectivo de oleaje

WAVEWATCH III® versión 5.16 (WW3DG, 2016)

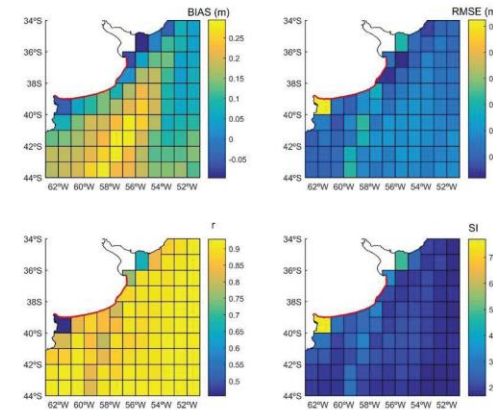
Modalidad multi-grilla.



OMB (Ocean Modeling Branch) / NCEP (National Centers for Environmental Prediction).

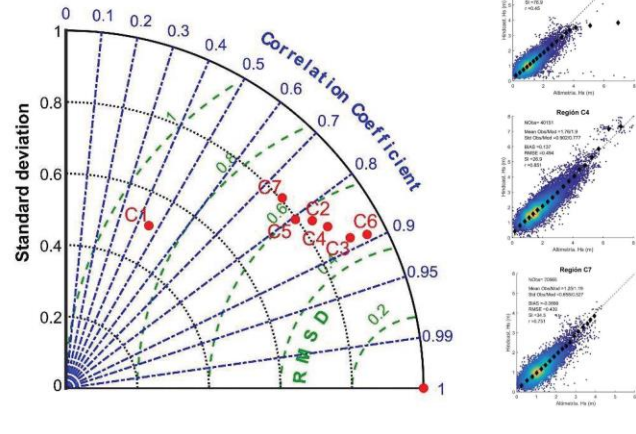
<https://polar.ncep.noaa.gov/waves/>

### Análisis retrospectivo de oleaje



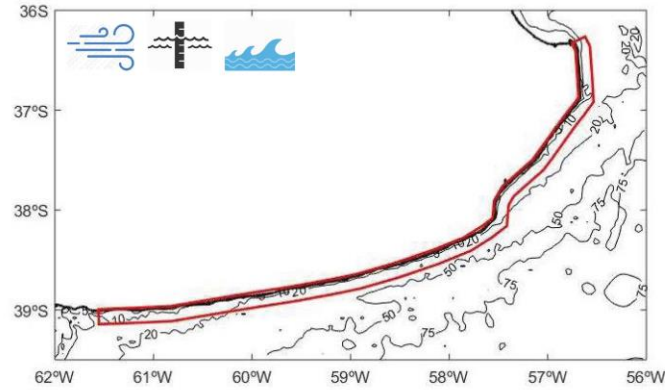
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis retrospectivo de oleaje**



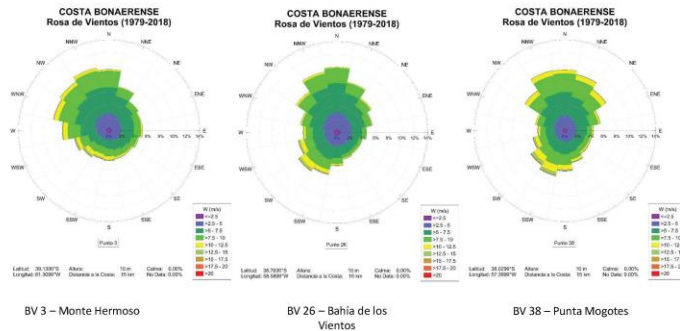
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Dominio con datos generados por el Hindcast**



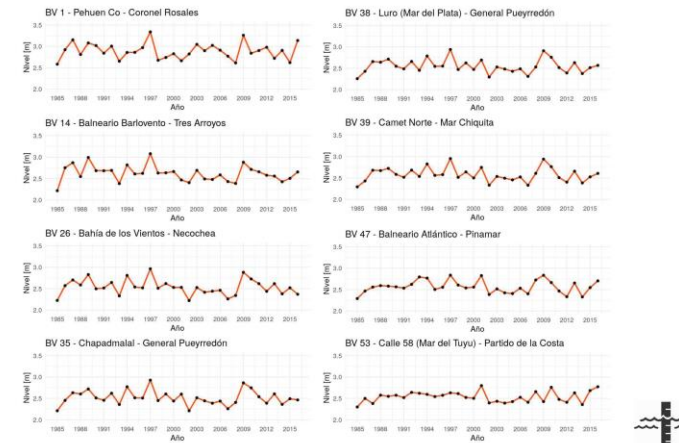
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis estadístico de vientos**

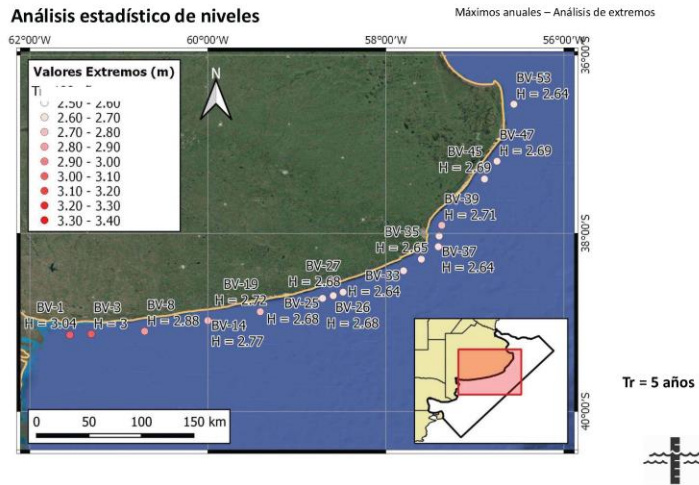


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

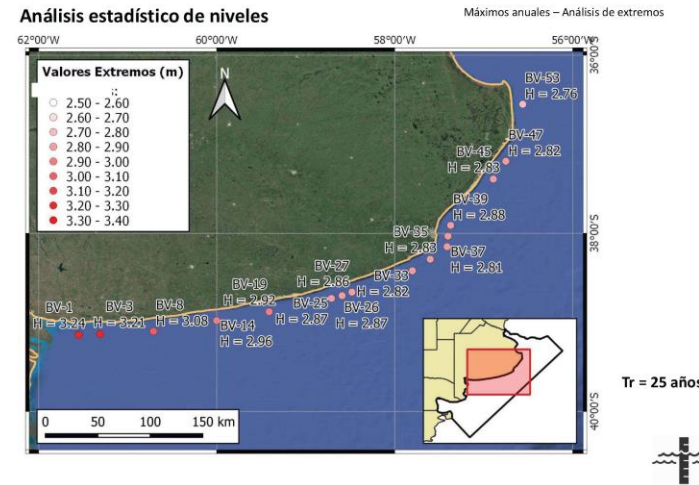
**Análisis estadístico de niveles**



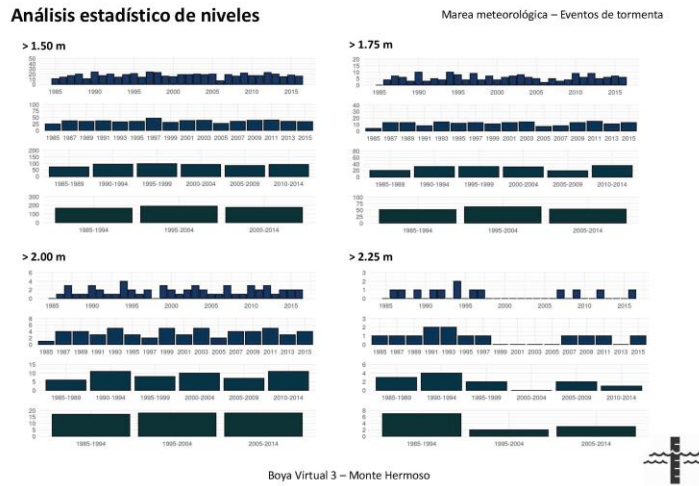
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



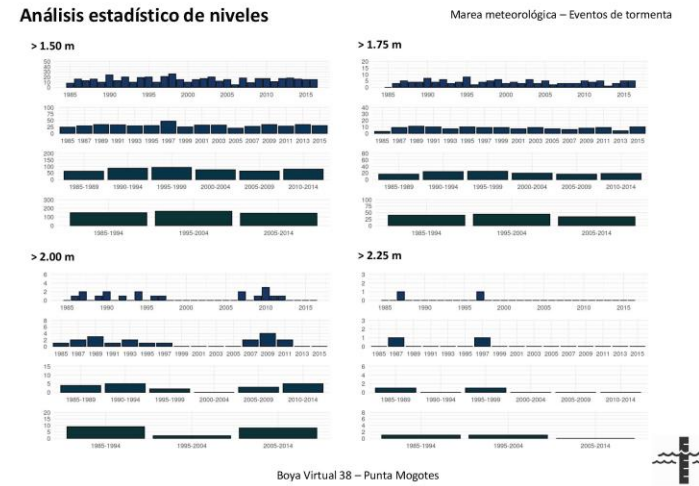
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

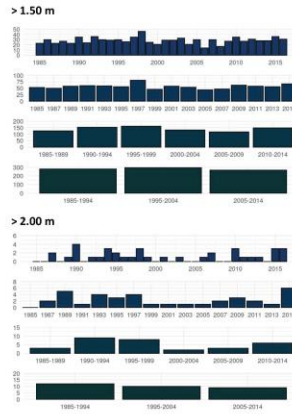


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



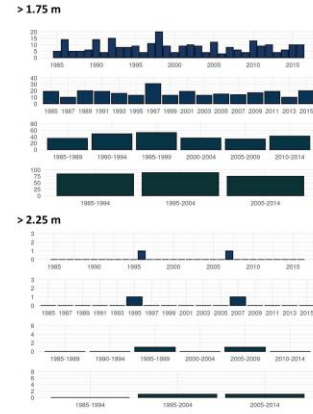
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis estadístico de niveles**



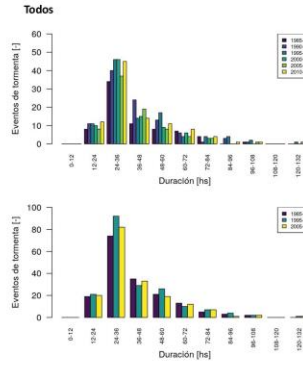
Boya Virtual 53 – Mar del Tuyu

**Marea meteorológica – Eventos de tormenta**



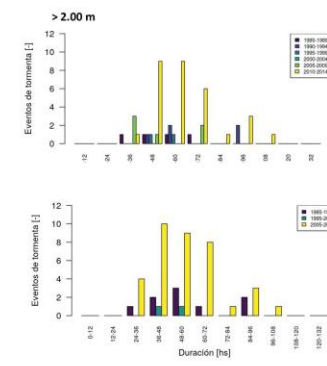
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis estadístico de niveles**



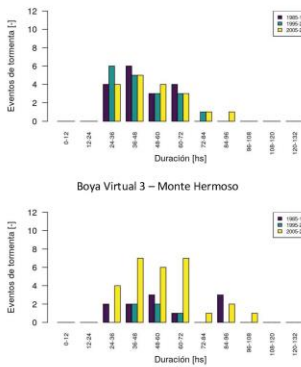
Boya Virtual 38 – Punta Mogotes

**Duración de eventos de tormenta**



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

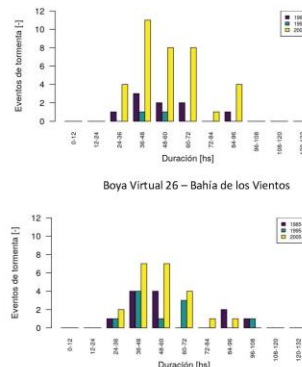
**Análisis estadístico de niveles**



Boya Virtual 3 – Monte Hermoso

Boya Virtual 45 – Mar del Azul

**Duración de eventos de tormenta**



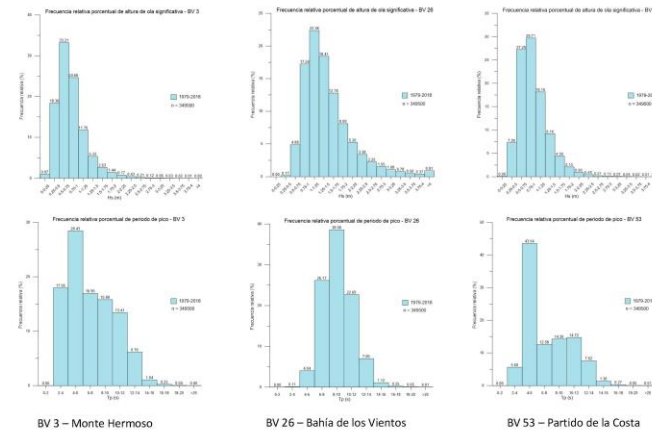
Boya Virtual 26 – Bahía de los Vientos

Boya Virtual 53 – Mar del Tuyu



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

**Análisis estadístico de oleaje**



BV 3 – Monte Hermoso

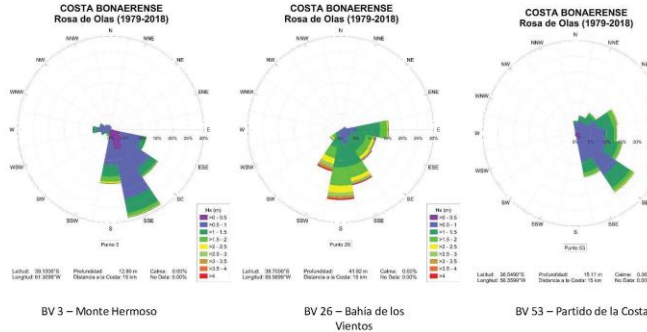
BV 26 – Bahía de los Vientos

BV 53 – Partido de la Costa



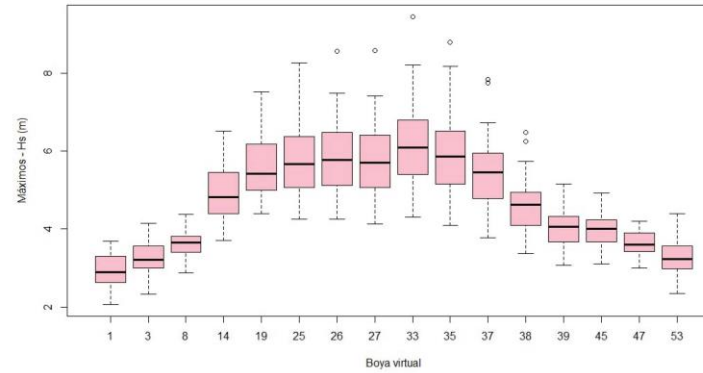
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Análisis estadístico de oleaje



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

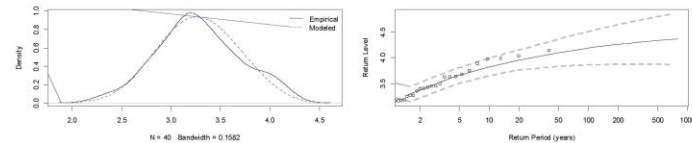
### Análisis de extremos para el oleaje



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Análisis de extremos para el oleaje

Resultados del ajuste con GEV para datos de BV3



Valores de Hs asociados a distintos periodos de retorno

TR	Hs (m) para diferentes Boyas Virtuales									
	1	8	14	19	26	33	35	39	45	53
2	2.95	3.64	4.84	5.50	5.72	5.96	5.74	4.03	3.96	3.24
5	3.30	3.90	5.46	6.21	6.60	6.98	6.72	4.46	4.34	3.67
10	3.48	4.04	5.87	6.68	7.18	7.65	7.37	4.70	4.53	3.92
20	3.62	4.15	6.26	7.13	7.74	8.29	7.99	4.89	4.69	4.16
50	3.76	4.26	6.77	7.72	8.46	9.13	8.80	5.10	4.86	4.43
100	3.85	4.33	7.15	8.16	9.00	9.75	9.40	5.24	4.96	4.63

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

### Modelo de transporte litoral

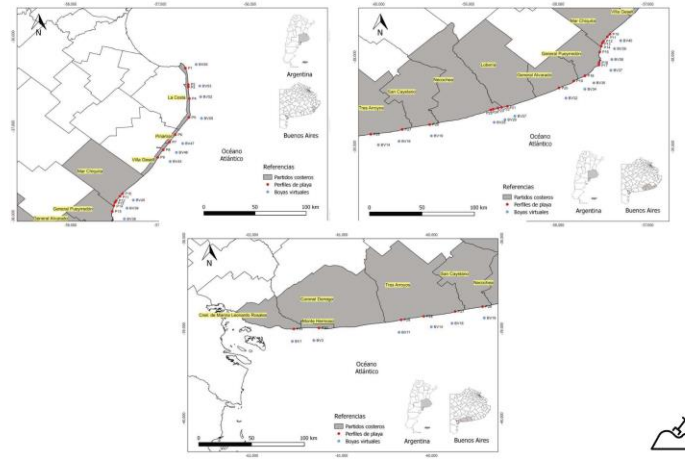
Perfiles observados



Partido	Nombre del Perfil	Orientación (°)	D <sub>50</sub> (mm)	Boya virtual
La Costa	P1 Alvejas (San Clemente)	64.61	0.21	55
	P2 Santa Teresita (calle 32)	89.37	0.20	53
	P3 Mar del Tuyú (calle 58)	87.80		53
	P4 San Bernardo (calle Andrade)	89.43		52
Pinamar	P5 Punta Médanos	121.38	0.19	50
	P6 Pinamar Golf Club	121.00	0.34	47
Villa Gesell	P7 Balneario Gozamal (Carril)	121.09	0.28	47
	P8 Calle 307	123.85	0.54	46
	P9 Mar Azul	115.73	0.68	45
	P10 Calle San Martín	128.3	0.30	40
Mar Chiquita	P11 Av. Mar de Cobo	126.04	0.35	40
	P12 Camet Norte	123.98	0.36	39
	P13 Santa Clara del Mar	121.4	0.48	39
	P14 La Manada	106.94	0.34	39
General Pueyrredón	P15 Parque Camet	102.25	0.56	39
	P16 Punta Mogotes	102.71	0.52	38
	P17 Honu Beach	117.16	0.56	37
	P18 Chapadmalal	137.81	0.43	35
General Alvarado	P19 HR (Miramar)	134.46	0.29	34
	P20 Balneario Cocoboco	146.96	0.35	32
Inhúria	P21 Arenas Verdes Oeste	167.09	0.59	27
	P22 Costa Bonita	166.18	0.30	26
Necochea	P23 Bahía de los Vientos	166.29	0.30	26
	P24 Av. 75 Necochea	163.57	0.22	25
	P25 Balneario Kabby	157.02	0.23	25
San Cayetano	P26 San Cayetano Parador	168.93	0.30	19
	P27 Orensa	158.21	0.25	16
Teco Arroyos	P28 Bal. Barlovento (Dinamar)	173.00		14
	P29 Reta Calle 48	166.79	0.32	11
Monte Hermoso	P30 Faro Recalada	186.64		3
Comandante Espora	P31			*

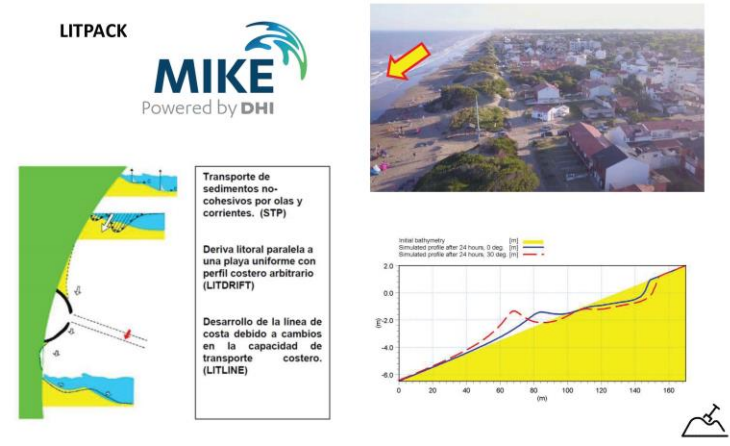
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

Modelo de transporte litoral



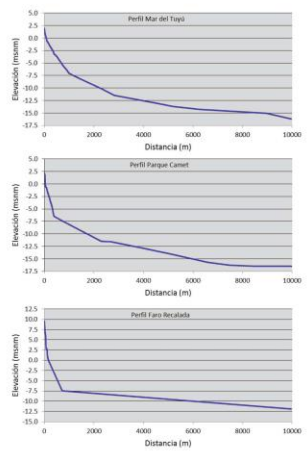
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

Modelo de transporte litoral

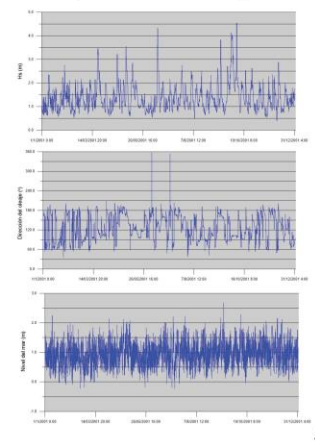


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

Modelo de transporte litoral

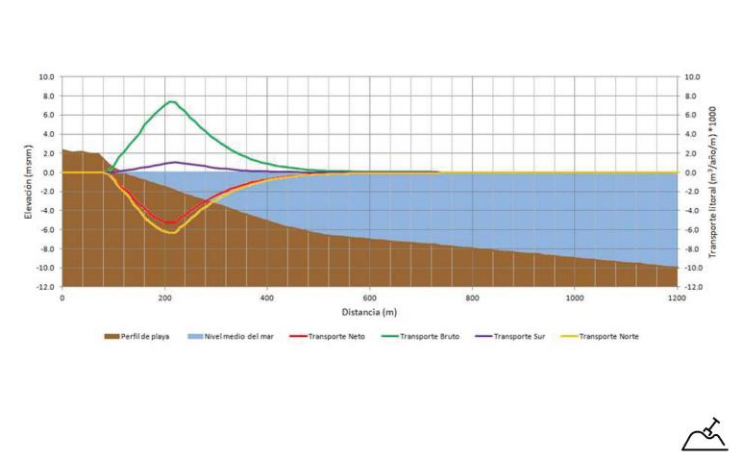


Boya Virtual 38 – Punta Mogotes



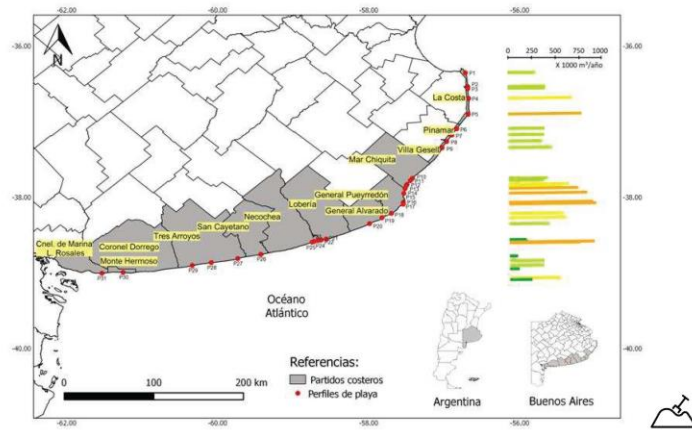
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera

Modelo de transporte litoral





Modelo de transporte litoral



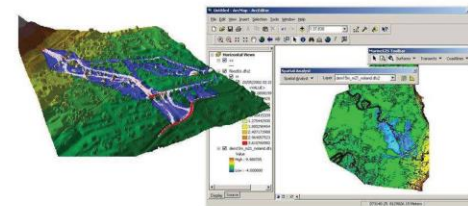


**Etapas de una modelación numérica:**

- 1) Definición del problema
- 2) Selección del software
- 3) Armado del modelo
- 4) Calibración
- 5) Implementación / Análisis de resultados



**Principales componentes de la modelación numérica:**



- Dominio
- Grilla
- Batimetría
- Condiciones de borde
- Parámetros físicos
- Parámetros numéricos
- Período de simulación
- Paso temporal
- Singularidades
- Condiciones iniciales
- Extracción de resultados



**Principales componentes de la modelación numérica:**

**DOMINIO**

Es la extensión que abarca el área de interés a modelar, más un cierto margen (zonas buffer), que permite amortiguar efectos no deseados causados por sus propios límites.

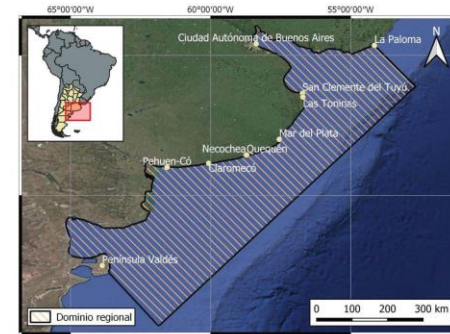
Está delimitado por:

- Bordes cerrados (Lado Tierra, límite físico y real)
- Bordes abiertos (Lado Agua, límite matemático y virtual)

Dentro de estos límites se efectúan todos los cálculos del modelo.

**Ejemplo: Modelo regional de la Costa de Buenos Aires**

**DOMINIO**



**Principales componentes de la modelación numérica:**

**GRILLA**

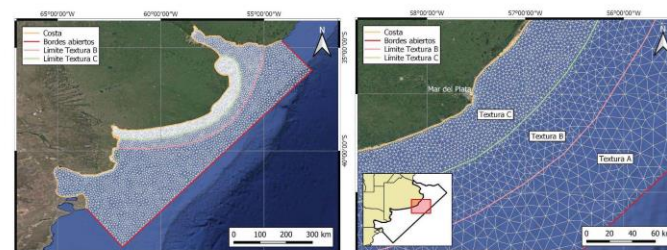
Es la discretización del dominio en celdas, que pueden ser rectangulares o triangulares, y en cuyos nodos se realizan los cálculos para determinar los valores de las variables de los procesos físicos intervinientes en cada paso temporal de la simulación.

Es el elemento que permite el paso de un modelo continuo a un modelo discreto, permitiendo así que los cálculos se puedan realizar por una computadora.

Debe estar presente en toda la superficie que abarca el Dominio, ya que sólo de esta forma se pueden llevar a cabo dichos cálculos.

**Ejemplo: Modelo regional de la Costa de Buenos Aires**

**GRILLA**



Principales componentes de la modelación numérica:

BATIMETRÍA

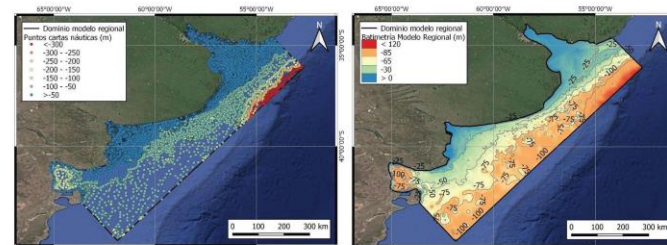
Es la forma del lecho (fondo) del cuerpo de agua modelado. Representa una barrera física por sobre la que se desplaza el agua.

Debe haber un valor de profundidad en cada nodo de cada celda, de lo contrario el modelo no podrá correr (efectuar cálculos).

El signo importa: la gran mayoría de los softwares adoptan un valor negativo para indicar profundidad, pero no advierten si se coloca valores positivos. Esto puede generar errores importantes.

Principales componentes de la modelación numérica:

BATIMETRÍA



Principales componentes de la modelación numérica:

FORZANTES Y CONDICIONES DE BORDE

Son valores de determinadas variables físicas que transmiten energía al agua y provocan ("fuerzan") su desplazamiento.

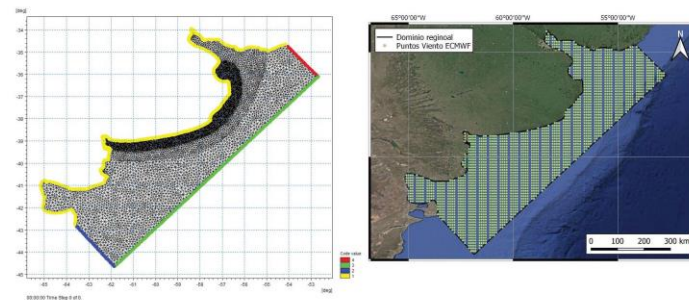
Las condiciones de borde son forzantes aplicados únicamente en los bordes abiertos del modelo.

Pueden ser constantes o variables a lo largo del tiempo y/o del dominio/borde.

Algunos ejemplos pueden ser: onda de marea, oleaje, viento, etc.

Principales componentes de la modelación numérica:

FORZANTES Y CONDICIONES DE BORDE





**Principales componentes de la modelación numérica:**  
**PARÁMETROS FÍSICOS Y NUMÉRICOS**

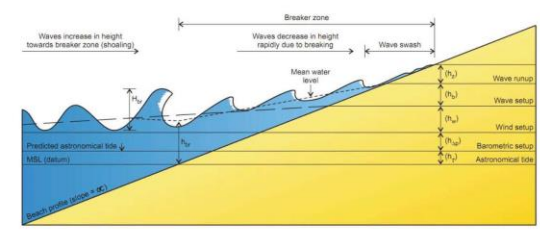
Los primeros son magnitudes escalares que caracterizan a un determinado fenómeno físico para el tiempo y lugar representados por la modelación.

Ejemplos: La densidad o la temperatura del agua, su viscosidad, la temperatura del aire, la radiación solar, etc.

Los segundos establecen las formas en que la computadora llevará a cabo los cálculos de la simulación.

Ejemplos: Esquemas de resolución adoptados, tolerancias, etc.

**Principales componentes de la modelación numérica:**  
**PARÁMETROS FÍSICOS Y NUMÉRICOS**



$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} \int_{\Omega} N d\Omega d\theta - \int_{\Omega} \int_{\Omega} \frac{S}{\sigma} d\Omega d\theta = \int_{\Omega} \int_{\Omega} \nabla \cdot (\bar{v}N) d\Omega d\theta \rightarrow \frac{\partial N_{i,j,m}}{\partial t} = -\frac{1}{A_i} \left[ \sum_p (F_p)_{p,j,m} - M_p \right]$$

$$\text{Solve } \bar{A} \Delta x^{k+1} = -F_1(x^k)$$

$$\text{Set } \bar{x}^{k+1} = \bar{x}^k + \alpha \Delta x^{k+1}$$

$$\| \bar{F}(\bar{x}^{k+1}) \|_{RMS} < TOL_1$$

$$\| \bar{F}_0^{k+1} - \bar{F}_0^k \|_{RMS} < TOL_2$$



**Principales componentes de la modelación numérica:**  
**PERÍODO DE SUMILACIÓN Y PASO TEMPORAL**

El período de simulación le indica al software las fechas de referencia entre las cuales debe efectuar los cálculos a partir de los datos recibidos. No sólo limita el tiempo de simulación, sino que refiere los resultados a una referencia temporal real determinada.

El paso temporal ( $\Delta t$ ) es el intervalo de tiempo en el que se debe subdividir el período de simulación. De esta forma, todas las operaciones se realizarán en múltiplos de  $\Delta t$ .

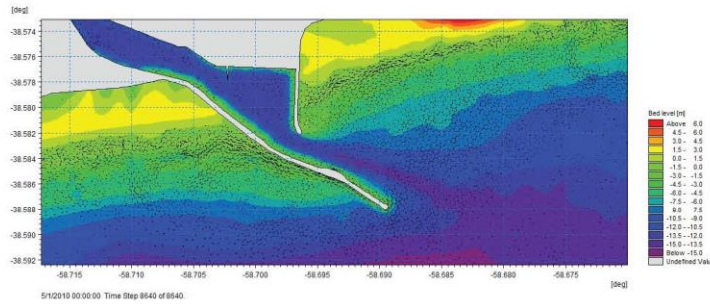
**Principales componentes de la modelación numérica:**  
**SINGULARIDADES**

Son todos aquellos elementos que se ubican en un lugar específico del dominio, poseen una extensión acotada y por su presencia alteran los resultados del modelo.

Algunos ejemplos pueden ser: escolleras, protecciones de márgenes, desembocaduras de ríos en el mar, etc.

Suele haber más de una forma de representarlas, por lo que se debe adoptar una que no comprometa los resultados de lo que se quiere evaluar.

**Ejemplo: Modelo de detalle – Puerto de Quequén**  
**SINGULARIDADES**



**Principales componentes de la modelación numérica:**  
**EXTRACCIÓN DE RESULTADOS**

Se debe indicar al modelo cuales son los resultados/las variables que interesa obtener, en dónde (un punto, una línea o un área georreferenciadas dentro del dominio), para que intervalo de tiempo y con qué frecuencia de extracción. Esto último suele cobrar peso cuando el volumen de resultados es importante y estos ocupan mucho espacio.

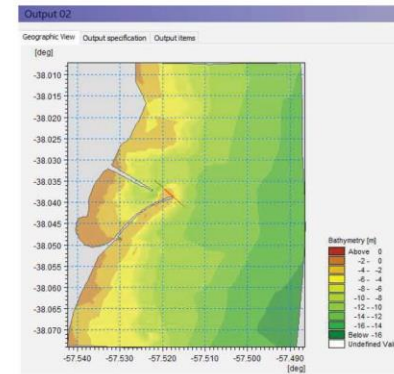
También puede definirse el formato de salida de los resultados en función del post-proceso que deba efectuarse.

**Principales componentes de la modelación numérica:**  
**CONDICIONES INICIALES**

Se trata del estado inicial en el que comienza la modelación. Puede ser:

- Un estado de reposo, en el que se deberá dejar correr el modelo un tiempo determinado para alcanzar las condiciones reales. Durante este tiempo, los resultados obtenidos no son representativos.
- Un estado activo, en el que directamente se parte de condiciones reales / representativas. Si bien se trata de una alternativa superior a la anterior, este estado en general solo puede obtenerse de una corrida previa del mismo modelo.

**Principales componentes de la modelación numérica:**  
**EXTRACCIÓN DE RESULTADOS**

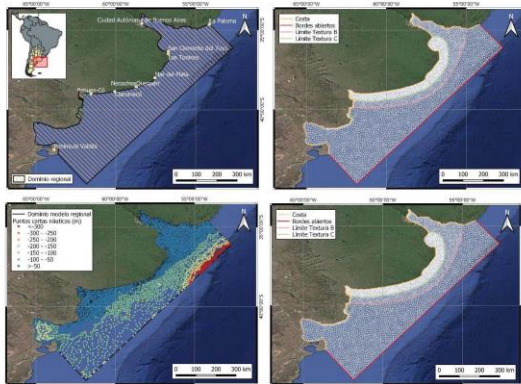


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Principales componentes de la modelación numérica:

RESUMEN



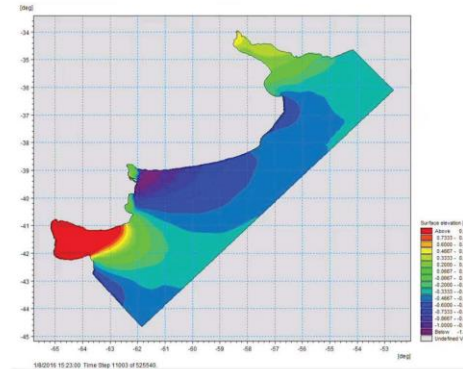
- + Parámetros físicos
- + Parámetros numéricos
- + Período simulado
- + Paso de tiempo
- + Singularidades
- + Condiciones iniciales
- + Extracción de resultados

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Principales componentes de la modelación numérica:

RESULTADOS



¿Qué información necesito para armar un modelo?

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



Información necesaria para armar un modelo numérico:

CONOCIMIENTO

Antes de abordar una modelación numérica es fundamental primero saber:

- Cuál es el objetivo de la modelación
- Qué procesos físicos están involucrados en el objeto de estudio
- Qué procesos numéricos son aplicables para la obtención de un modelo estable y acorde al objeto de estudio

**Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera:**

**DATOS**

Dado que un modelo numérico intenta representar la ocurrencia de un proceso físico en condiciones determinadas de ubicación y temporalidad, es necesario que este cuente con datos que caractericen dicha combinación. En el caso de la dinámica costera, se requiere información de:

- Batimetría – Puntos georreferenciados con valores de profundidad.
- Condiciones de borde – Variaciones temporales y espaciales de los forzantes del modelo.
- Mediciones para la calibración – Datos de algún tipo que permitan corroborar que los resultados obtenidos son representativos del fenómeno estudiado.



**Situación actual de la información disponible:**

Una reducida cantidad de actores con intereses muy diversos relevan información en pocos puntos a lo largo de la costa bonaerense, de manera independiente y en su mayoría con fines exclusivamente de uso propio.

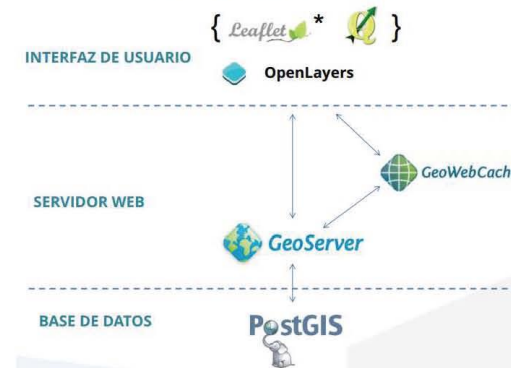
Incluso en los casos en que se miden los mismos fenómenos naturales, estos no son representados por las mismas variables, o no mantienen un mismo formato, no respetan el mismo intervalo de medición, hay mucha intermitencia en los períodos medidos, etc.

A esto se le suma que en muchos casos la información no es pública o se da a conocer una pequeña parte de esta.

**Escasos de información y dificultades para su utilización**

**Contribución del proyecto:**

**Nuevas herramientas para los tomadores de decisiones de la gestión costera**



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



**Contribución del proyecto:**

**BASE DE DATOS**

Una **base de datos** es un conjunto de datos interrelacionados almacenados en conjunto **sin redundancias perjudiciales** o innecesarias y mediante una estructura lógica. Es decir, tan importante como los datos, es la estructura conceptual con la que se relacionan los datos entre sí mismos. En la práctica, se puede pensar esto como el conjunto de datos más los programas (software) que hacen de ellos un conjunto existente.

Su finalidad es servir a una o más aplicaciones de la mejor forma posible. Los datos se almacenan de modo que resulten **independientes** de los programas que los usan. Se emplean métodos bien determinados para incluir nuevos datos y para modificar o extraer los datos almacenados (Martin, 1975).

Su función primordial es la de atender a las relaciones naturales, de modo que suministre todos los caminos de acceso necesarios a cada unidad de datos con objeto de poder atender todas las necesidades de los **diferentes usuarios** (Deen, 1985).

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



**Contribución del proyecto:**

**BASE DE DATOS - VENTAJAS**

**Independencia** de los datos respecto a los tratamientos y viceversa: esto supone que un cambio en los tratamientos no imponga un nuevo diseño lógico y/o físico de la base de datos, evitando así la reprogramación de las aplicaciones.

**Coherencia** de los resultados: debido a que la información de la Base de Datos se recoge y se almacena una sola vez, en todos los tratamientos se utilizan los mismos datos, por lo que los resultados de estos son coherentes y comparables. Así, se eliminan las divergencias en los resultados.

**Mejor disponibilidad y transparencia** de los datos para el conjunto de los usuarios: ningún usuario es propietario de los datos.

**Mayor valor informativo: sinergia** (el conjunto es más que la suma de las partes)

**Mejor y más normalizada documentación:** los Sistemas de Gestión de Bases de Datos incluyen una descripción de los datos dentro del sistema.

**Mayor eficiencia** en la captura, validación e ingreso de datos al sistema: al no existir redundancias, los datos se capturan y validan una sola vez aumentando el rendimiento del proceso previo al almacenamiento.

**Reducción del espacio de almacenamiento:** la disminución de redundancias y las técnicas de compactación hacen que disminuya el espacio en disco.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



**Contribución del proyecto:**

**BASE DE DATOS**

La **redundancia** de datos debe ser **controlada**, de forma que no existan duplicidades perjudiciales e innecesarias. Las redundancias físicas, convenientes muchas veces a fin de responder a objetivos de eficiencia, son tratadas por el mismo sistema, de modo que no puedan producirse incoherencias. Esto significa que en las bases de datos no está permitida la **redundancia lógica**, pero si se admite cierta **redundancia física** por motivos de eficiencia.

El objetivo de disminuir la redundancia de un conjunto de datos determina dos características fundamentales que poseerá cualquier sistema de Bases de Datos:

- a) **Integrada:** una base de datos puede considerarse como una **unificación** de varios archivos de datos independientes.
- b) **Compartida:** Se entiende que partes individuales de la Base de Datos pueden compartirse entre varios **usuarios distintos**, en el sentido que cada uno de ellos puede tener acceso a la misma parte de la Base de Datos y utilizarla con propósitos diferentes.

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



**Contribución del proyecto:**

**BASE DE DATOS**

Una base de datos puede ser clasificada en función del **modelo** que se utiliza para construirla. Los modelos implican una forma particular de almacenar los datos, la forma en que se estructuran los datos y las relaciones que se establecen entre estos.

Dada la particularidad de la información a almacenar como parte del proyecto, cuyo fin es el de proporcionar herramientas para la gestión costera, se adoptó el modelo de **bases de datos relacionales**, que es habitualmente utilizado para los Sistemas de Información Georreferenciada (SIG).

**Contribución del proyecto:**

**BASE DE DATOS**

**Bases de datos relacionales:**

Este es el modelo más utilizado en la actualidad para modelar problemas reales y administrar datos dinámicamente. Su idea fundamental es el uso de **relaciones**, que podrían considerarse en forma lógica como conjuntos de datos de una tabla que está compuesta por registros (las filas) y campos (las columnas).

En este modelo, el lugar y la forma en que se almacenen los datos no tienen relevancia, por lo que es más fácil de entender y de utilizar para un usuario esporádico de la base de datos. La información puede ser recuperada o almacenada mediante "**consultas**" que ofrecen una amplia flexibilidad y poder para administrar la información.

**Contribución del proyecto:**

**BASE DE DATOS**

La particularidad que tiene Postgres, es que al añadirle el módulo **PostGIS**, no solo soporta los datos que se encuentran frecuentemente en cualquier base de datos, como texto, números, fechas, etc., sino que también soporta datos geométricos. Dichos datos geométricos, al contener coordenadas reales del terreno se convierten en **datos geográficos**, como los que manejan los SIG.

Productos similares: la extensión Spatial de Oracle, o la extensión geográfica de MySQL.

Además del soporte de datos geométricos (y recientemente, también datos geográficos), PostGIS también añade numerosas **funciones** relacionadas con el manejo de los datos espaciales, como el cálculo de distancia, superficie, perímetro, re-proyección, relaciones topológicas y procedimientos más avanzados de análisis espacial.



**Contribución del proyecto:**

**BASE DE DATOS**

**PostgreSQL:** Motor de bases de datos de datos relacionales, de uso libre y gratuito.



Principales características:

**Alta concurrencia:** Mediante un sistema denominado MVCC (Acceso concurrente multiversión) *PostgreSQL* permite que, mientras un proceso escribe en una tabla, otros accedan a la misma tabla sin necesidad de bloqueos.

**Almacenamiento** de una amplia variedad de tipos de información: texto, valores, IP's, formas geométricas, etc.

**Funciones:** Bloques de código que se ejecutan en el servidor. Pueden ser escritos en varios lenguajes, con la potencia que cada uno de ellos da, desde las operaciones básicas de programación, tales como *bifurcaciones* y *bucles*, hasta las complejidades de la programación de orientación a objetos o la programación funcional.

**Contribución del proyecto:**

**BASE DE DATOS**

**SQL - Comandos de selección**

El lenguaje más habitual para construir las consultas a bases de datos relacionales es **SQL** (Structured Query Language) o *Lenguaje Estructurado de Consultas*. Se trata de un lenguaje estándar implementado por los principales motores o sistemas de gestión de bases de datos relacionales.

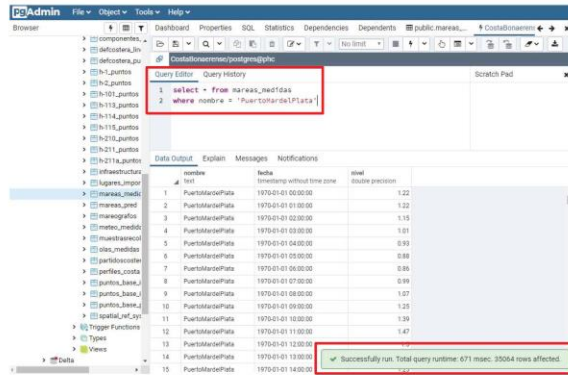
```

1 select date_part('day', fecha) as day, max(nivel)
2 from mareas_medidas
3 where nombre = 'PuertoMardelPlata'
4 and date_part('year', fecha) = 1970
5 and date_part('month', fecha) = 01
6 group by date_part('day', fecha)
7 order by day
8 limit 10;

```

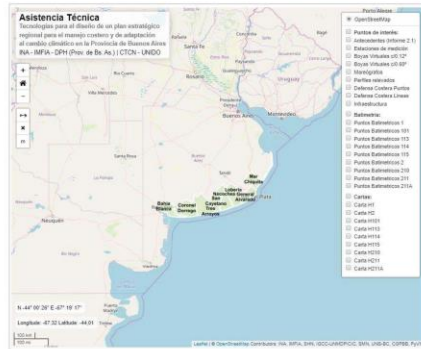
Contribución del proyecto:

BASE DE DATOS



Contribución del proyecto:

WEB-MAPPING



[Correo.ina.gob.ar:9065/CostaBA/Mapa.html](mailto:Correo.ina.gob.ar:9065/CostaBA/Mapa.html)

Contribución del proyecto:

WEB-MAPPING

Es una aplicación que nos permite **visualizar cartografía** en internet e interactuar con el mapa y con los datos.

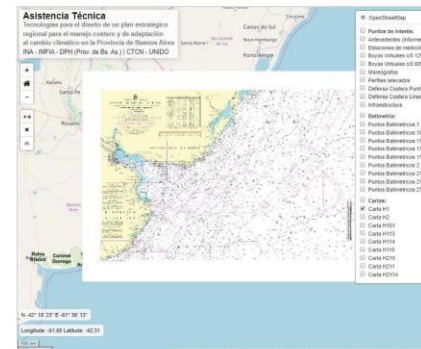
Hay diferentes maneras de crear una aplicación Web-mapping. Las dos formas más populares son:

1. Utilizar una aplicación o un **paquete** con varias herramientas con los componentes necesarios para crear una arquitectura (base de datos + servidor + visor).
2. Utilizar una **plataforma** que ya tenga estas herramientas para publicar mapas online. Más fácil, pero con limitaciones.



Web-Mapping:

CARTAS BATIMÉTRICAS



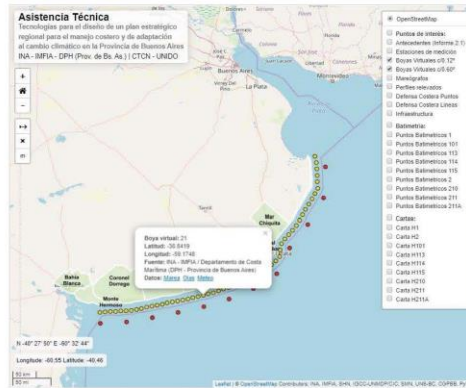


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



**Web-Mapping:**

**BOYAS VITRUALES**



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



**Web-Mapping:**

**BOYAS VITRUALES**

**Contenido:**

- Marea: datos horarios de marea meteorológica desde 1/1/1985 hasta 31/12/2016
- Olas: datos horarios de Hs, Tp, L, WaveDir desde 1/2/1979 hasta 31/12/2018
- Meteo: datos horarios de Wnd y WndDir desde 1/2/1979 hasta 31/12/2018

Formato: CSV (Comma Separated Values)

Visualización: Mediante planillas de cálculo o editores de texto

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



**Próximas contribuciones:**

Datos obtenidos de los distintos modelos:

- Forecast en Boyas virtuales.
- Salidas del modelo hidrodinámico regional.
- Salidas de los modelos morfológicos de detalle.
- Salidas de los modelos de transporte litoral.

Datos varios:

- Mediciones que puedan llegar a aportar los distintos actores involucrados.



Herramientas de pre-procesamiento de datos:

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA

Se trata de un sistema de software, hardware y procedimientos elaborados que facilita la gestión, manipulación, análisis, modelado y representación de datos georreferenciados, para resolver problemáticas de planificación y gestión. Un SIG, desde la perspectiva tecnológica, debe de ser capaz de manipular y analizar todos los siguientes elementos de forma integrada:

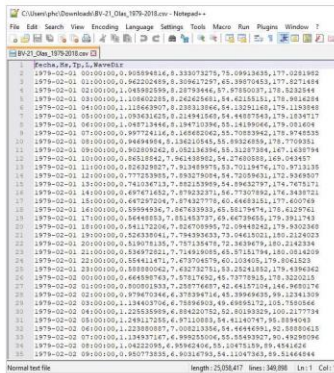
- Geometría (Sistemas de Referencia de Coordenadas)
- Topología (Relaciones topológicas)
- Atributos temáticos (Asociados a objetos o entidades geográficas)

Las fuentes de información geográfica clásicas son:

- Cartografía (Topográfica y Batimétrica)
- Topografía/GPS
- Fotografía aérea
- Teledetección espacial

Herramientas de pre-procesamiento de datos:

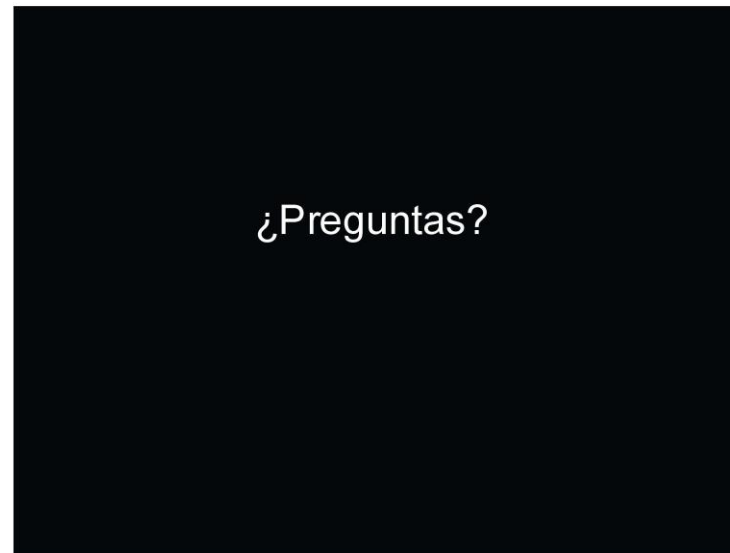
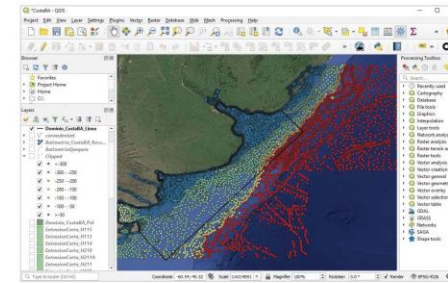
EDITORES DE TEXTO



Herramientas de pre-procesamiento de datos:

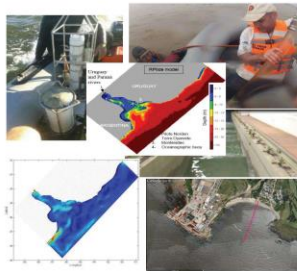
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA

Opciones usuales:





- IMFIA: Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (Facultad de Ingeniería de Uruguay)
- Grupo de trabajo: Estudios Fluviales y Marítimos
- Líneas de Investigación:
  - Mediciones de campo
  - Laboratorio
  - Dinámica de estuarios
  - Ingeniería de Costas
  - Obras Hidráulicas
- Maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada
- "Cuantificación de efectos del cambio climático sobre el régimen medio y extremal de los agentes marítimos en la costa Uruguaya"

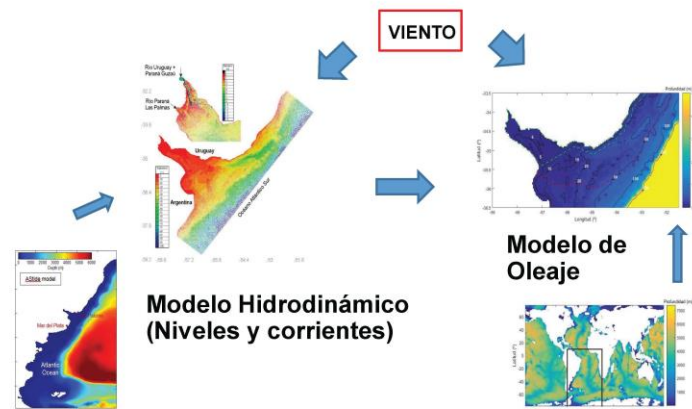
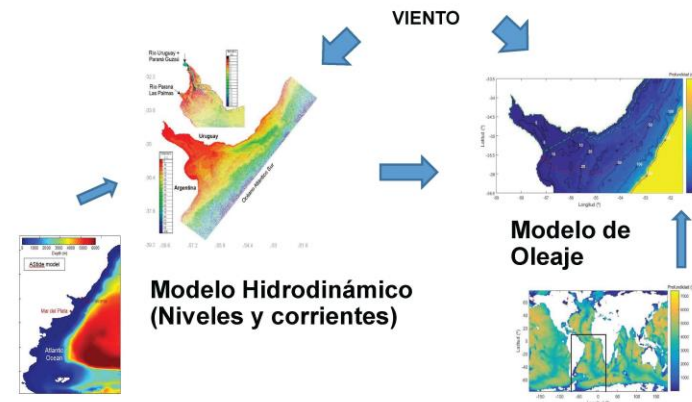
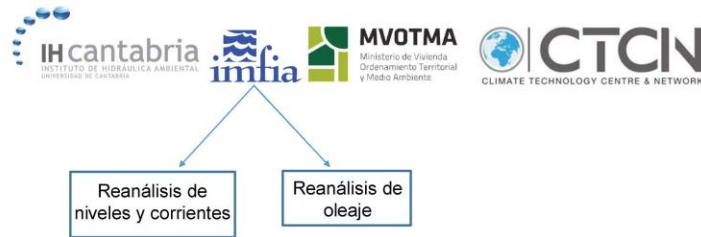


## Índice

- Experiencia Uruguaya con un proyecto de CTCN
  - Modelación numérica realizada por el IMFIA
  - Proyecciones climáticas IH
- Avances de proyecciones de cambio climático para la provincia de Buenos Aires
  - Nivel medio del mar
  - Oleaje

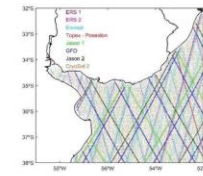
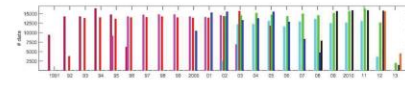


“DESARROLLO DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA EVALUAR LOS IMPACTOS, LA VULNERABILIDAD Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO”

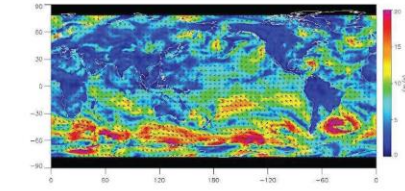


Para forzar modelos de niveles, corrientes y oleaje se necesitan vientos en superficie en la zona de generación de marea meteorológica y de oleaje  
Que datos de viento en superficie hay disponibles en nuestra zona de interés??

• Datos altimétricos



• Datos de reanálisis



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



**Reanálisis atmosféricos:**

Combina modelos numéricos con asimilación de datos para generar una serie temporal de estados atmosféricos pasados.

Requieren una importante infraestructura para recibir la información a asimilar, ejecutar los modelos numéricos y almacenar la información generada.

Los de uso más habitual son los generados en centros de investigación de Europa y E.E.U.U

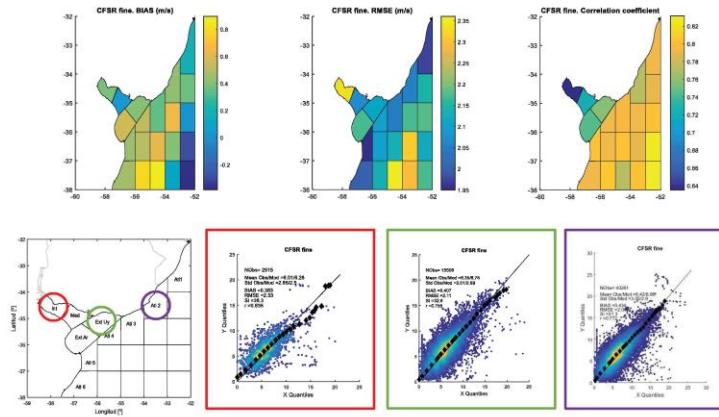


ERA-40 / ERA-Interim / ERA-5

Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



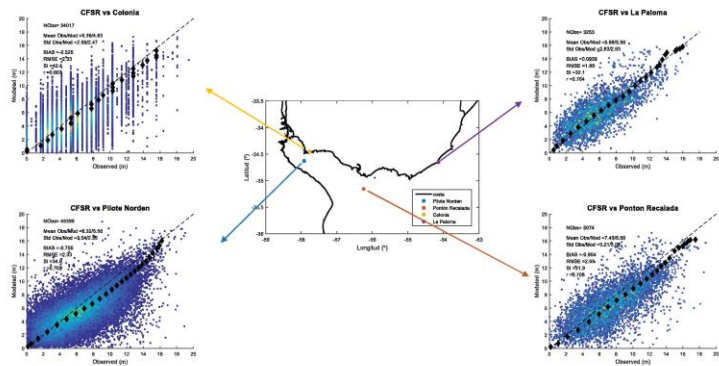
**Validación**



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



**Validación**

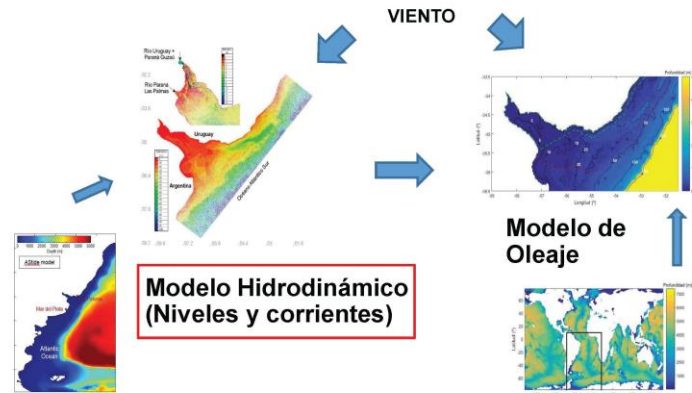


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



**Conclusiones respecto a los vientos**

- Tomando como referencia datos alimétricos de velocidad del viento sobre el mar, los datos obtenidos del reanálisis atmosférico CFSR en su mayor resolución presentan en términos generales un buen desempeño en el dominio analizado.
- Para el Río de la Plata exterior y las regiones correspondientes a la costa atlántica se obtuvieron los mejores ajustes.
- En el Río de la Plata interior es donde se cuenta con menos datos alimétricos y donde se constató el peor desempeño del CFSR. De todas formas se considera aceptable y no se dispone de registros de eventos extremos independientes suficientes para confirmar sesgos y ensayar una corrección estadística.



## Motivación

Los niveles de la superficie libre son un insumo fundamental para la evaluación de los efectos del cambio climático sobre los riesgos de erosión e inundación en la costa Uruguaya.

Generación de una base de datos de nivel de mar homogénea que cubra toda la costa de Uruguay, con alta resolución temporal y espacial y de larga duración.

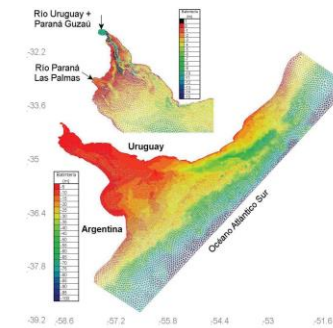
Implementación de un modelo hidrodinámico, apropiadamente calibrado y validado en base a la información de campo disponible, para luego realizar simulaciones retrospectivas (hindcast) cubriendo un período de más 30 años.

## Metodología

- Se utilizó el modelo numérico **TELEMAC-MASCARET** (Hervouet, 2007): módulo hidrodinámico bidimensional **TELEMAC2D**, que considera los principales forzantes de la hidrodinámica del sistema
- Calibración
  - En función de dos parámetros
    - Coeficiente de fricción de fondo (número de Manning,  $n$ )
    - Coeficiente de arrastre del viento ( $C_D$ )
- Validación
- Evaluación de los resultados mediante RMSE, BIAS, gráficos de dispersión y gráficos cuantil-cuantil. Distribución de picos de tormenta medidos y modelados.
- Hindcast cubriendo el periodo de 1985-2016 (32 años)

## Descripción del modelo

- Dominio y malla



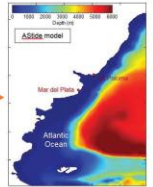
- Comprende zona delimitada entre Mar del Plata (Arg.) y Río Grande (Brasil) y se extiende 170 km hacia la plataforma oceánica.
- Batimetría: Cartas SOHMA
- Malla no estructurada
- Elementos triangulares de **7 Km** en la frontera oceánica hasta **1 km** en la costa uruguayana
- Aproximadamente 37500 nodos y 73700 elementos

### Descripción del modelo

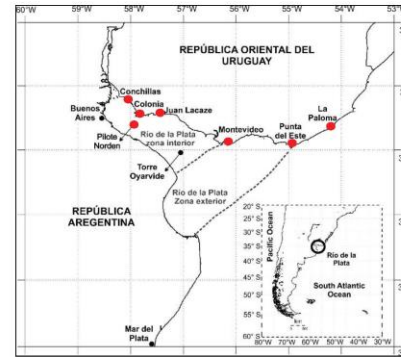
- Forzantes
  - Aportes de **caudal** de los ríos Uruguay y Paraná (valor medio diario). Datos INA, Salto Grande, UTE.
  - Campos de **viento y presión** obtenidos del reanálisis de NCEP-CFSR (Saha et al., 2010).
  - Mareas** provenientes del Astide en fronteras abiertas con el O. Atlántico.



**Astide** (Martinez et al., 2015): implementación calibrada del modelo MOHID (Mateus & Neves, 2013) forzado con marea astronómica en frontera oceánica y vientos y presiones de reanálisis del NCEP-CFSR en superficie



### Información disponible

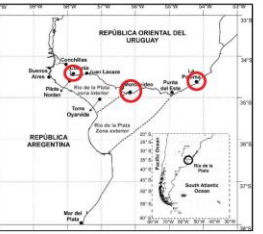
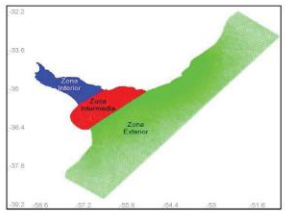


Estación	Período
La Paloma	1934-2016
Punta del Este	1971-2017
Montevideo	1969-2017
Juan Lacaze	1979-2014
Conchillas	2007-2009
Colonia	1936-2017
Pilote Norden	2003-2014

Frecuencias de medición desde cinco minutos hasta diarias.

### Calibración

- Tres configuraciones diferentes:
  - Coef. Fricción de fondo uniforme en el dominio y coeficiente de arrastre del viento constante.
  - Coef. Fricción de fondo uniforme en el dominio y coeficiente de arrastre del viento variable dependiente de la intensidad del viento según formulación de Flather (1976).
  - Coef. Fricción de fondo no uniforme en el dominio, y coeficiente de arrastre del viento variable dependiente de la intensidad del viento según formulación de Flather (1976).
- 3 estaciones utilizadas: La Paloma, Montevideo y Colonia.
- Años con pocos datos faltantes y ocurrencia de eventos severos: 2002, 2003 y 2004.



### Calibración

- Se realizó un total de 40 simulaciones de calibración
- Cd Fijo
  - Cd entre 0.75E-6 y 4E-6
  - Manning entre 0.0075 y 0.03
- Cd Variable
  - Coefficiente de escala entre 0.85 y 1.3
  - Manning entre 0.0075 y 0.03
- Cd Variable y numero de Manning variable en el dominio

CdE-6/n	LA PALOMA				MONTEVIDEO				COLONIA										
	0.75	1	1.5	2	3	4	0.75	1	1.5	2	3	4	0.75	1	1.5	2	3	4	
0.0075	0.47						0.21						0.46						
0.009	0.01	0.00	0.01	0.01			0.04	0.04	0.03	0.02			0.09	0.10	0.10	0.10			
0.01		0.02		0.01	0.02	0.04		0.06		0.04	0.03	0.00		0.03		0.04	0.04	0.04	0.04
0.0125			0.01	0.01				0.07	0.06					0.07	0.08				
0.015				0.01	0.00	0.02			0.08	0.06	0.05			0.10	0.04	0.11			
0.02		0.00	0.00		0.01			0.11	0.10		0.13			0.13	0.14		0.17		
0.03				0.01			0.00				0.13		0.11		0.19				0.22
CdE-6/n	0.75	1	1.5	2	3	4	0.75	1	1.5	2	3	4	0.75	1	1.5	2	3	4	
0.0075	0.79						1.33						1.60						
0.009	1.42	1.45	1.54	1.51			0.87	0.88	0.90	0.88			0.44	0.43	0.42	0.41			
0.01		0.19		0.21	0.26	0.32		0.22	0.22	0.27	0.34		0.25	0.24	0.24	0.32	0.32	0.43	
0.0125			0.19	0.20				0.21	0.22					0.24	0.23				
0.015				0.19	0.21	0.26			0.21	0.22	0.29			0.23	0.24	0.37			
0.02		0.18	0.18		0.20			0.24	0.23		0.23			0.29	0.27		0.30		
0.03				0.19		0.21			0.26		0.26			0.35				0.41	

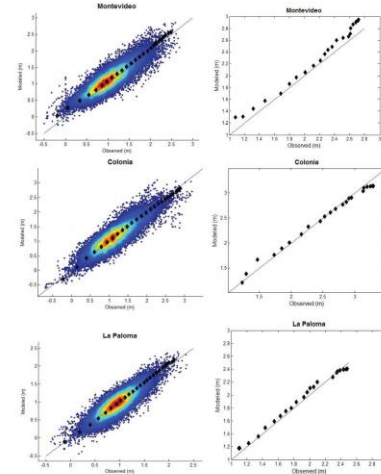
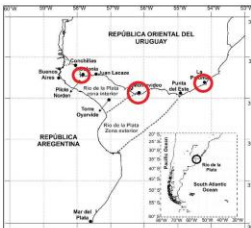
Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Resultados

- Configuración escogida:

n		C <sub>d</sub>
Zona interior	0.007	
Zona intermedia	0.015	
Zona exterior	0.015	Variable (Flather, 1976)

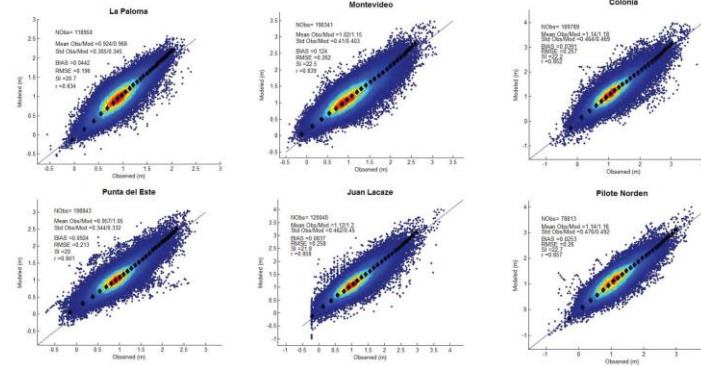


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



### Validación

La validación del modelo se realiza comparando todos los datos medidos exceptuando los utilizados para calibrar.

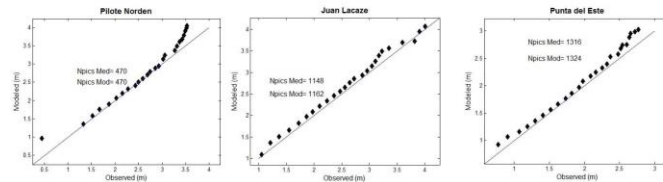
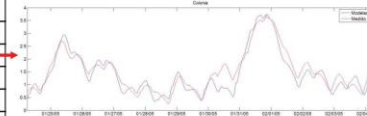


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera



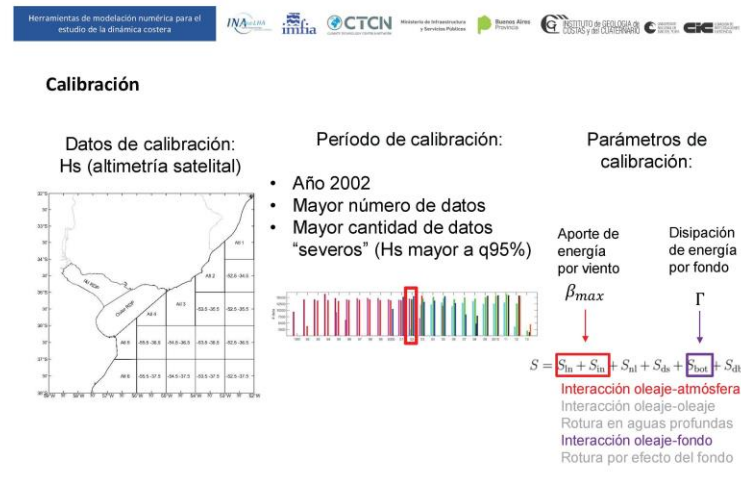
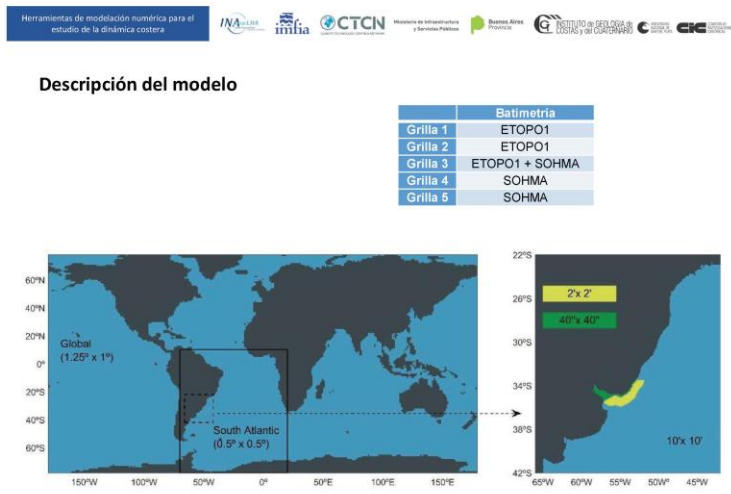
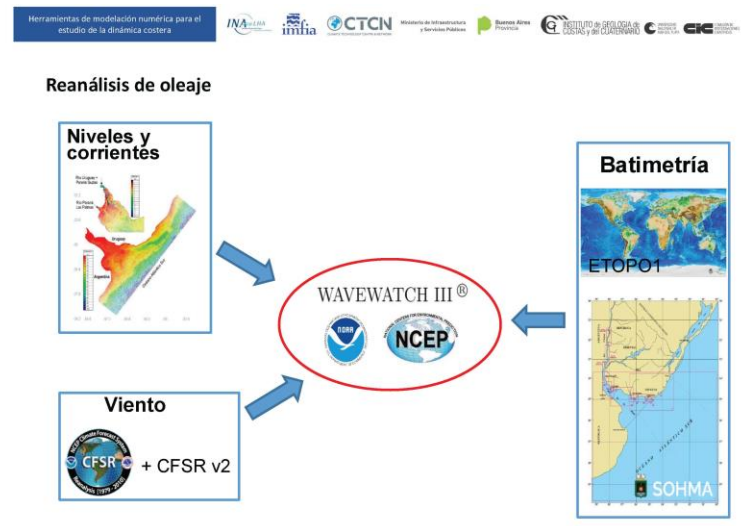
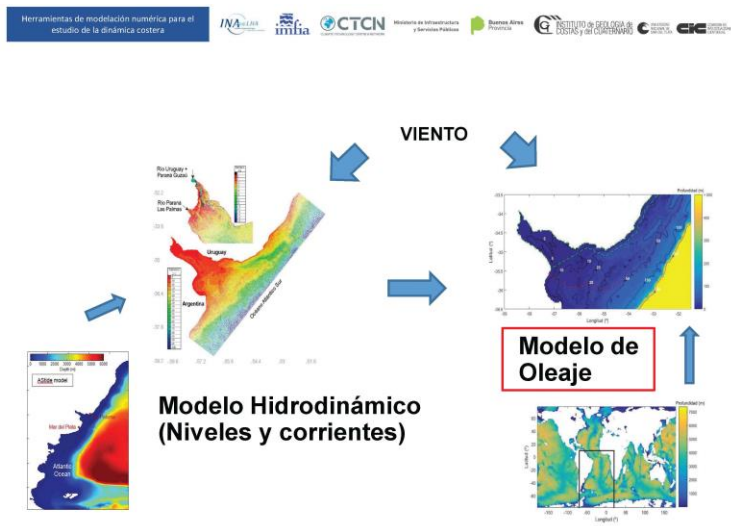
### Validación

Estación	BIAS (m)	RMSE (m)
La Paloma	0.04	0.20
Montevideo	0.12	0.26
Colonia	0.04	0.26
Punta del Este	0.09	0.21
Juan Lacaze	0.08	0.26
Pilote Norden	0.03	0.26

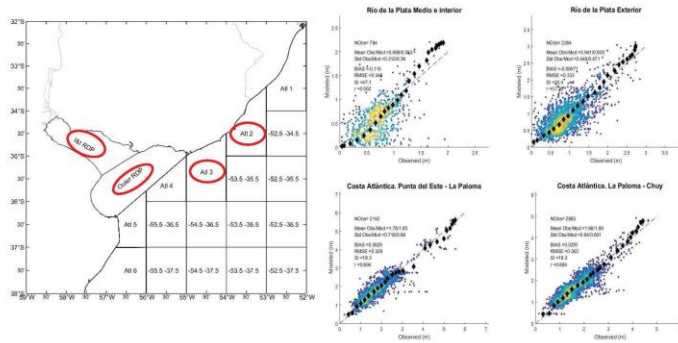


### Conclusiones respecto a los niveles

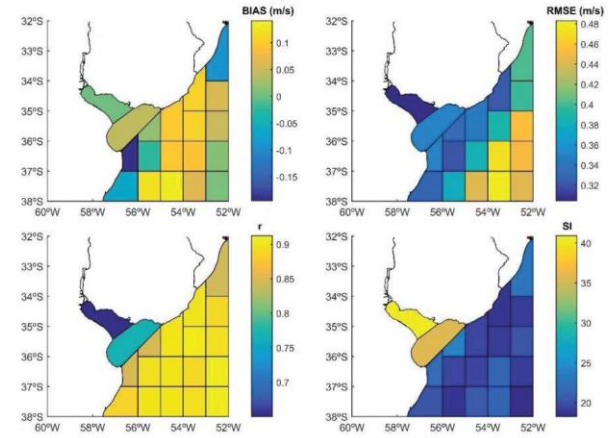
- La calibración se realiza con las estaciones de La Paloma, Montevideo y Colonia, según coeficiente de arrastre de viento y coeficiente de arrastre del fondo.
- Ante la dificultad de poder representar el nivel correctamente en todo el dominio manteniendo un coeficiente de arrastre de fondo constante en el espacio, se prueba variando el mismo según zona interior, intermedia y exterior.
- Se alcanza una configuración del modelo que no supera los 26 cm de RMSE en ninguna estación de validación ni los 12 cm de BIAS
- Con gráficos cuantil-cuantil de extremos se concluye que el modelo representa correctamente los eventos de niveles altos sobreestimando por no mas de 30 cm los cuantiles mas altos



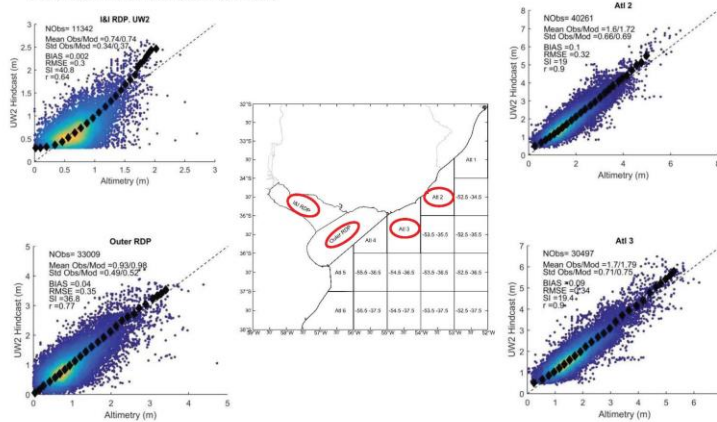
Calibración



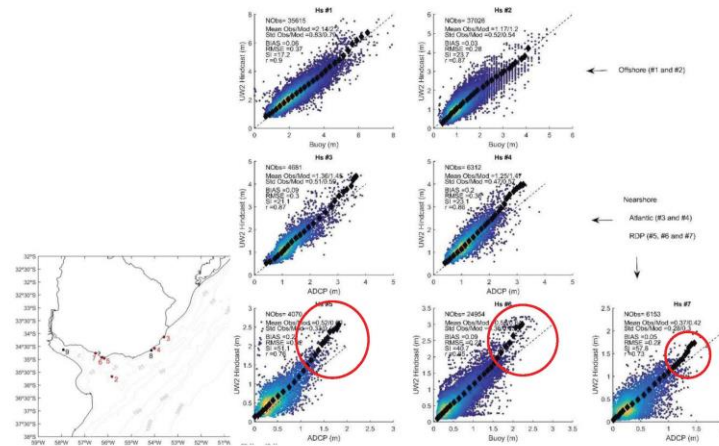
Validación



Validación: datos altimétricos



Validación: datos in situ



### Conclusiones respecto al oleaje

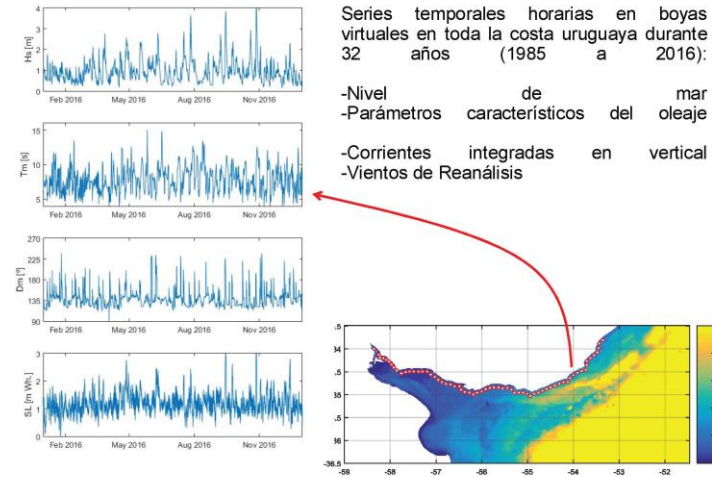
- Se desarrolló un hindcast que provee resultados a lo largo de toda la costa de Uruguay con una resolución espacial de 1 km y temporal de 1 hora.
- El hindcast de oleaje obtenido presenta un buen desempeño cuando se lo compara con datos altimétricos, aunque tiende a sobreestimar los extremos en las zonas más próximas a la costa cuando se lo compara con medidas in situ, en particular en el Río de la Plata.

### Proyecciones de cambio climático

- Escenarios globales de cambio climático son la principal fuente de información para estimar futuros impactos en la costa.
- Los escenarios se elaboran utilizando modelos físico matemático del clima: modelos de circulación general (GCMs)
- Escenarios definidos en el quinto informe del IPCC (Quinto reporte AR5) están basados en rutas representativas de concentración de GEIs: **RCP 2.6** (optimista); **RCP 4.5** (moderado); **RCP 6.0** (moderado) y **RCP 8.5** (pesimista)
- Las proyecciones globales se llevan a cabo periódicamente cada 5 años aprox. y se desarrollan en decenas de centros de modelación numérica del clima del mundo.
- Las simulaciones caracterizan numerosas variables climáticas de interés a diferentes escalas temporales (presión, temperatura, vientos, etc.) en superficie y en otros niveles de la atmósfera y para diferentes horizontes temporales
- El oleaje está fuera del alcance de los GCMs y además la resolución de los modelos al ser globales son muy gruesas y no sirven para forzar directamente modelos de oleaje regionales.



**REGIONALIZAR ESCENARIOS**

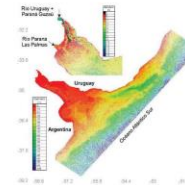


### Metodologías de regionalización

Objetivo: proyectar niveles y oleaje

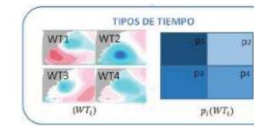
#### Downscaling dinámico

- Anidamiento de modelos numéricos
- Alto costo computacional
- La mayoría de las proyecciones de oleaje dinámicas se usan con pocos GCMs
- Obtenemos series temporales



#### Downscaling estadístico

- Relación de forma empírica entre variables de circulación atmosféricas a gran escala con variables locales/regionales de interés.
- Bajo costo computacional
- Permite analizar un mayor número de modelos GCMs y escenarios climáticos
- Se obtienen estadísticos

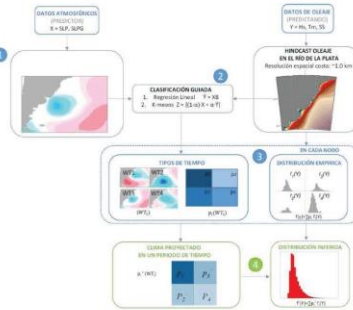


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



### Metodología utilizada

- Downscaling estadístico basado en tipos de tiempo
- Proyecciones robustas a partir de un alto número de GCMs.
- Resolución espacial de la base de datos de oleaje
- 3 horizontes temporales: 2010-2039; 2040-2069; 2070-2099.
- 2 escenarios RCP: 4.5 y 8.5.
- Dominio: área donde se genera y disipa la energía que llega al punto objetivo.
- Tiempos de propagación de energía.

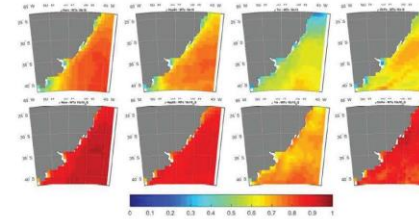


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



### Modelo de downscaling estadístico

- Modelo basado en tipos de tiempo: se infieren variaciones en los predictandos (parámetros del oleaje y nivel de mar) a partir de variaciones en el predictor: campos de presión disponibles de los distintos modelos GCM.
- Se utilizan los campos de presión de 30 modelos GCM.
- Los tipos de tiempo se obtienen a partir de la aplicación de clasificación K-medias a los campos de presión.
- Se consideran dos alternativas: clasificación guiada y clasificación no guiada
- Se encuentran mejores resultados para la correlación guiada.

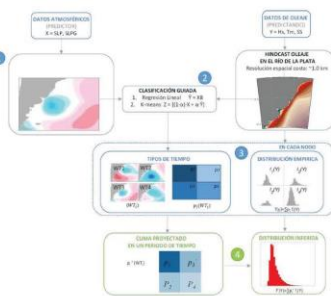


Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.



### Metodología de downscaling estadístico

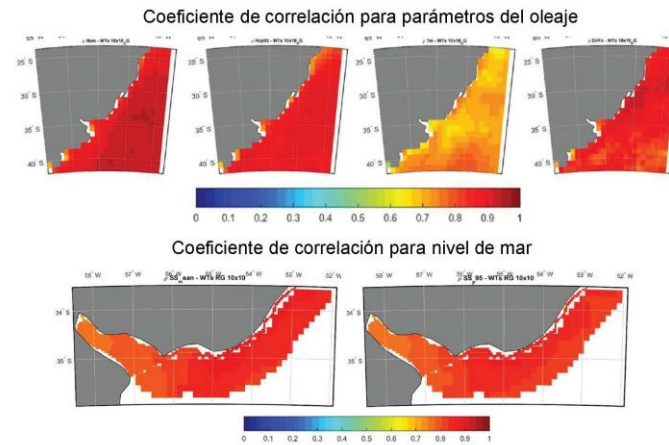
1. Definición del predictor: dominio espacial y cobertura temporal (análisis previo de la génesis del oleaje en zona de Uruguay)
2. Clasificación de SLP media diaria en número de WT mediante clasificación semiguada. Se define el predicando multivariado como los parámetros del oleaje (Hs, Tm, Dirección)
3. Determinación de función de distribución empírica de cada variable asociada a cada WT en cada nodo de la base de datos del IMFIA.
4. Las proyecciones se determinan a partir de funciones de distribución para los periodos futuros calculadas a partir de las p futuras de los WT multiplicadas por la distribución de cada variable asociada a cada WT.



Herramientas de modelación numérica para el estudio de la dinámica costera.

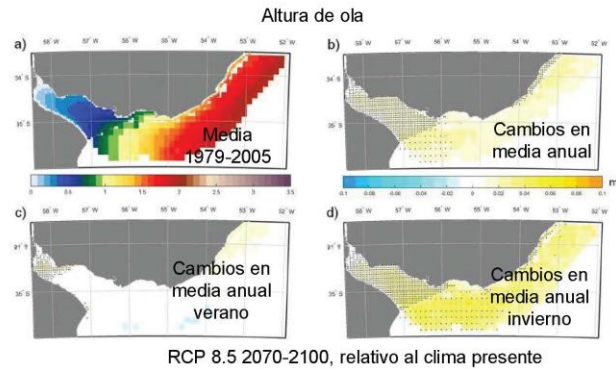


### Validación

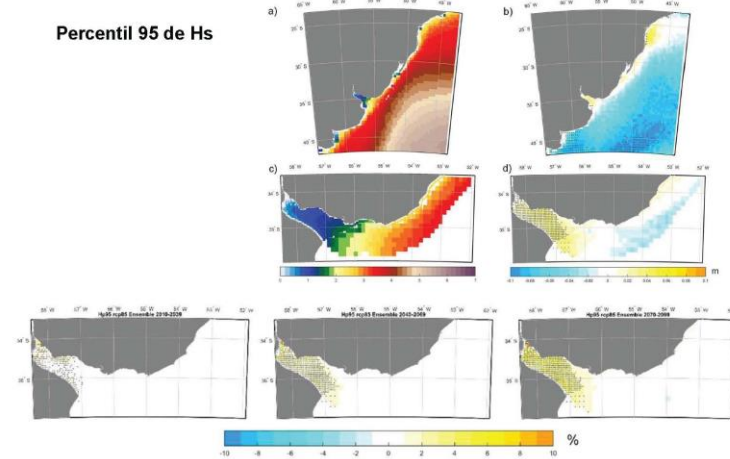


**Resultados**

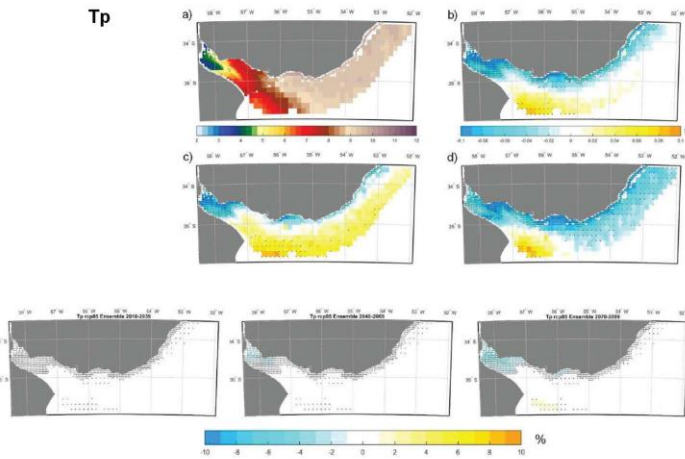
Los cambios se consideran consistentes cuando la variación media de la media multi-modelo supera la desviación estándar intermodelo y mas del 80 de los GCM coinciden en signo de cambio



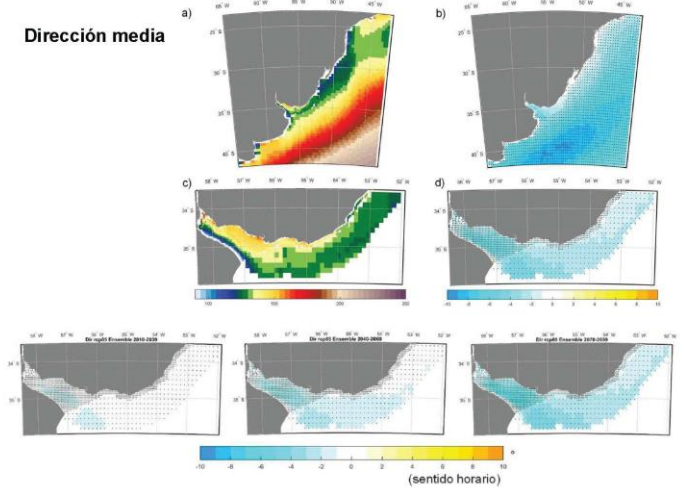
**Percentil 95 de Hs**

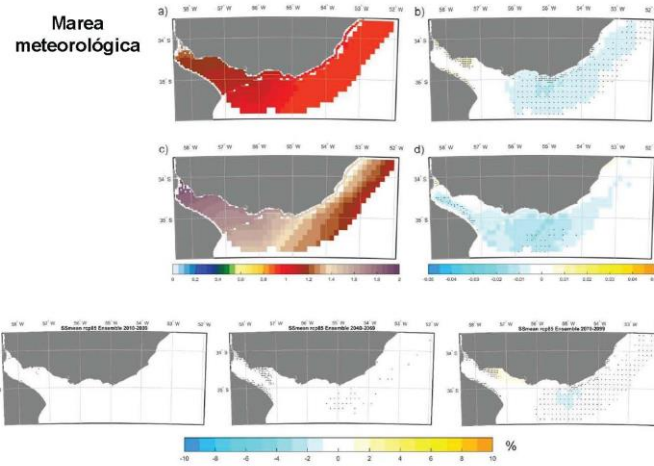


**Tp**



**Dirección media**

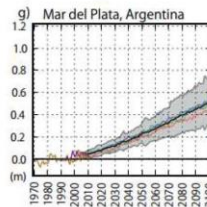




## Avances en proyecciones de CC en la provincia de Buenos Aires

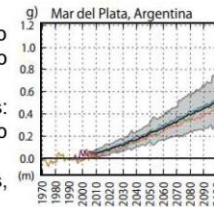
### Proyecciones de aumento de nivel medio del mar

- Análisis a partir de la base de datos disponible del IPCC AR5.
- El cambio en el nivel medio del mar es consecuencia de procesos físicos que ocurren en el océano, atmósfera, tierra, hielos y el ciclo hidrológico.
- Procesos más relevantes:
  - Cambios en corrientes y densidad del agua
  - Anomalías en la presión superficial
  - Intercambio entre masas de hielo y agua entre tierra y océano
  - Cambios en aporte de agua dulce al océano
  - Cambios asociados a la última desglaciación (Ajuste isostático glacial)
  - Procesos antropogénicos que afectan la cantidad de agua almacenada



Las contribuciones se pueden dividir en 4 subgrupos principales cuyo aporte al aumento del nivel medio del mar se determina de forma diferente:

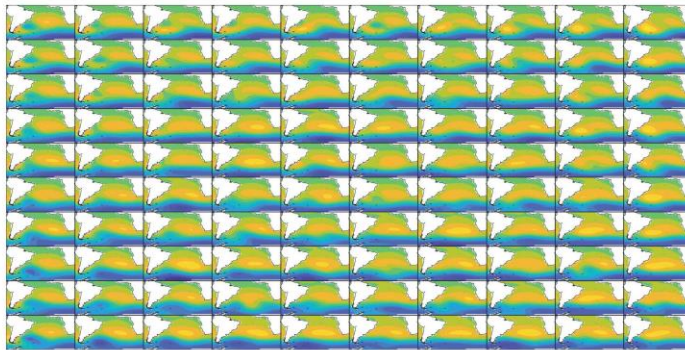
- Componentes asociadas al océano (relacionadas a la expansión térmica y el efecto de la presión sobre la superficie del agua)
- Componentes asociadas a los hielos: contribución de Groenlandia, Antártida y el resto de los glaciares
- Contribución relacionada a las aguas terrestres, como ríos o reservorios.
- Ajuste isostático glacial, asociada a la transferencia de masas de hielo al océano durante la última desglaciación





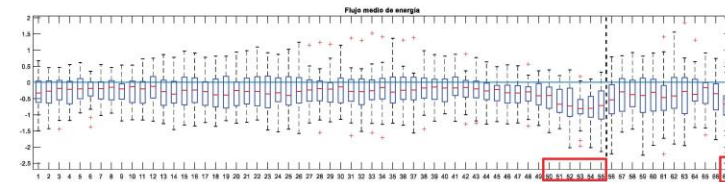
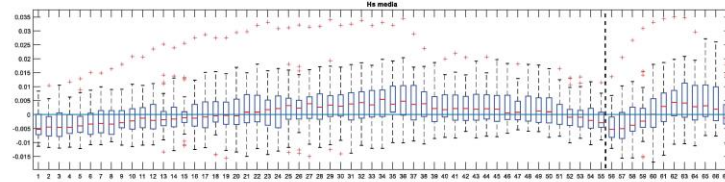
Avance de proyecciones de oleaje

100 patrones de circulación atmosférica

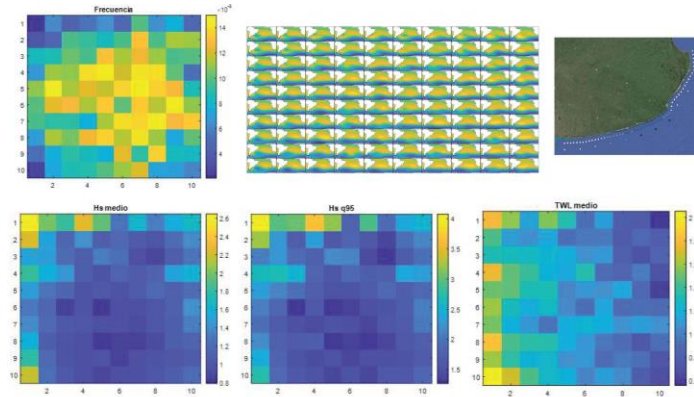


Avance de proyecciones de oleaje

RCP 8.5 FINALES DEL SIGLO XXI



Avance de proyecciones de oleaje



- El downscaling estadístico muestra variaciones muy pequeñas de altura de ola para finales del siglo XXI (las medias en ninguno de los puntos superan el medio centímetro)
- Los resultados son consistentes solamente en 6 puntos a lo largo de la costa. Considerándolos consistentes si la media de la variación supera la desviación estándar intermodelo y si el 80 por ciento de los modelos tienen el mismo signo de cambio.

## Ejemplo modelo XBeach

- OBJETIVOS
- Construir dos grillas 2D utilizando el modelo Delft3D.
- Sin estructuras
- Con estructuras no erosionables
- Realizar ambas corridas del modelo
- Visualizar las diferencias entre ambas modelaciones.

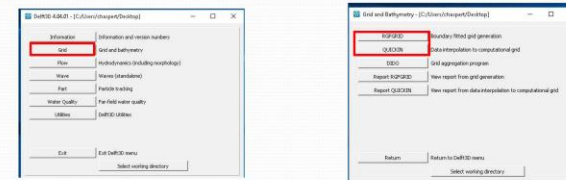
## Ejemplo - Corrida XBeach al sur de Mar del Plata



## Xbeach archivos

- Xbeach se configura con una colección de archivos que contienen información sobre la batimetría, las condiciones de contorno, la propia configuración del modelo.
- Todos los archivos son archivos de texto sin formato que deben estar en su sólo directorio, el de ejecución del modelo.

## Herramientas para la creación de grillas en este ejercicio



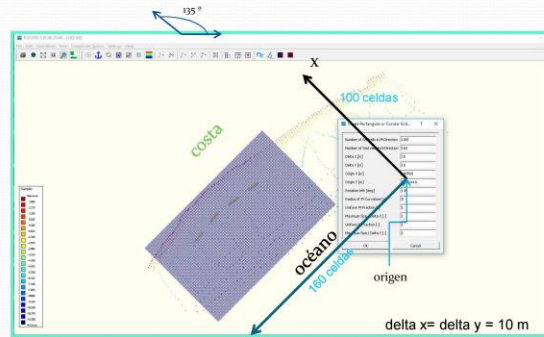
Dentro del software Delft3d tenemos dos módulos para este fin:

**RGFGRID** es el módulo que tiene las herramientas para la creación de las grillas.

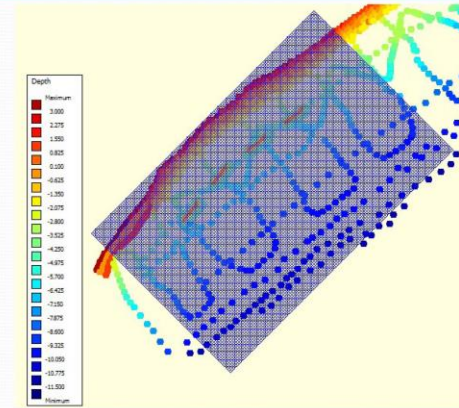
Luego de crear la grilla hay que utilizar

**QUICKIN** es el módulo utilizado para interpolar los datos y obtener las profundidades para la grilla computacional del modelo.

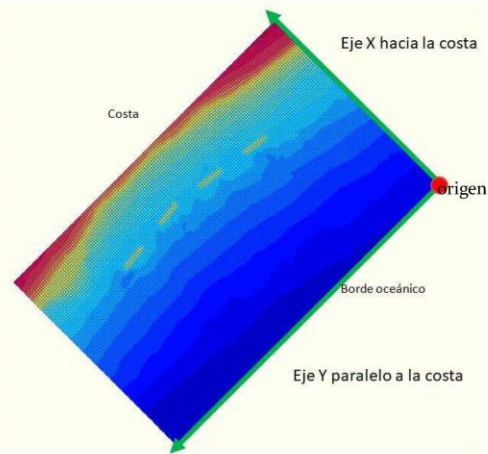
### Grilla para Xbeach utilizando Delft3D



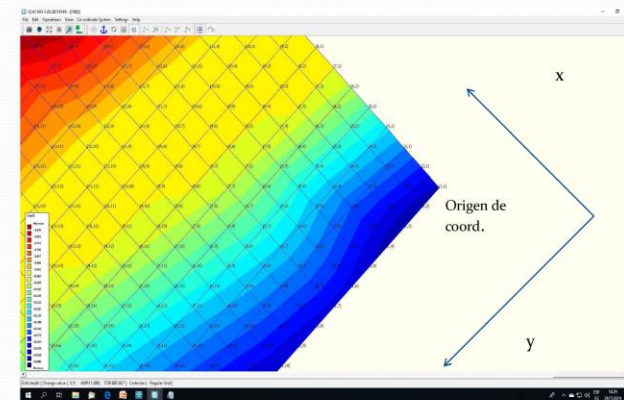
### Profundidades del relevamiento y grilla para el ejemplo



### Sistema de coordenadas – grilla para el ejemplo



### Numeración grilla en XBeach





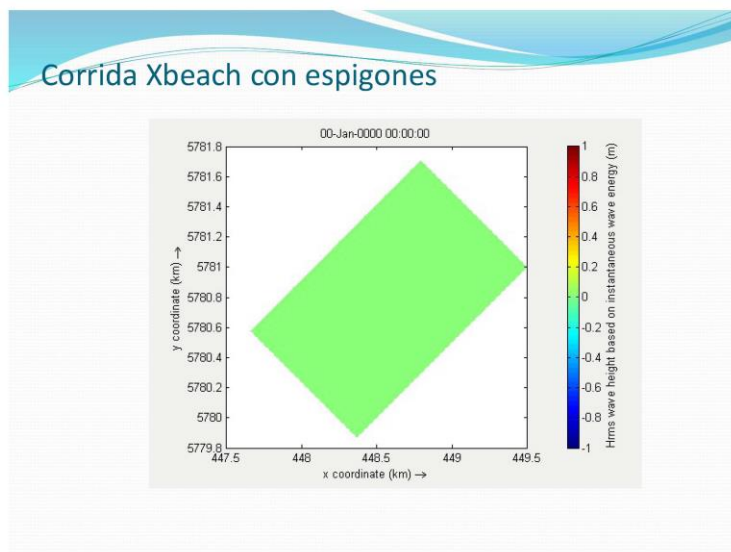
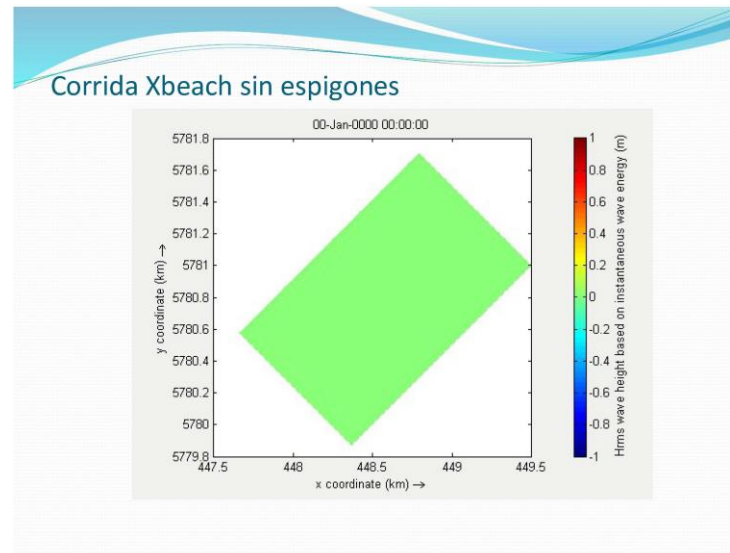
### Ejemplo espectros definidos paramétricamente

filelist	8/3/2019 13:37	Documento de texto	1 KB
jonswap_1	7/3/2019 13:41	Documento de texto	1 KB
jonswap_2	11/3/2019 10:18	Documento de texto	1 KB
jonswap_3	11/3/2019 10:18	Documento de texto	1 KB
jonswap_4	11/3/2019 10:18	Documento de texto	1 KB
jonswap_5	11/3/2019 10:18	Documento de texto	1 KB
jonswap_6	7/3/2019 13:40	Documento de texto	1 KB
jonswap_7	7/3/2019 13:40	Documento de texto	1 KB
jonswap_8	11/3/2019 10:18	Documento de texto	1 KB
jonswap_9	11/3/2019 10:18	Documento de texto	1 KB

**Hm0 = 1.3681**  
**fp = 0.0899**  
**mainang = 135.0000**

← **Jonswap\_1**

El archivo filelist.txt contiene los nombres de la serie de espectros (jonswap1...9).  
 Dentro de Jonswap\_1, se incluyen las características del mismo altura de ola, frecuencia, ángulo, etc.

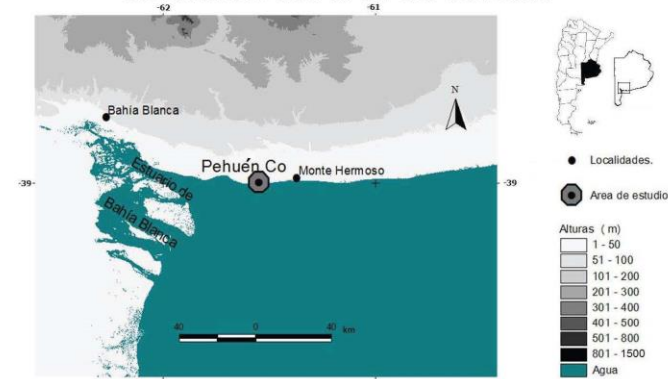


- Fin
- Muchas gracias!

## MODELACION XBEACH

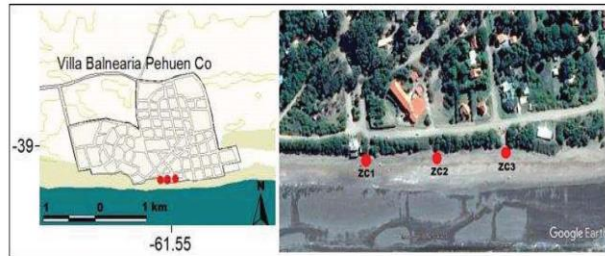
- **COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LA MODELACION XBEACH CON PERFILES MEDIDOS ANTES Y DESPUES DE UN TEMPORAL EN LA LOCALIDAD DE PEHUEN CO.**
- Los perfiles medidos en la playa los obtuvimos del trabajo:
- **“DINÁMICA DE PERFILES DE PLAYA EN ZONAS CON MEDANOS FRONTALES MODIFICADOS EN PEHUEN CO (ARGENTINA)”**
- María Luján Bustos 1,2, Gerardo Miguel E. Perillo 1,3, María Cintia Piccolo 1,2

## Ubicación del área de estudio



La localidad de Pehuén Co se encuentra situada al sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). La población permanente es baja 700 habitantes , pero aumenta considerablemente en los meses de verano. Hacia el oeste de la villa turística se encuentran acantilados y médanos hacia el este. Los médanos se encuentran vegetados con tamariscos y uña de gato, esta vegetación no se observa en las bajadas peatonales a la playa o cuando hay paradores sobre los médanos.

## Ubicación de los perfiles



Los perfiles de playa se distribuyeron en la zona del centro de la villa balnearia. Se seleccionaron 3 sectores para realizar los perfiles, los cuales estaban separados 50 m entre sí (Fig. de la derecha): perfil ZC1, al lado de un parador construido sobre el médano frontal, perfil ZC2, sobre el pie del médano vegetado con tamariscos y uña de gato, perfil ZC3, sobre una bajada peatonal hacia la playa.

## Perfil ZC2 - médano vegetado

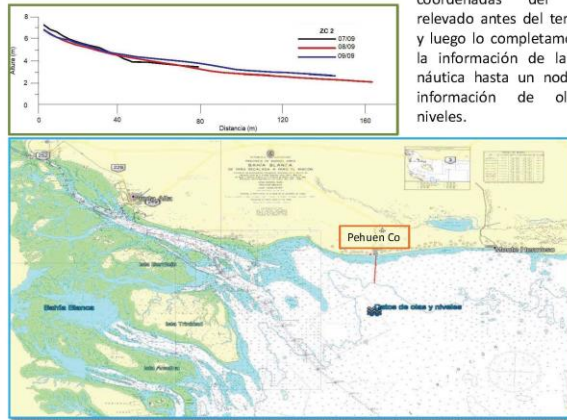


En este ejercicio vamos a utilizar el modelo Xbeach para estudiar la tormenta del 22 de Julio de 2009. Elegimos el perfil ZC2, el motivo es que el mismo se encuentra con cobertura vegetal. Vamos a correr el modelo de tres formas:

1. Sin cobertura vegetal
2. Con cobertura vegetal
3. Con celdas no erosionables.

### Elaboración del perfil para XBeach

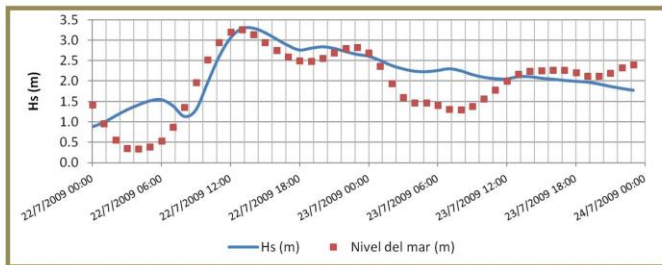
Primero obtenemos las coordenadas del perfil relevado antes del temporal y luego lo completamos con la información de la carta náutica hasta un nodo con información de olas y niveles.



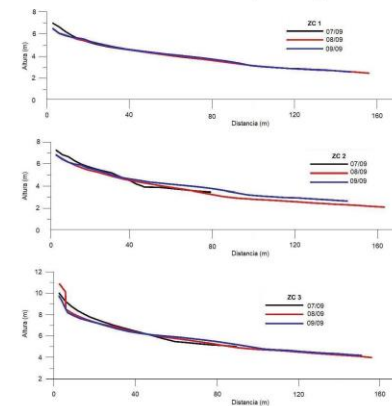
### Datos de oleaje y nivel del mar en el nodo próximo al perfil

t	Fecha/Hora	lat	lon	Dir	Dir2	Wind	Wdir	Hs	Tp	S	Waves	Water level	
1	20/07/2009 0:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,67	49,89	0,52	7,22	31,44	112,31	-0,10
2	20/07/2009 1:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,59	54,10	0,76	5,37	31,80	112,34	-0,30
3	20/07/2009 2:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,15	50,74	0,76	5,37	31,11	112,29	-0,20
4	20/07/2009 3:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,05	48,17	0,76	4,44	29,24	112,26	-0,15
5	20/07/2009 4:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,44	50,74	0,74	4,41	29,37	110,18	0,01
6	20/07/2009 5:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,36	39,62	0,74	4,48	29,80	105,54	0,24
7	20/07/2009 6:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,11	29,44	0,74	4,48	30,37	104,92	0,47
8	20/07/2009 7:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,49	33,09	0,57	4,70	29,36	103,77	0,63
9	20/07/2009 8:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,00	31,13	0,52	4,47	30,25	102,70	0,67
10	20/07/2009 9:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,11	31,49	0,51	4,54	30,14	103,31	0,63
11	20/07/2009 10:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,20	30,69	0,52	4,50	30,79	100,23	0,58
12	20/07/2009 11:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,41	29,63	0,52	4,50	30,84	98,02	0,37
13	20/07/2009 12:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,55	27,70	0,52	4,70	30,43	97,43	0,30
14	20/07/2009 13:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,51	21,97	0,74	4,70	30,51	96,42	0,20
15	20/07/2009 14:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,65	18,71	0,50	4,63	29,77	95,30	0,27
16	20/07/2009 15:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	8,50	19,72	0,49	4,57	29,40	97,41	0,40
17	20/07/2009 16:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,93	13,26	0,54	4,44	29,19	96,24	0,50
18	20/07/2009 17:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,92	9,47	0,74	4,33	29,70	97,44	0,64
19	20/07/2009 18:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,08	6,29	0,74	4,37	30,05	104,17	0,89
20	20/07/2009 19:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,23	1,40	0,76	4,47	29,71	104,73	1,06
21	20/07/2009 20:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	6,95	4,14	0,67	4,24	29,45	107,00	1,16
22	20/07/2009 21:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	6,81	5,81	0,64	4,22	29,80	105,52	1,12
23	20/07/2009 22:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	6,96	1,11	0,64	4,00	29,34	104,64	0,92
24	20/07/2009 23:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,02	3,86	0,62	2,98	28,70	104,71	0,97
25	21/07/2009 0:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,15	3,14	0,62	1,80	28,46	104,41	0,92
26	21/07/2009 1:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,64	6,64	0,64	1,02	27,40	104,09	-0,17
27	21/07/2009 2:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	7,02	4,26	0,62	0,53	27,00	102,97	-0,36
28	21/07/2009 3:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	6,67	4,34	0,61	0,08	28,15	103,90	-0,30
29	21/07/2009 4:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	6,91	2,11	0,59	7,40	30,14	103,89	-0,16
30	21/07/2009 5:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	5,97	357,37	0,76	10,13	120,70	102,12	0,13
31	21/07/2009 6:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	5,69	351,87	0,51	7,50	104,00	103,78	0,10
32	21/07/2009 7:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	5,97	349,65	0,74	7,50	95,31	103,74	0,39
33	21/07/2009 8:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	6,12	339,97	0,59	7,42	104,00	103,61	0,44
34	21/07/2009 9:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	5,62	334,40	0,49	5,62	95,34	103,74	0,40
35	21/07/2009 10:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	5,13	333,44	0,47	7,72	97,77	103,50	1,00
36	21/07/2009 11:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	5,16	333,11	0,49	6,96	98,51	104,20	1,06
37	21/07/2009 12:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	5,27	330,14	0,41	7,77	98,80	103,97	0,90
38	21/07/2009 13:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	5,04	307,39	0,46	7,79	99,72	103,42	0,82
39	21/07/2009 14:00	-38.14000	-45.54000	11,05	0	270	4,46	307,39	0,46	7,00	98,70	103,26	0,80

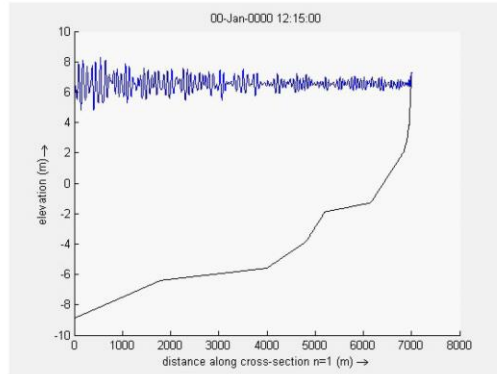
### Altura de olas y nivel del mar Tormenta 22 de Julio 2009



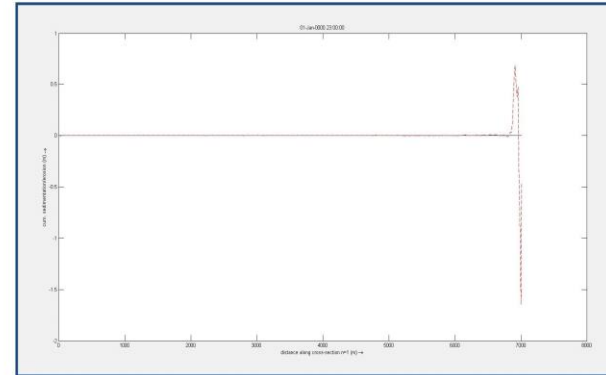
### Perfiles antes y después del temporal



## Tormenta en Pehuén co

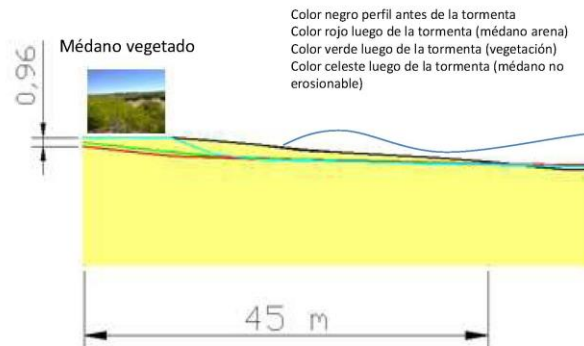


## Resultado de la modelación (erosión – sedimentación)



## Resultados de la modelación Xbeach

cambios en el perfil de playa donde se produjo la mayor erosión



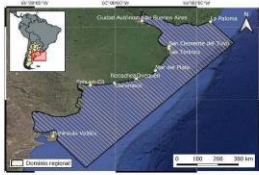
### • Conclusiones de la corrida

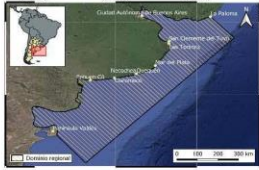
La erosión calculada es un poco mayor a la medida.

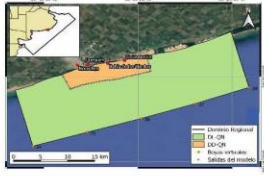
### Posibles motivos


1. La medición del perfil fue realizada en el mes de Agosto. Pudo ocurrir que la playa se haya recuperado un poco luego del temporal.
2. Que tengamos que ajustar algunos parámetros como fricción del fondo, D50 de la arena, etc.
3. Debamos cambiar los valores por defecto que se usaron en la definición de la vegetación.


## Anexo IV – MODELOS IMPLEMENTADOS

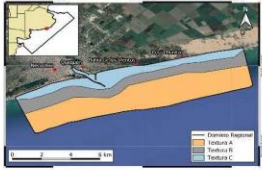
FICHA TÉCNICA N°1				
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	CosbtaBA68			
<b>Descripción:</b>	Modelo hidrodinámico regional de la costa de la Provincia de Buenos Aires			
<b>Tipo:</b>	Modelo hidrodinámico 2D generado con Mike21-HD			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2016 - 31/12/2016			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde Península de Valdés hasta La Paloma (Uruguay)			
<b>Dimensiones:</b>	330 km x 1227 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 1600 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado del AsTide para transportar la onda de marea desde mar abierto hasta las costas de la provincia de Buenos Aires y poder caracterizar la hidrodinámica costera			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marea total (astronómica + meteorológica) en bordes abiertos, discretización temporal horaria, resolución espacial de 6600 metros</li> <li>- Vientos del ECMWF en todo el dominio, discretización temporal cada 3 horas, resolución espacial de 0.125°</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos
	A	10,400	265,900	6,648
	B	7,000	72,000	3,678
	C	4,000	45,100	96,670
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 60 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetríaCompleta.xyz		
	Marea:	Code02_91.dfs1, Code03_91.dfs1, Code04_91.dfs1		
	Vientos:	Ene-Dic_2016.dfs2		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	CostaBA:	CostaBA.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio		
	MarDelPlata:	MarDelPlata.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en un punto		
	Quequen:	Quequen.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en un punto		
	SanClemente:	SanClemente.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en un punto		

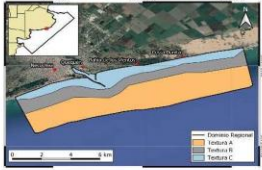
FICHA TÉCNICA N°2				
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	CosbtaBA69			
<b>Descripción:</b>	Modelo hidrodinámico regional de la costa de la Provincia de Buenos Aires			
<b>Tipo:</b>	Modelo hidrodinámico 2D generado con Mike21-HD			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2010 - 31/12/2010			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde Península de Valdés hasta La Paloma (Uruguay)			
<b>Dimensiones:</b>	330 km x 1227 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 1600 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado del AsTide para transportar la onda de marea desde mar abierto hasta las costas de la provincia de Buenos Aires y poder caracterizar la hidrodinámica costera			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marea total (astronómica + meteorológica) en bordes abiertos, discretización temporal horaria, resolución espacial de 6600 metros</li> <li>- Vientos del ECMWF en todo el dominio, discretización temporal cada 3 horas, resolución espacial de 0.125°</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos
	A	10,400	265,900	6,648
	B	7,000	72,000	3,678
	C	4,000	45,100	96,670
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 60 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Marea:	Code02_91.dfs1, Code03_91.dfs1, Code04_91.dfs1		
	Vientos:	Ene-Dic_2010.dfs2		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	CostaBA:	CostaBA.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio		
	MarDelPlata:	MarDelPlata.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en un punto		
	Quequen:	Quequen.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en un punto		
	SanClemente:	SanClemente.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en un punto		

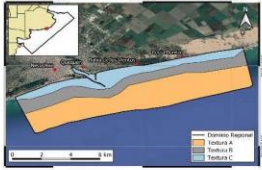
FICHA TÉCNICA N°3				
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	Quequen07			
<b>Descripción:</b>	Modelo local de oleaje para la zona de Quequén-Necochea y alrededores			
<b>Tipo:</b>	Modelo de oleaje 2D generado con Mike21-SW			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2010 - 30/06/2010			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde 13 km al Sur de Necochea hasta 21 km al Norte de Costa Bonita			
<b>Dimensiones:</b>	15 km x 43 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 50 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado del AsTide para propagar el oleaje desde las Boyas Virtuales en el entorno de Bahía de los vientos y caracterizar la deriva litoral			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, resolución espacial de 1700 metros</li> <li>- Vientos del ECMWF en todo el dominio, discretización temporal cada 3 horas, resolución espacial de 0.125°</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos
	A	400	578	9,394
	B	300	69	2,349
<b>Resolución temporal:</b>	Paso fijo de 300 segundos			
<b>Resultados:</b>	Parámetros de caracterización del oleaje en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Oleaje:	Quequen_SW_Ene-May_2010.dfs1		
	Vientos:	Ene-Dic_2010.dfs2		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	Q-N:	Q-N.dfsu (2D) - Parámetros de oleaje en todo el dominio		
	Puerto:	Puerto.dfs0 (1D) - Parámetros de oleaje en un punto		

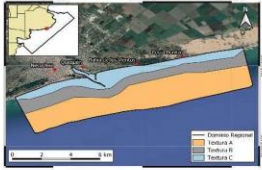
FICHA TÉCNICA N°4				
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	MarDelPlata01			
<b>Descripción:</b>	Modelo hidrodinámico y de oleaje del entorno al Puerto de Mar del Plata			
<b>Tipo:</b>	Modelo desacoplado 2D generado con Mike21-MFM			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2009 - 01/04/2009			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde Chapadmalal hasta Santa Clara del Mar			
<b>Dimensiones:</b>	13 km x 50 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 36 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado del AsTide para transportar la onda de marea y propagar el oleaje desde las Boyas Virtuales en el entorno al Puerto y caracterizar la deriva litoral			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marea total (astronómica + meteorológica) y oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, resolución espacial de 1700 metros</li> <li>- Vientos del ECMWF en todo el dominio, discretización temporal cada 3 horas, resolución espacial de 0.125°</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos
	Única	400	550	8,838
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 600 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles, velocidades y parámetros de oleaje en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetríaCompleta.xyz		
	Marea:	MarDelPlata_HD_2009-91.dfs1		
	Oleaje:	MarDelPlata_SW_Ene-May_2009.dfs1		
	Vientos:	Ene-Dic_2009.dfs2		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	MDP_HD	MDP_HD.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio		
	MDP_HD-02	MDP_HD-02.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en una recta		
	MDP_HD-03	MDP_HD-03.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en una recta		
	MDP_HD-04	MDP_HD-04.dfs0 (1D) - Niveles y velocidades en una recta		
	MDP_SW	MDP_SW.dfsu (2D) - Parámetros de oleaje en todo el dominio		
	MDP_SW-03	MDP_SW-03 (1D) - Parámetros de oleaje en una recta		

FICHA TÉCNICA N°5				
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	LasToninas01			
<b>Descripción:</b>	Modelo hidrodinámico y de oleaje en el entorno de Las Toninas			
<b>Tipo:</b>	Modelo desacoplado 2D generado con Mike21-MFM			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2016 - 01/04/2016			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde Costa Azul hasta San Clemente del Tuyú			
<b>Dimensiones:</b>	11.5 km x 40 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 16 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado del AsTide para transportar la onda de marea y propagar el oleaje desde las Boyas Virtuales en el entorno a Las Toninas y caracterizar la deriva litoral			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marea total (astronómica + meteorológica) y oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, resolución espacial 1700 metros</li> <li>- Vientos del ECMWF en todo el dominio, discretización temporal cada 3 horas, resolución espacial de 0.125°</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos
	Única	250	440	13,853
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles, velocidades y parámetros de oleaje en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Marea:	LasToninas_HD_2016_Code03.dfs1		
	Oleaje:	LasToninas_SW_2016_Code03.dfs1		
	Vientos:	Ene-Dic_2016.dfs2		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	LT_HD:	LT_HD.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio		
	LT_SW:	LT_SW.dfsu (2D) - Parámetros de oleaje en todo el dominio		

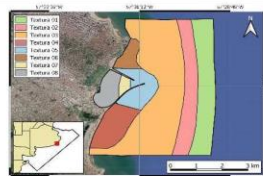
FICHA TÉCNICA N°6				
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	BahiaVientos45			
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos en el entorno de Bahía de los Vientos			
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-HD-ST			
<b>Período de simulación:</b>	01/04/2010 - 01/05/2010			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde 5 km al Sur del Puerto de Quequén hasta 4 km al Norte de Costa Bonita			
<b>Dimensiones:</b>	4 km x 16 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 25 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de Quequen07 para caracterizar la deriva litoral del sedimento depositado por el By-Pass en la posición 1			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marea astronómica en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, valor uniforme en todo el borde</li> <li>- Tensiones radiantes producidas por Oleaje Tipo I</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km <sup>2</sup> ]	Cantidad de elementos
	A	300	35	3,673
	B	80	16	8,339
	C	30	14	23,438
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, y posición y velocidades del sedimento en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Marea:	BahiaVientos-HD_Code03-PRED.dfs0		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	BV_HD:	BV_HD.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio		
	BV_TP:	BV_TP.dfsu (2D) - Posición y velocidad del sedimento en todo el dominio		

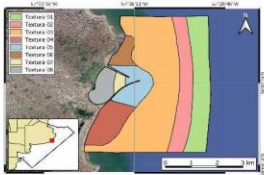
FICHA TÉCNICA N°7				
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	BahiaVientos46			
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos en el entorno de Bahía de los Vientos			
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-HD-ST			
<b>Período de simulación:</b>	01/04/2010 - 01/05/2010			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde 5 km al Sur del Puerto de Quequén hasta 4 km al Norte de Costa Bonita			
<b>Dimensiones:</b>	4 km x 16 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 25 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de Quequen07 para caracterizar la deriva litoral del sedimento depositado por el By-Pass en la posición 2			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marea astronómica en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, valor uniforme en todo el borde</li> <li>- Tensiones radiantes producidas por Oleaje Tipo I</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km <sup>2</sup> ]	Cantidad de elementos
	A	300	35	3,673
	B	80	16	8,339
	C	30	14	23,438
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, y posición y velocidades del sedimento en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Marea:	BahiaVientos-HD_Code03-PRED.dfs0		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	BV_HD:	BV_HD.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio		
	BV_TP:	BV_TP.dfsu (2D) - Posición y velocidad del sedimento en todo el dominio		

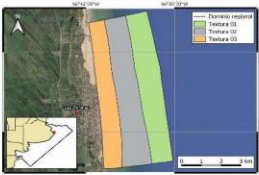
FICHA TÉCNICA N°8				
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	BahiaVientos47			
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos en el entorno de Bahía de los Vientos			
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-MFM			
<b>Período de simulación:</b>	01/04/2010 - 01/05/2010			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde 5 km al Sur del Puerto de Quequén hasta 4 km al Norte de Costa Bonita			
<b>Dimensiones:</b>	4 km x 16 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 25 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de Quequen07 para caracterizar la deriva litoral del sedimento depositado por el By-Pass en la posición 1			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marea astronómica en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, valor uniforme en todo el borde</li> <li>- Tensiones radiantes producidas por Oleaje Tipo II</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km <sup>2</sup> ]	Cantidad de elementos
	A	300	35	3,673
	B	80	16	8,339
	C	30	14	23,438
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, y posición y velocidades del sedimento en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Marea:	BahiaVientos-HD_Code03-PRED.dfs0		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	BV_HD:	BV_HD.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio		
	BV_TP:	BV_TP.dfsu (2D) - Posición y velocidad del sedimento en todo el dominio		


FICHA TÉCNICA N°9				
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	BahiaVientos48			
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos en el entorno de Bahía de los Vientos			
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-MFM			
<b>Período de simulación:</b>	01/04/2010 - 01/05/2010			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde 5 km al Sur del Puerto de Quequén hasta 4 km al Norte de Costa Bonita			
<b>Dimensiones:</b>	4 km x 16 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 25 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de Quequen07 para caracterizar la deriva litoral del sedimento depositado por el By-Pass en la posición 2			
<b>Forzantes:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marea astronómica en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, valor uniforme en todo el borde</li> <li>- Tensiones radiantes producidas por Oleaje Tipo II</li> </ul>			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km <sup>2</sup> ]	Cantidad de elementos
	A	300	35	3,673
	B	80	16	8,339
	C	30	14	23,438
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, y posición y velocidades del sedimento en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Marea:	BahiaVientos-HD_Code03-PRED.dfs0		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	BV_HD:	BV_HD.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio		
	BV_TP:	BV_TP.dfsu (2D) - Posición y velocidad del sedimento en todo el dominio		


FICHA TÉCNICA N°10																																					
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires																																					
Institución:	INA-LHA																																				
Nombre del modelo:	PuertoMDP11																																				
Descripción:	Modelo morfológico en el entorno del Puerto de Mar del Plata																																				
Tipo:	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-MFM																																				
Período de simulación:	01/01/2009 - 01/04/2009																																				
Zona de estudio:	Desde 2 km al Sur de la escollera Sur del puerto hasta 3 km al Norte de la escollera Norte del puerto																																				
Dimensiones:	5 km x 7 km																																				
Rango de profundidades:	0 - 17 metros																																				
Metodología:	Modelo anidado de MarDelPlata01 para caracterizar la morfodinámica en el acceso al puerto y sus alrededores																																				
Forzantes:	- Oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, resolución espacial 700 metros - Vientos del ECMWF en todo el dominio, discretización temporal cada tres horas, resolución espacial 0.125°																																				
Resolución espacial:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Textura</th> <th>Paso medio [m]</th> <th>Área máxima [km2]</th> <th>Cantidad de elementos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>220</td> <td>5.4</td> <td>430</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>110</td> <td>4.0</td> <td>989</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>80</td> <td>13.0</td> <td>5,924</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>70</td> <td>3.0</td> <td>1,676</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>20</td> <td>2.3</td> <td>12,627</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>70</td> <td>1.0</td> <td>817</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>60</td> <td>0.4</td> <td>294</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>70</td> <td>1.4</td> <td>595</td> </tr> </tbody> </table>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos	1	220	5.4	430	2	110	4.0	989	3	80	13.0	5,924	4	70	3.0	1,676	5	20	2.3	12,627	6	70	1.0	817	7	60	0.4	294	8	70	1.4	595
Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos																																		
1	220	5.4	430																																		
2	110	4.0	989																																		
3	80	13.0	5,924																																		
4	70	3.0	1,676																																		
5	20	2.3	12,627																																		
6	70	1.0	817																																		
7	60	0.4	294																																		
8	70	1.4	595																																		
Resolución temporal:	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8																																				
Resultados:	Niveles y velocidades del agua, parámetros del oleaje, variación del lecho marino, y tasas y velocidades de transporte del sedimento en todo el dominio																																				
Archivos relacionados de entrada:	Batimetría: BatimetriaCompleta.xyz																																				
	Oleaje: PuertoMDP_SW_Ene-May_2009.dfs0																																				
	Q3D-ST: BahiaVientos.lon																																				
Archivos relacionados de salida:	PMDP_HD: PMDP_HD.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio																																				
	PMDP_SW: PMDP_SW.dfsu (2D) - Parámetros de oleaje en todo el dominio																																				
	PMDP_ST: PMDP_ST.dfsu (2D) - Variaciones morfológicas en todo el dominio																																				

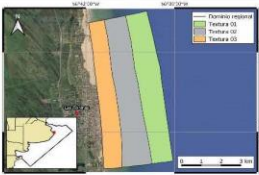


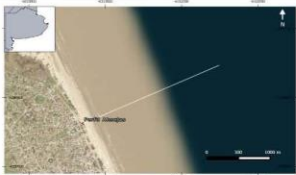
FICHA TÉCNICA N°11																																					
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>																																					
<b>Institución:</b>	INA-LHA																																				
<b>Nombre del modelo:</b>	PuertoMDP11																																				
<b>Descripción:</b>	Modelo morfológico en el entorno del Puerto de Mar del Plata																																				
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-MFM																																				
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2009 - 01/04/2009																																				
<b>Zona de estudio:</b>	Desde 2 km al Sur de la escollera Sur del puerto hasta 3 km al Norte de la escollera Norte del puerto																																				
																																					
<b>Dimensiones:</b>	5 km x 7 km																																				
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 17 metros																																				
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de MarDelPlata01 para caracterizar la morfodinámica en el acceso al puerto y sus alrededores aplicando dos trampas de sedimentos																																				
<b>Forzantes:</b>	- Oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal horaria, resolución espacial 700 metros - Vientos del ECMWF en todo el dominio, discretización temporal cada tres horas, resolución espacial 0.125°																																				
<b>Resolución espacial:</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Textura</th> <th>Paso medio [m]</th> <th>Área máxima [km2]</th> <th>Cantidad de elementos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>220</td> <td>5.4</td> <td>430</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>110</td> <td>4.0</td> <td>989</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>80</td> <td>13.0</td> <td>5,924</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>70</td> <td>3.0</td> <td>1,676</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>20</td> <td>2.3</td> <td>12,627</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>70</td> <td>1.0</td> <td>817</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>60</td> <td>0.4</td> <td>294</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>70</td> <td>1.4</td> <td>595</td> </tr> </tbody> </table>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos	1	220	5.4	430	2	110	4.0	989	3	80	13.0	5,924	4	70	3.0	1,676	5	20	2.3	12,627	6	70	1.0	817	7	60	0.4	294	8	70	1.4	595
Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos																																		
1	220	5.4	430																																		
2	110	4.0	989																																		
3	80	13.0	5,924																																		
4	70	3.0	1,676																																		
5	20	2.3	12,627																																		
6	70	1.0	817																																		
7	60	0.4	294																																		
8	70	1.4	595																																		
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8																																				
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, parámetros del oleaje, variación del lecho marino, y tasas y velocidades de transporte del sedimento en todo el dominio																																				
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría: BatimetriaCompleta_SandTraps.xyz																																				
	Oleaje: PuertoMDP_SW_Ene-May_2009.dfs0																																				
	Q3D-ST: BahiaVientos.lon																																				
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	PMDP_HD: PMDP_HD.dfsu (2D) - Niveles y velocidades en todo el dominio																																				
	PMDP_SW: PMDP_SW.dfsu (2D) - Parámetros de oleaje en todo el dominio																																				
	PMDP_ST: PMDP_ST.dfsu (2D) - Variaciones morfológicas en todo el dominio																																				

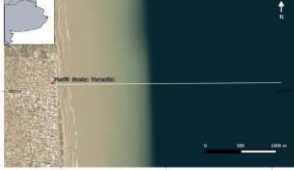
FICHA TÉCNICA N°12				
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	ParadorDiez01			
<b>Descripción:</b>	Modelo morfológico en el entorno de Las Toninas			
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-MFM			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2016 - 01/05/2016			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde el extremo Norte de Santa Teresita hasta 4 km al Sur de San Clemente del Tuyú			
<b>Dimensiones:</b>	3.5 km x 11.5 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 10 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de LasToninas01 para caracterizar la morfodinámica en el entorno a las calles 4 - 12 con oleaje Tipo I			
<b>Forzantes:</b>	Oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal cada 5 minutos, parámetros con valores constantes para todo el borde			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos
	1	250	12	838
	2	90	13	5,410
	3	30	9	29,164
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, parámetros del oleaje, variación del lecho marino, y tasas y velocidades de transporte del sedimento en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Q3D-ST:	BahiaVientos.Ion		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	PD_ST:	PD_ST.dfsu (2D) - Variaciones morfológicas en todo el dominio		

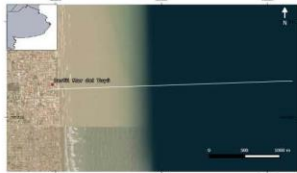
FICHA TÉCNICA N°13				
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	ParadorDiez01_Obra			
<b>Descripción:</b>	Modelo morfológico en el entorno de Las Toninas			
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-MFM			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2016 - 01/05/2016			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde el extremo Norte de Santa Teresita hasta 4 km al Sur de San Clemente del Tuyú			
<b>Dimensiones:</b>	3.5 km x 11.5 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 10 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de LasToninas01 para caracterizar la morfodinámica en el entorno a las calles 4 - 12 con oleaje Tipo I y tres espigones paralelos a la costa			
<b>Forzantes:</b>	Oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal cada 5 minutos, parámetros con valores constantes para todo el borde			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km <sup>2</sup> ]	Cantidad de elementos
	1	250	12	838
	2	90	13	5,410
	3	30	9	29,164
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, parámetros del oleaje, variación del lecho marino, y tasas y velocidades de transporte del sedimento en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Q3D-ST:	BahiaVientos.Ion		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	PD_ST:	PD_ST.dfsu (2D) - Variaciones morfológicas en todo el dominio		

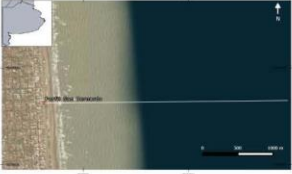
FICHA TÉCNICA N°14				
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	ParadorDiez02			
<b>Descripción:</b>	Modelo morfológico en el entorno de Las Toninas			
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-MFM			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2016 - 01/05/2016			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde el extremo Norte de Santa Teresita hasta 4 km al Sur de San Clemente del Tuyú			
<b>Dimensiones:</b>	3.5 km x 11.5 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 10 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de LasToninas01 para caracterizar la morfodinámica en el entorno a las calles 4 - 12 con oleaje Tipo II			
<b>Forzantes:</b>	Oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal cada 5 minutos, parámetros con valores constantes para todo el borde			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos
	1	250	12	838
	2	90	13	5,410
	3	30	9	29,164
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, parámetros del oleaje, variación del lecho marino, y tasas y velocidades de transporte del sedimento en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Q3D-ST:	BahiaVientos.Ion		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	PD_ST:	PD_ST.dfsu (2D) - Variaciones morfológicas en todo el dominio		


FICHA TÉCNICA N°15				
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>				
<b>Institución:</b>	INA-LHA			
<b>Nombre del modelo:</b>	ParadorDiez02_Obra			
<b>Descripción:</b>	Modelo morfológico en el entorno de Las Toninas			
<b>Tipo:</b>	Modelo acoplado 2D generado con Mike21-MFM			
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2016 - 01/05/2016			
<b>Zona de estudio:</b>	Desde el extremo Norte de Santa Teresita hasta 4 km al Sur de San Clemente del Tuyú			
<b>Dimensiones:</b>	3.5 km x 11.5 km			
<b>Rango de profundidades:</b>	0 - 10 metros			
<b>Metodología:</b>	Modelo anidado de LasToninas01 para caracterizar la morfodinámica en el entorno a las calles 4 - 12 con oleaje Tipo II y tres espigones paralelos a la costa			
<b>Forzantes:</b>	Oleaje en borde abierto paralelo a la costa, discretización temporal cada 5 minutos, parámetros con valores constantes para todo el borde			
<b>Resolución espacial:</b>	Textura	Paso medio [m]	Área máxima [km2]	Cantidad de elementos
	1	250	12	838
	2	90	13	5,410
	3	30	9	29,164
<b>Resolución temporal:</b>	Paso variable en el rango 0.01 - 300 segundos, manteniendo CFL < 0.8			
<b>Resultados:</b>	Niveles y velocidades del agua, parámetros del oleaje, variación del lecho marino, y tasas y velocidades de transporte del sedimento en todo el dominio			
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Batimetría:	BatimetriaCompleta.xyz		
	Q3D-ST:	BahiaVientos.Ion		
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	PD_ST:	PD_ST.dfsu (2D) - Variaciones morfológicas en todo el dominio		

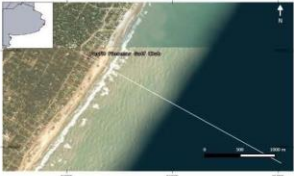
FICHA TÉCNICA N°16	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	Almejas
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Almejas
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de la Costa, Almejas (calle 4)</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -36.3513            Lon: -56.7191</p> 
<b>Longitud:</b>	10.6 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	4.32 m / -14.33 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1060 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_Almejas.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasAlmejas_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_Almejas.dfs1
	ResultsTimeSeries_Almejas.dfs1
	ResultsDrift_Almejas.dfs1


FICHA TÉCNICA N°17	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	StaTeresita
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Santa Teresita
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de la Costa, Santa Teresita (calle 32)</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -36.5354            Lon: -56.6885</p> 
<b>Longitud:</b>	9.03 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.35 m / -15.10 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 904 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_StaTeresita.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasStaTeresita_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_StaTeresita.dfs1
	ResultsTimeSeries_StaTeresita.dfs1
	ResultsDrift_StaTeresita.dfs1

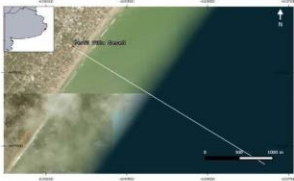
FICHA TÉCNICA N°18	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
Institución:	INA-LHA
Nombre del modelo:	MarDelTuyu(Calle 58)
Descripción:	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Mar del Tuyú
Tipo:	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
Período de simulación:	01/01/2007 - 31/12/2016
Zona de estudio:	<p>* Partido de la Costa, Mar del Tuyú (calle 58)            * Ubicación del perfil:            Lat: -36.5589            Lon: -56.6876</p> 
Longitud:	9.03 km
Cota máxima/mínima:	4.32 m / -15.10 m
Metodología:	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
Forzantes:	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
Resolución espacial	Perfil conformado por 904 puntos con una separación de 10 m
Resolución temporal:	Paso de cálculo de 3 hs
Resultados:	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
Archivos relacionados de entrada:	Perfil: Perfil_MarDelTuyu(Calle58).dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasMarDelTuyu_2007-2016.dfs0
Archivos relacionados de salida:	ResultsProfile_MarDelTuyu(Calle58).dfs1
	ResultsTimeSeries_MarDelTuyu(Calle58).dfs1
	ResultsDrift_MarDelTuyu(Calle58).dfs1


FICHA TÉCNICA N°19	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	SanBernardo(CalleAndrade)
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil San Bernardo
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de la Costa, San Bernardo (calle Andrade)</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -36.6901            Lon: -56.6761</p> 
<b>Longitud:</b>	14.7 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	2.03 m / -14.01 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1469 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_SanBernardo(CalleAndrade).dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasSanBernardo(CalleAndrade)_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_SanBernardo(CalleAndrade).dfs1
	ResultsTimeSeries_SanBernardo(CalleAndrade).dfs1
	ResultsDrift_SanBernardo(CalleAndrade).dfs1


FICHA TÉCNICA N°20	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	PuntaMedanos
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Faro Punta Médanos
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de la Costa, Faro Punta Médanos</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -36.9001            Lon: -56.6808</p> 
<b>Longitud:</b>	0.76 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.41 m / -13.05 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 766 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_PuntaMedanos.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasPuntaMedanos_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_PuntaMedanos.dfs1
	ResultsTimeSeries_PuntaMedanos.dfs1
	ResultsDrift_PuntaMedanos.dfs1


FICHA TÉCNICA N°21	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	PinamarGolfClub
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Pinamar Golf Club
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Pinamar, Pinamar Golf Club</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.0922            Lon: -56.8334</p> 
<b>Longitud:</b>	9.5 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	4 m / -12.59 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 950 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_PinamarGolfClub.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasPinamarGolfClub_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_PinamarGolfClub.dfs1
	ResultsTimeSeries_PinamarGolfClub.dfs1
	ResultsDrift_PinamarGolfClub.dfs1


FICHA TÉCNICA N°22	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	BalCozumel(Carilo)
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Cozumel (Cariló)
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Pinamar, Cozumel (Cariló)</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.174            Lon: -56.8972</p> 
<b>Longitud:</b>	9.5 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.39 m / -12.59 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 950 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_BalCozumel(Carilo).dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasBalCozumel(Carilo)_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_BalCozumel(Carilo).dfs1
	ResultsTimeSeries_BalCozumel(Carilo).dfs1
	ResultsDrift_BalCozumel(Carilo).dfs1


FICHA TÉCNICA N°23	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	VillaGesell(Calle107)
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Villa Gesell
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Villa Gesell, Villa Gesell (Calle 107) * Ubicación del perfil: Lat: -37.2605 Lon: -56.9667</p> 
<b>Longitud:</b>	8.91 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	5.23 m / -14.16 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 892 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_VillaGesell(calle 107).dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasVillaGesell(calle 107)_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_VillaGesell(calle 107).dfs1
	ResultsTimeSeries_VillaGesell(calle 107).dfs1
	ResultsDrift_VillaGesell(calle 107).dfs1


FICHA TÉCNICA N°24	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	MarAzul
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Mar Azul
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Villa Gesell, Mar Azul</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.3437            Lon: -57.0276</p> 
<b>Longitud:</b>	11.4 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.67 m / -14.92 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1141 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_MarAzul.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasMarAzul_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_MarAzul.dfs1
	ResultsTimeSeries_MarAzul.dfs1
	ResultsDrift_MarAzul.dfs1


FICHA TÉCNICA N°25	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	CalleSanMartin(MarChiquita)
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Calle San Martín
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Mar Chiquita, Calle San Martín</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.7481            Lon: -57.4208</p> 
<b>Longitud:</b>	10.22 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.63 m / -14.87 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1023 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_CalleSanMartin(MarChiquita).dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasCalleSanMartin(MarChiquita)_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_CalleSanMartin(MarChiquita).dfs1
	ResultsTimeSeries_CalleSanMartin(MarChiquita).dfs1
	ResultsDrift_CalleSanMartin(MarChiquita).dfs1


FICHA TÉCNICA N°26	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	MarDeCobo
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Mar de Cobo
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Mar Chiquita, Mar de Cobo</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.7773            Lon: -57.449</p> 
<b>Longitud:</b>	10.47 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	4.79 m / -14.87 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1048 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_MarDeCobo.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasMarDeCobo_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_MarDeCobo.dfs1
	ResultsTimeSeries_MarDeCobo.dfs1
	ResultsDrift_MarDeCobo.dfs1


FICHA TÉCNICA N°27	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	CametNorte
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Camet Norte
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Mar Chiquita, Camet Norte</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.8288            Lon: -57.4921</p> 
<b>Longitud:</b>	10.83 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.41 m / -15.77 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1084 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_CametNorte.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasCametNorte_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_CametNorte.dfs1
	ResultsTimeSeries_CametNorte.dfs1
	ResultsDrift_CametNorte.dfs1


FICHA TÉCNICA N°28	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	SantaClaraDelMar
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Santa Clara del Mar
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Mar Chiquita, Santa Clara del Mar</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.8473            Lon: -57.5045</p> 
<b>Longitud:</b>	9.58 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.12 m / -15.77 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 959 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_SantaClaraDelMar.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasSantaClaraDelMar_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_SantaClaraDelMar.dfs1
	ResultsTimeSeries_SantaClaraDelMar.dfs1
	ResultsDrift_SantaClaraDelMar.dfs1


FICHA TÉCNICA N°29	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	LaManada
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil La Manada
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Mar Chiquita, La Manada</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.8473            Lon: -57.5045</p> 
<b>Longitud:</b>	11.26 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.67 m / -15.77 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1128 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_LaManada.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasLaManada_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_LaManada.dfs1
	ResultsTimeSeries_LaManada.dfs1
	ResultsDrift_LaManada.dfs1


FICHA TÉCNICA N°30	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	ParqueCamet
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Parque Camet
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de General Pueyrredón, Parque Camet</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -37.946            Lon: -57.5343</p> 
<b>Longitud:</b>	6.73 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3 m / -15.77 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 674 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_ParqueCamet.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasParqueCamet_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_ParqueCamet.dfs1
	ResultsTimeSeries_ParqueCamet.dfs1
	ResultsDrift_ParqueCamet.dfs1


FICHA TÉCNICA N°31	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
Institución:	INA-LHA
Nombre del modelo:	PuntaMogotes12y13
Descripción:	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Punta Mogotes
Tipo:	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
Período de simulación:	01/01/2007 - 31/12/2016
Zona de estudio:	<p>* Partido de General Pueyrredón, Punta Mogotes (calles 12 y 13)</p> <p>* Ubicación del perfil: Lat: -38.0675 Lon: -57.5313</p> 
Longitud:	7.11 km
Cota máxima/mínima:	2.37 m / -20.08 m
Metodología:	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
Forzantes:	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
Resolución espacial	Perfil conformado por 712 puntos con una separación de 10 m
Resolución temporal:	Paso de cálculo de 3 hs
Resultados:	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
Archivos relacionados de entrada:	Perfil: Perfil_PuntaMogotes12y13.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasPuntaMogote12y13s_2007-2016.dfs0
Archivos relacionados de salida:	ResultsProfile_PuntaMogotes12y13.dfs1
	ResultsTimeSeries_PuntaMogotes12y13.dfs1
	ResultsDrift_PuntaMogotes12y13.dfs1


FICHA TÉCNICA N°32	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	HonuBeach
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Honu Beach
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de General Pueyrredón, Honu Beach</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.0894            Lon: -57.5419</p> 
<b>Longitud:</b>	15.55 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	4.99 m / -25.68 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1556 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_HonuBeach.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasHonuBeach_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_HonuBeach.dfs1
	ResultsTimeSeries_HonuBeach.dfs1
	ResultsDrift_HonuBeach.dfs1

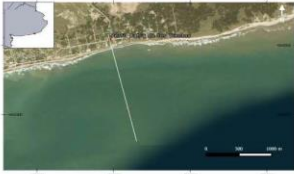
FICHA TÉCNICA N°33	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	Chapadmalal
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Chapadmalal
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de General Pueyrredón, Chapadmalal</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.2115            Lon: -57.6989</p> 
<b>Longitud:</b>	11.57 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	4.78 m / -35.76 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1158 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_Chapadmalal.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasChapadmalal_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_Chapadmalal.dfs1
	ResultsTimeSeries_Chapadmalal.dfs1
	ResultsDrift_Chapadmalal.dfs1


FICHA TÉCNICA N°34	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
Institución:	INA-LHA
Nombre del modelo:	HR(Miramar)
Descripción:	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil HR Miramar
Tipo:	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
Período de simulación:	01/01/2007 - 31/12/2016
Zona de estudio:	<p>* Partido de General Alvarado, HR Miramar</p> <p>* Ubicación del perfil: Lat: -38.2684 Lon: -57.8231</p> 
Longitud:	13.67 km
Cota máxima/mínima:	3.36 m / -39.42 m
Metodología:	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
Forzantes:	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
Resolución espacial	Perfil conformado por 1368 puntos con una separación de 10 m
Resolución temporal:	Paso de cálculo de 3 hs
Resultados:	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
Archivos relacionados de entrada:	Perfil: Perfil_HR(Miramar).dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasHR(Miramar)_2007-2016.dfs0
Archivos relacionados de salida:	ResultsProfile_HRMiramar.dfs1
	ResultsTimeSeries_HRMiramar.dfs1
	ResultsDrift_HRMiramar.dfs1


FICHA TÉCNICA N°35	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	BalCocoloco
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Cocoloco
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de General Alvarado, Cocoloco</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.3473            Lon: -57.988</p> 
<b>Longitud:</b>	13.51 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	4.91 m / -45.78 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1352 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_Cocoloco.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasCocoloco_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_Cocoloco.dfs1
	ResultsTimeSeries_Cocoloco.dfs1
	ResultsDrift_Cocoloco.dfs1


FICHA TÉCNICA N°36	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	ArenasVerdesOeste
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Arenas Verdes Oeste
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Lobería, Arenas Verdes Oeste</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.5507            Lon: -57.5633</p> 
<b>Longitud:</b>	12.17 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	5.4 m / -41.81 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1218 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_ArenasVerdesOeste.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasArenasVerdesOeste_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_ArenasVerdesOeste.dfs1
	ResultsTimeSeries_ArenasVerdesOeste.dfs1
	ResultsDrift_ArenasVerdesOeste.dfs1


FICHA TÉCNICA N°37	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	CostaBonita
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Costa Bonita
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Necochea, Costa Bonita            * Ubicación del perfil:            Lat: -38.5636            Lon: -58.628</p> 
<b>Longitud:</b>	12.54 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	6 m / -41.82 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1255 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_CostaBonita.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasCostaBonita_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_CostaBonita.dfs1
	ResultsTimeSeries_CostaBonita.dfs1
	ResultsDrift_CostaBonita.dfs1


FICHA TÉCNICA N°38	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	BahíaDeLosVientos
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Bahía de los Vientos
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Necochea, Bahía de los Vientos</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.5708            Lon: -58.6696</p> 
<b>Longitud:</b>	12.76 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	2.2 m / -41.85 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1277 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_BahíaDeLosVientos.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasBahíaDeLosVientos_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_BahíaDeLosVientos.dfs1
	ResultsTimeSeries_BahíaDeLosVientos.dfs1
	ResultsDrift_BahíaDeLosVientos.dfs1


FICHA TÉCNICA N°39	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	Av75Necochea
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Av. 75 Necochea
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Necochea, Av. 75 Necochea</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.5829            Lon: -58.7223</p> 
<b>Longitud:</b>	12.86 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.47 m / -40.76 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1287 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_Av75Necochea.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasAv75Necochea_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_Av75Necochea.dfs1
	ResultsTimeSeries_Av75Necochea.dfs1
	ResultsDrift_Av75Necochea.dfs1

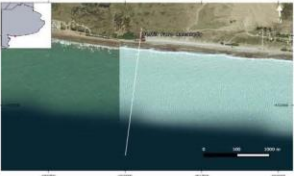
FICHA TÉCNICA N°40	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	BalKabryl
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Kabryl
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Necochea, Kabryl            * Ubicación del perfil:            Lat: -38.5922            Lon: -58.7494</p> 
<b>Longitud:</b>	12.98 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	13.75 m / -40.79 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1299 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_BalKabryl.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasBalKabryl_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_BalKabryl.dfs1
	ResultsTimeSeries_BalKabryl.dfs1
	ResultsDrift_BalKabryl.dfs1


FICHA TÉCNICA N°41	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	SanCayetano
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil San Cayetano
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de San Cayetano, San Cayetano</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.7539            Lon: -59.4287</p> 
<b>Longitud:</b>	26.04 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.81 m / -33.30 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 2605 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_SanCayetano.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasSanCayetano_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_SanCayetano.dfs1
	ResultsTimeSeries_SanCayetano.dfs1
	ResultsDrift_SanCayetano.dfs1

FICHA TÉCNICA N°42	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	Orense
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Orense
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Tres Arroyos, Orense</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.8087            Lon: -59.7343</p> 
<b>Longitud:</b>	9.34 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.79 m / -32.98 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 935 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_Orense.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasOrense_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_Orense.dfs1
	ResultsTimeSeries_Orense.dfs1
	ResultsDrift_Orense.dfs1

FICHA TÉCNICA N°43	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	BalBarlovento(Dunamar)
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Barlovento (Dunamar)
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Tres Arroyos, Barlovento (Dunamar)</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.862            Lon: -60.0851</p> 
<b>Longitud:</b>	23.2 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	4.84 m / -23.01 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 2321 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_BalBarlovento(Dunamar).dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasBalBarlovento(Dunamar)_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_BalBarlovento(Dunamar).dfs1
	ResultsTimeSeries_BalBarlovento(Dunamar).dfs1
	ResultsDrift_BalBarlovento(Dunamar).dfs1

FICHA TÉCNICA N°44	
<b>Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires</b>	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	RetaCalle48
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Reta (calle 48)
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Tres Arroyos, Reta (calle 48)</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.9014            Lon: -60.3364</p> 
<b>Longitud:</b>	20.83 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	3.93 m / -18.81 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 2084 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_RetaCalle48.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasRetaCalle48_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_RetaCalle48.dfs1
	ResultsTimeSeries_RetaCalle48.dfs1
	ResultsDrift_RetaCalle48.dfs1

FICHA TÉCNICA N°45	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	FaroRecalada
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Faro Recalada
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Monte Hermoso, Faro Recalada</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -38.9922            Lon: -61.2533</p> 
<b>Longitud:</b>	12.33 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	5.85 m / -12.88 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 1234 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_FaroRecalada.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasFaroRecalada_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_FaroRecalada.dfs1
	ResultsTimeSeries_FaroRecalada.dfs1
	ResultsDrift_FaroRecalada.dfs1

FICHA TÉCNICA N°46	
Asistencia técnica INA-IMFIA: Tecnologías para el diseño de un plan estratégico regional para manejo costero y adaptación al cambio climático en la Provincia de Buenos Aires	
<b>Institución:</b>	INA-LHA
<b>Nombre del modelo:</b>	PehuenCo
<b>Descripción:</b>	Modelo de transporte de sedimentos para el perfil Pehuén Co
<b>Tipo:</b>	Modelo 1D Litpack - LitDrift (Annual Sediment Drift)
<b>Período de simulación:</b>	01/01/2007 - 31/12/2016
<b>Zona de estudio:</b>	<p>* Partido de Coronel de Marina Leonardo Rosales, Pehuén Co</p> <p>* Ubicación del perfil:            Lat: -39.0038            Lon: -61.533</p> 
<b>Longitud:</b>	7.06 km
<b>Cota máxima/mínima:</b>	4.26 m / -11.84 m
<b>Metodología:</b>	Modelo para caracterizar el transporte anual de sedimentos a partir de las corrientes paralelas a la costa (inducidas por el oleaje)
<b>Forzantes:</b>	Altura, periodo y dirección de las olas; nivel del mar. Discretización temporal de 3 horas
<b>Resolución espacial</b>	Perfil conformado por 707 puntos con una separación de 10 m
<b>Resolución temporal:</b>	Paso de cálculo de 3 hs
<b>Resultados:</b>	Movimiento de sedimentos a través del perfil; transporte de sedimentos anual, bruto y neto
<b>Archivos relacionados de entrada:</b>	Perfil: Perfil_PehuenCo.dfs1
	Clima de olas: ClimaOlasPehuenCo_2007-2016.dfs0
<b>Archivos relacionados de salida:</b>	ResultsProfile_PehuenCo.dfs1
	ResultsTimeSeries_PehuenCo.dfs1
	ResultsDrift_PehuenCo.dfs1