

*Manual de Usuario, v.1.0*

*User Manual*

# ***Celeris-Advent***

TAVAKKOL, S.  
LYNETT, P.

Traducción: Gabriel Ruiz-Martínez.  
14 de junio de 2017

# Índice

	Página
1. Introducción	3
2. Archivos de entrada ( <i>Input files</i> )	3
3. Ajuste del modelo (Model Settings)	4
4. Parámetros del dominio espacial (Field parameters)	6
5. Condiciones iniciales (Initial Conditions)	7
6. Condiciones de frontera (Boundary Conditions)	7
7. Archivos de salida (Output files)	8
8. Interfase gráfica de usuario (GUI)	9
9. Ejecución del software (Running the software)	10
10. Caso Tutorial	10
Apéndices	13
A. Acceso al modelo Celeris	13

## Índice de figuras

1.	Declaración de un elemento en un archivo XML. . . . .	4
2.	Ejemplo de un elemento XML con atributos. Nótese que dentro del elemento existe otro elemento con sus atributos. . . . .	4
3.	Código de un archivo *.CML . . . . .	5
4.	Ejemplo de un archivo *.CBF (solo se muestra una parte del archivo). . . .	6
5.	Caso de la isla cónica. Las estaciones de muestreo se muestran por puntos y el oleaje que incide en la isla proviene de la izquierda del dominio espacial.	12

## 1. Introducción

Este documento aborda el uso del simulador y visualizador de oleaje, *Celeris*. El programa de cómputo soluciona las ecuaciones extendidas de Boussinesq, las cuales se resuelven mediante unidades de tarjetas gráficas (GPU). *Celeris* emplea un esquema híbrido de volumen y diferencias finitas para discretizar las ecuaciones de gobierno en su forma conservativa. La tríada ( $w, P, Q$ ) describe los parámetros del flujo en una celda, donde  $w$  es la superficie libre del agua a partir de un plano de referencia establecido (datum);  $P$  y  $Q$  son los flujos de la masa en las direcciones X y Y, respectivamente.

Como archivo de entrada, *Celeris* requiere de un archivo XML que tiene como objetivo, proporcionar los parámetros necesarios para llevar a cabo las simulaciones numéricas, así como permitir la activación de la interfase gráfica de usuario (GUI). Por otra parte, el software tiene la capacidad de exportar los datos de salida en archivos de formato ASCII. Cabe señalar que en *Celeris*, las unidades de los parámetros físicos que se emplean corresponden al Sistema Internacional de Unidades (SI), el cual está sustentado en el sistema métrico.

Este documento tiene como finalidad el proporcionar y ampliar la información relacionada al formato de los archivos que requiere *Celeris*, así como su GUI. Los detalles numéricos e implementación del software se encuentran fuera del alcance de éste documento; sin embargo, éstos pueden consultarse en [1].

## 2. Archivos de entrada (*Input files*)

Para llevar a cabo las simulaciones numéricas, *Celeris* necesita un archivo XML para ajustar los parámetros iniciales. El fácil uso y edición de los archivos XML fueron las principales causas para la elección de este tipo de archivo, como archivos de ajuste de parámetros para *Celeris*. Por otra parte, se recomienda al usuario que la creación o modificación de los archivos XML se lleve a cabo con un editor de textos estándar, como por ejemplo, usando Notepad++.

Los archivos XML consisten de *elementos*. Generalmente, un elemento se encuentra acotado por el nombre del elemento y una etiqueta final; cualquier carácter que se ubique entre el nombre y la etiqueta final describe el *contenido* del elemento, tal como se muestra en la Figura 1.

A su vez, un elemento puede almacenar otros elementos; de hecho, todos los elementos en un archivo XML deben ubicarse dentro de un elemento "raíz" (*root*). Adicionalmente al contenido, los elementos también pueden tener *atributos*. Por ejemplo, la Figura 2 muestra el elemento `<westBoundary>`, tal elemento posee 3 atributos que son: el tipo

(`type`), el nivel del mar (`seaLevel`) y el número del ancho (`widthNum`).

```
<name>Conical Island</name>
```

**Figura 1:** Declaración de un elemento en un archivo XML.

Por otra parte, en el contenido de un elemento puede establecerse otro elemento; en el ejemplo de la figura 2, el elemento `<sineWave>` posee su propio contenido.

```
<westBoundary type = "SineWave" seaLevel = 0 widthNum = 2>
  <sineWave amplitude = .01 period = 2 theta = 0></sineWave>
</westBoundary>
```

**Figura 2:** Ejemplo de un elemento XML con atributos. Nótese que dentro del elemento existe otro elemento con sus atributos.

Para distinguir entre los archivos de ajuste de parámetros iniciales de Celeris y archivos genéricos XML, debemos establecer en nuestros archivos de ajustes de parámetros de entrada *la extensión CML*.

Para el presente documento y a manera de ejemplo, analizaremos y explicaremos el contenido del archivo CML que se visualiza en la Figura 3.

En la Figura 3, el elemento raíz es `<Experiment>` y todos los ajustes se especifican dentro de éste elemento. El nombre del proyecto se localiza en el elemento `<name>` y se mostrará en la barra de títulos de Celeris. En los archivos XML, los comentarios se delimitan con `<!--` y `-->`.

### 3. Ajuste del modelo (Model Settings)

Los ajustes del modelo se establecen dentro del elemento `<model>`; el cual solamente tiene un atributo `type` y dos elementos `<parameters>` y `<friction>`; ambos elementos a su vez, tienen cada uno de ellos múltiples atributos. El atributo `type` de `<model>` solo puede tomar el parámetro "BSNQ" o "NLSW", éste parámetro especifica qué tipo de ecuaciones se utilizarán para la simulación de oleaje, ya sean las de Boussinesq o las ecuaciones de aguas someras.

El atributo `epsilon` es el valor de  $\epsilon$  en las ecuaciones de gobierno, siendo dicho parámetro el usado para evitar divisiones entre cero. El valor de éste parámetro puede tener una influencia en las mediciones del run-up y estabilidad del modelo; grandes valores hacen

al código más estable, pero en las simulaciones se incrementa el tiempo de desempeño del algoritmo. Se ha identificado que los resultados de las simulaciones en áreas con una profundidad menor que  $\epsilon^{0.25}$  pueden presentar anomalías.

El atributo `correctionStepsNum` establece el número de pasos de corrección y el atributo `timestep` es el tamaño del paso de tiempo (dt) en segundos. El atributo `type` del elemento `<friction>` puede cambiarse entre "Manning" y "Quadratic". Dependiendo del valor de `type`, el atributo `coef` puede ser el coeficiente de la rugosidad de Manning (n) en unidades SI, o el coeficiente cuadrático de la fricción (f).

```
<?xml version="1.0" ?>
<Experiment>
  <name>Sample Experiment</name>
  <!-- Settings for Model -->
  <model type = "BSNQ">
    <parameters epsilon = 5e-12 correctionStepsNum = 0 timestep = 0.005</parameters>
    <friction type = "Manning" coef = 0.0</friction>
  </model>
  <!-- Settings for Solution field -->
  <fieldDimensions width = 30 length = 30 stillWaterElevation = 0</fieldDimensions>
  <gridSize nx = 601 ny = 601</gridSize>
  <bathymetryFilePath>\resources\bathy.cbf </bathymetryFilePath>
  <!-- Settings for Initial Condition -->
  <hotStartFilePath> N/A </hotStartFilePath>
  <solitaryWave H = 0.005 theta = 0 xc = 5 yc = 15</solitaryWave>
  <solitaryWave H = 0.005 theta = -45 xc = 5 yc = 25</solitaryWave>
  <!-- Settings for Boundaries-->
  <westBoundary type = "SineWave" seaLevel = 0 widthNum = 2>
    <sineWave amplitude = .01 period = 2 theta = 0</sineWave>
  </westBoundary>
  <eastBoundary type = "Sponge" seaLevel = 0 widthNum = 20</eastBoundary>
  <southBoundary type = "Solid" seaLevel = 0 widthNum = 2</southBoundary>
  <northBoundary type = "Solid" seaLevel = 0 widthNum = 2</northBoundary>
  <!-- Settings for Logging Data-->
  <logData doLog = true logStep = 20>
    <logPath>C:\conical_island </logPath>
    <range filename = "island">
      <bottomLeft x = 228 y = 228</bottomLeft>
      <topRight x = 374 y = 374</topRight>
    </range>
    <gauges filename = "gauges">229,302,249,302,353,302,354,302</gauges>
  </logData>
</Experiment>
```

Figura 3: Código de un archivo \*.CML

## 4. Parámetros del dominio espacial (Field parameters)

Los elementos `<fieldDimensions>`, `<gridsize>` y `<bathymetryFilePath>` ajustan las propiedades del dominio espacial de la solución numérica. El elemento `<fieldDimensions>` posee tres atributos:

- `width`,
- `length` y
- `stillWaterElevation`.

todas las magnitudes de los parámetros deberán proporcionarse en metros. *Por otra parte, nótese que ancho (`width`) del dominio espacial en Celeris debe considerarse como la dirección X y la longitud (`length`) será en la dirección Y. `stillWaterElevation` se proporciona de acuerdo a un datum definido. En la mayoría de las ocasiones, éste elemento se ajusta a cero.*

El elemento `<gridsize>` tiene los atributos `nx` y `ny` los cuales definen el número de celdas en las direcciones X y Y, respectivamente.

`<bathymetryFilePath>` es la ruta de acceso absoluta o relativa del archivo de batimetría de Celeris (\*.cbf); si una ruta de acceso relativa se usa, Celeris intentará encontrar el archivo de batimetría en la ubicación donde se encuentra el archivo CML.

Los archivos de batimetría en Celeris son archivos de texto ASCII con formato y extensión "cbf". La Figura 4 muestra un ejemplo de un archivo cbf. Como se puede observar, el archivo inicia con dos etiquetas `[nx]` y `[ny]`, las cuales determinan el número de celdas en las direcciones X y Y, respectivamente. La sección de propiedades del archivo cbf finaliza con una serie de signos "="; posteriormente, la matriz de batimetría se proporciona. Se proporcionan dos rutinas en Matlab y Python, "write\_bathy" para ayudar a crear los archivos de batimetría que requiere Celeris.

```
[nx] = 100
[ny] = 50
=====
-0.45000000 -0.40000000 -0.35000000 . . .
-0.45000000 -0.40000000 . . .
-0.45000000 . . .
.
.
.
```

**Figura 4:** Ejemplo de un archivo \*.CBF (solo se muestra una parte del archivo).

Si los números de las celdas en el archivo de batimetría ( $[nx]$  y  $[ny]$ ) son diferentes de los números de celda ( $nx$  y  $ny$ ) en la simulación, Celeris usará una interpolación lineal para generar la batimetría.

## 5. Condiciones iniciales (Initial Conditions)

Celeris solo permite ajustar dos tipos de condiciones iniciales:

1. puede proporcionarse al software como condición inicial un archivo de arranque (`hotStartFilePath`) con extensión \*.chf; el archivo contiene los valores de  $w$ ,  $P$  y  $Q$  en todo el dominio espacial. El formato del archivo debe ser similar a los archivos de salida del software. Celeris no usa interpolaciones para los archivos de arranque y por esta razón, el archivo que se proporciona deberá tener exactamente el mismo número de celdas de la simulación en ambas direcciones.
2. ondas solitarias múltiples pueden agregarse al dominio espacial como condiciones iniciales. Las propiedades de una onda solitaria deberán proporcionarse como atributos del elemento `<solitaryWave>`; esos atributos son: altura de la ola en metros ( $H$ ), la dirección de la ola con respecto al eje X en grados decimales ( $\theta$ ) y las coordenadas del centro de la onda ( $x_c$  y  $y_c$ ). Cabe la posibilidad de especificar varios elementos de olas solitarias en un solo archivo CML.

## 6. Condiciones de frontera (Boundary Conditions)

Para implementar las condiciones de frontera, Celeris usa dos capas de celdas fantasmas en cada lado del dominio espacial; lo que significa que para una simulación con una malla de tamaño  $nx \times ny$ , Celeris define una matriz con tamaño  $(nx + 4) \times (ny + 4)$  para almacenar los parámetros del flujo. Los índices de las celdas inician desde cero en ambas direcciones, y terminan con  $nx + 3$  o  $ny + 3$  en cada dirección. Las fronteras Este y Oeste están definidas de manera paralela al eje Y y se encuentran localizadas en  $x_j = 2$  y  $x_j = nx + 1$ , respectivamente. Similarmente, las fronteras Sur y el Norte están definidas de forma paralela al eje X y se localizan en  $y_i = 2$  y  $y_i = ny + 1$ , respectivamente.

*Las condiciones de frontera para los cuatro lados del dominio espacial deberán establecerse en el archivo CML, como atributos de los elementos:*

- `<westboundary>`,
- `<eastboundary>`,
- `<southboundary>` y
- `<northboundary>`.



El tipo (**type**) de la frontera en Celeris Advent puede ser considerado entre:

1. “**Solid**” para muros sólidos reflectivos,
2. “**Sponge**” para capas de esponjas numéricas,
3. “**SineWave**” para generar de ondas senoidales,
4. “**IrregularWaves**” para proporcionar oleaje irregular y
5. “**UniformTimesSeries**”.

El atributo **seaLevel** es la elevación del nivel medio del agua en la frontera y en simulaciones de ingeniería costera se recomienda que éste parámetro tenga el mismo valor de **stillWaterElevation**.

Con el atributo **widthNum** se definen el número de celdas de frontera, para las fronteras “**Solid**” y “**SineWave**” éste valor debe ajustarse a 2. Para la frontera “**Sponge**” se ajustará un valor apropiado que corresponda a la longitud de la capa de la esponja.

Si el tipo de frontera es “**SineWave**”, el elemento frontera deberá contener un elemento **<SineWave>** que describa las propiedades de la onda. Los atributos de éste elemento son: amplitud (**amplitude**) en metros, periodo (**period**) en segundos y dirección (**direction**) con respecto al eje X en grados decimales. Si el tipo de frontera no se establece **<SineWave>** será ignorado.

## 7. Archivos de salida (Output files)

Celeris puede exportar los valores de los parámetros del flujo  $w$ ,  $P$  y  $Q$  en un archivo ASCII con formato. Debido a que la escritura de datos tiene un coste de tiempo en la ejecución del software, Celeris proporciona como alternativa de exportación, almacenar solo los datos de un intervalo de tiempo dado en determinados sitios del dominio espacial (región de monitoreo). El elemento **<logdata>** es la etiqueta que se usa para ajustar la exportación de resultados; las propiedades de exportación pueden presentar otros elementos. El atributo **doLog** de **<logdata>** puede indicarse como verdadero (**true**) para crear el registro o falso (**false**) para desactivarlo. **logStep** es el número de pasos de tiempo a partir del cual se exportarán los resultados al archivo de salida. En el contenido del elemento **<logPath>** se proporciona la ruta de acceso absoluta o relativa de la carpeta donde se crearán los archivos de exportación <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Es recomendable crear esta carpeta, de manera previa a la ejecución de la simulación ya que Celeris no la creará de manera automática.

La región de monitoreo se define con los índices de las celdas del dominio espacial. El software tiene la capacidad de establecer los sitios de dos maneras diferentes: en la primera de ellas, el rango se proporciona por dos puntos opuestos de un rectángulo en el dominio espacial; los rangos pueden establecerse en el elemento `<range>` donde el atributo `filename` será el nombre del archivo para el rango definido. El elemento rango debe de contener otros dos elementos `<bottomleft>` y `<topRight>` cada uno de ellos con dos atributos de `x` y `y`. Estos elementos indican la esquina de un rectángulo con los valores mínimos y máximos de los índices X y Y, respectivamente. Es relevante enfatizar que los atributos `x` y `y` son índices de celdas y no distancias en metros. También, el usuario deberá tener cuidado en considerar la numeración correcta de las celdas, tal como se describió anteriormente en la sección de condiciones de frontera.

Un archivo CML puede incluir múltiples rangos para el registro de datos. Por ejemplo, si en una simulación, el run-up en dos islas es el objeto de interés, se recomienda definir dos rangos, donde uno cubra una de las islas, en comparación a un gran rango que cubra ambas islas.

Los datos también pueden ser registrados en estaciones de muestreo y exportar los datos a un archivo. Las coordenadas de la estación se encuentran dadas como coordenadas (x,y) dentro del elemento `<gauges>`, tal como se muestra en la Figura 3. Los valores de las coordenadas están separados por una coma y de manera similar a los rangos, sus valores corresponden a los índices de las celdas. Por ejemplo, en la simulación de la Figura 3, los parámetros del flujo se almacenarán en el archivo "`filename='gauges'`", ubicado en la carpeta "C:\conical\_island", en las estaciones de muestreo (229,302), (249,302) y (354,302) cada 20 pasos de tiempo. Un archivo CML solo puede tener un elemento de `<gauges>`.

Los archivos de salida de Celeris son archivos de textos ASCII con formato y de extensión "txt". Cada una de las líneas en el archivo de exportación representa el valor de los parámetros de flujo (`j,i,w,P,Q,alpha`), donde: `j` e `i` son los índices en las direcciones X y Y, respectivamente; `w`, `P` y `Q` son las propiedades del flujo y `alpha` es un valor escrito en el archivo para depurar el software, éste valor generalmente es igual a cero y deberá ser ignorado por los usuarios.

## 8. Interfase gráfica de usuario (GUI)

Celeris es el primer paquete de cómputo interactivo para la simulación de la propagación del oleaje en zonas costeras, es por ello que tiene una GUI donde es posible modificar los parámetros de la simulación numérica y visualización, mientras el modelo se ejecuta.

Por ejemplo, el usuario puede modificar el tamaño de la malla, el coeficiente de fricción o el número Courant-Friedrich-Levy a través de la GUI. Las condiciones de Frontera

pueden modificarse y una onda solitaria puede superponerse en el dominio espacial durante la modelación numérica. Celeris presenta varias opciones de visualización, tal como renderizados fotorealísticos y mapas de colores. El usuario puede familiarizarse de una mejor manera con la GUI al momento de ejecutar y usar el software.<sup>2</sup>

## 9. Ejecución del software (Running the software)

Celeris se ejecuta a través del archivo "Celeris.exe".<sup>3</sup> La ruta de acceso absoluta del archivo de entrada CML puede proporcionarse por medio del archivo "setting.init", que se localiza en la misma carpeta de "Celeris.exe". Si la ruta de acceso no se proporciona o es inválida, Celeris preguntará automáticamente al usuario la localización del archivo CML mediante una ventana de búsqueda de archivos. Una vez proporcionado el archivo CML, el software iniciará inmediatamente la simulación y visualizará el progreso de ésta, así como sus resultados. Es posible llevar a cabo simultáneamente, más de una simulación con Celeris, sin embargo debe considerarse que todas las simulaciones compartirán la capacidad de cómputo de la unidad de la tarjeta gráfica o GPU.

## 10. Caso Tutorial

En esta sección se muestra, paso a paso, cómo simular una isla cónica en Celeris. Este caso se encuentra basado en los experimentos de [2] para una onda solitaria interactuando alrededor de una isla cónica, caso que se usa frecuentemente para la validación de modelos numéricos. Para asistir la escritura de los archivos de la batimetría y el post-proceso de los datos registrados, algunas rutinas de Matlab son distribuidas de manera conjunta con Celeris. Estos archivos no son parte del software y no se requiere para usar Celeris.

El primer paso en una simulación es generar la batimetría del experimento. La Figura 5 muestra el ajuste del experimento de la isla cónica. Se simulará un caso con dominio numérico de 30 m por 30 m. La isla cónica tiene una base circular con un diámetro de 7.2 m y una pendiente lateral de 0.25; el montículo se localiza en el centro del dominio espacial de la solución.

---

<sup>2</sup>Existe un breve video del uso de la GUI que se encuentra disponible en Youtube, para visualizarlo, haga click en el siguiente link

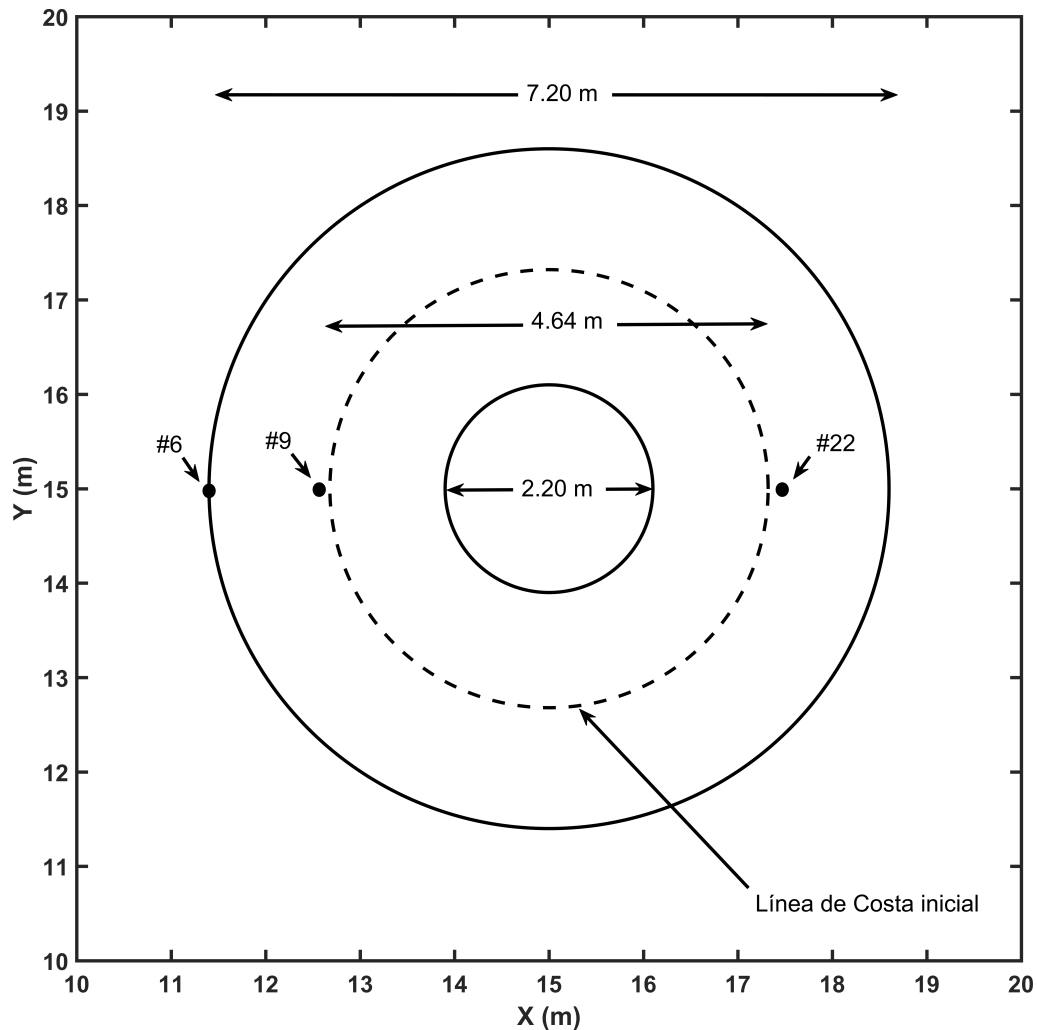
<sup>3</sup>Celeris requiere que la versión más reciente de DirectX se encuentre instalada en una computadora con Windows. Esta librería es parte del sistema operativo y por ello, Celeris puede correrse en computadoras con sistema operativo Windows, sin realizar preparaciones previas; sin embargo, se recomienda realizar actualizar el sistema operativo para cerciorarse que DirectX está instalado en la computadora. Si al ejecutar Celeris se presenta un error relacionado al archivo del DirectX, se deberá actualizar éste programa a través del link

El proceso se realiza con los siguientes pasos:

- Abrir la carpeta “Examples” y copiar el archivo “template.cml” dentro de la carpeta “Tutorial Case”. Esta carpeta tendrá el archivo “conicalislandready.cml”, este archivo se encuentra con los ajustes predeterminados para ejecutar el caso tutorial en Celeris sin editar algún archivo cml. Por otra parte, nosotros queremos editar “template.cml” y hacer los cambios necesarios para que nuestro archivo sea igual a “conicalislandready.cml”. Esta carpeta tiene también un archivo CBF que contiene la batimetría. Para el post-proceso, una carpeta de registro con algunas rutinas de Matlab se encontrarán ahí, también.
- Renombra el archivo “tutorial\_case.cml” a “conical\_island.cml” usando un editor de textos estándar tal como Notepad++. <sup>4</sup> Sigue los siguientes pasos tal y como se muestra en el archivo de video “Celeris Tutorial Case.mp4”. En el caso tutorial simulamos el “Caso C” con  $H/d = 0.18$ , donde  $H$  es la altura de la onda solitaria y  $d$  es la profundidad. Las capas “Sponge” están impuestas en las fronteras paralelas del dominio espacial de la solución y muros sólidos en las otras dos fronteras. El dominio se encuentra discretizado por  $301 \times 301$  celdas con un paso de tiempo constante de 0.005 s. La fricción del fondo se omite.
- Los resultados de la simulación en un área alrededor de la isla y las ubicaciones de las estaciones de muestreo se identifican en la Figura 5. Se ha seleccionado almacenar los datos en archivo cada 20 pasos de tiempo. Después de correr la simulación, los resultados registrados pueden ser visualizados en Matlab mediante las rutinas proporcionadas. La rutina “gaugesread.m” grafica los resultados de la simulación de cada una de las 4 estaciones mostradas en la figura. La rutina “runupisland.m” grafica el máximo run-up horizontal alrededor de la isla, tanto para los resultados experimentales como los numéricos.

---

<sup>4</sup>para descargar el programa, haga click en el siguiente link



**Figura 5:** Caso de la isla cónica. Las estaciones de muestreo se muestran por puntos y el oleaje que incide en la isla proviene de la izquierda del dominio espacial.

## Referencias

- [1] Tavakkol, P. and Lynett, P. 2017. Celeris: A GPU-accelerated open source software with a Boussinesq-type wave solver for real-time, interactive simulation and visualization. *Computers Physics Communications*, 217:117-127. DOI:10.1016/j.cpc.2017.03.002
- [2] Briggs, M.J., Synolakis, C.E., Harkins, G.S. and Green, D.R. 1995. Laboratory Experiments of tsunami runup on a circular island. *Pure Appl. Geophys*, 144(3-4):569-593. DOI: 10.1007/BF00874384

# Apéndices

## A. Acceso al modelo Celeris

Para descargar Celeris es necesario registrarse en la página oficial del modelo <https://www.celeria.org/> y solicitar a los autores, el uso del programa.