

Propagación de olaje con SWAN

Ingeniería de Costas
Curso 2013-2014

I. de Caminos, Canales y Puertos
Grado en Ingeniería Civil

Alejandro López Ruiz
alopezruiz@ugr.es

Índice

1. Introducción
2. Esquema general de funcionamiento
3. Definición del modelado
4. Generación de batimetría
5. Ejecución y errores
6. Visualización de resultados

1

Introducción



Dinámica Ambiental

UNIVERSIDAD DE GRANADA

1. INTRODUCCIÓN

Qué es y para qué se utiliza

SWAN (Simulating WAVes Nearshore) es un modelo de propagación de oleaje espectral que simula la energía contenida en las ondas en su propagación desde superficies oceánicas hasta zonas costeras. Se utiliza en zonas donde:

- Sea necesario propagar el oleaje sobre grandes superficies oceánicas (generación de oleaje por viento).
- No haya estructuras complejas (usar otros modelos como MSP o Artemis).

Utilidades:

- Cálculo de transporte de sedimentos
- Propagación de régimen medio
- Obtención de cota de inundación
- Estudio de la morfodinámica litoral

Procesos que tiene en cuenta

SWAN incluye la posibilidad de considerar una gran cantidad de los procesos a los que se ve sometido el oleaje durante su propagación:

- Asomeramiento
- Refracción
- Difracción (no es sentido restringido)
- Disipación por fondo
- Rotura
- Generación del oleaje por viento
- Disipación por decrestamiento (whitecapping)
- Interacciones del oleaje con la corriente
- Modelado de obstáculos
- Etc. (Consultar manual)

Limitaciones y zonas de aplicación

SWAN presenta algunas limitaciones:

- La difracción es modelada en sentido restringido.
- No tiene en cuenta la reflexión (aunque pueden modelarse obstáculos).
- No calcula corrientes inducidas por el oleaje, pero sí pueden ser introducidas como entrada. Por tanto calcula el efecto de la corriente en el oleaje, pero no al revés.

Esto implica que el modelo dará resultados gran grado alto de fiabilidad en zonas que:

- No presenten grandes obstáculos ni construcciones que produzcan mucha difracción.
- No presenten cambios bruscos de profundidad (reflexión).
- Abarquen una zona relativamente amplia, con resoluciones espaciales $< O(10)$ m.

1. INTRODUCCIÓN

A tener en cuenta

- Para el uso de este tipo de modelos se utilizan una serie de aproximaciones (además de las derivadas de la definición del modelo) que suelen estar relacionadas con la cantidad y calidad de los datos de entrada. Por eso se suelen calibrar.
- Todo modelo numérico puede resultar difícil de usar, los errores durante la ejecución son muy comunes y para solucionarlos conviene ser muy cuidadoso con la sintaxis y estar atento a si están todos los archivos necesarios presentes.
- En esta asignatura sólo se imparte un curso introductorio a SWAN, por lo que muchas opciones y posibilidades del modelo no aparecen.
- Muchas de las dudas que puedan surgir pueden resolverse utilizando el manual del modelo, y por supuesto preguntando al profesor.

2

Esquema general de funcionamiento



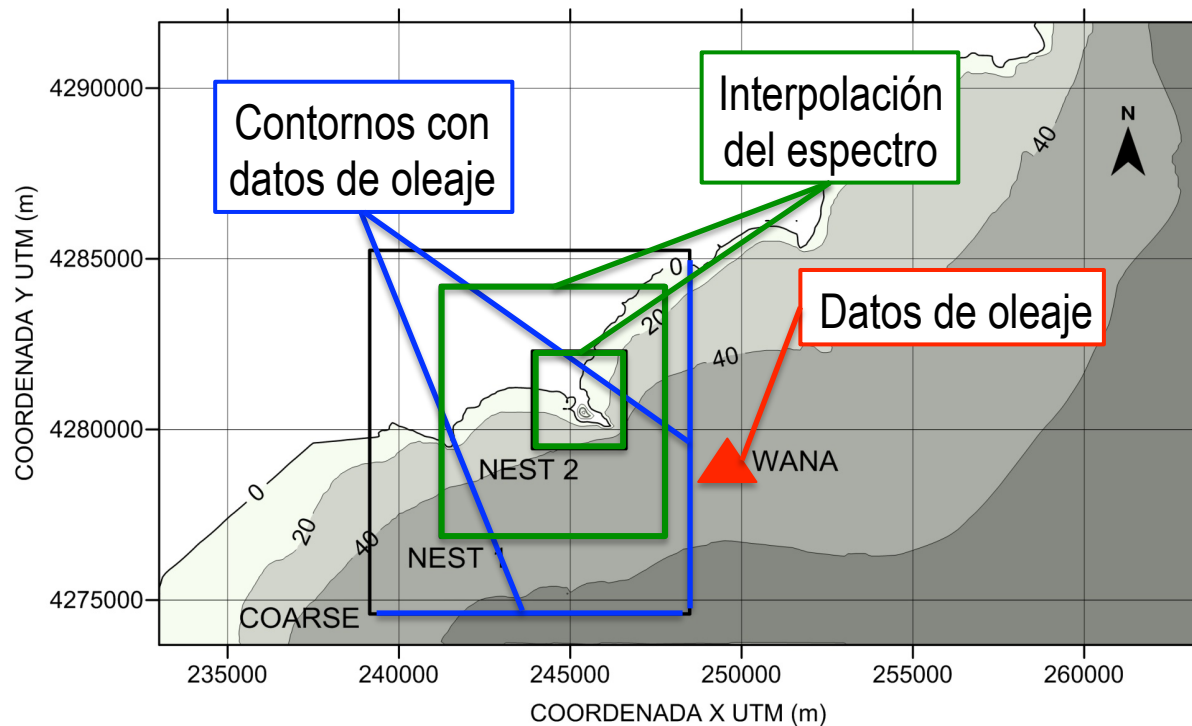
Dinámica Ambiental

UNIVERSIDAD DE GRANADA

2. ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

Cómo funciona el modelo

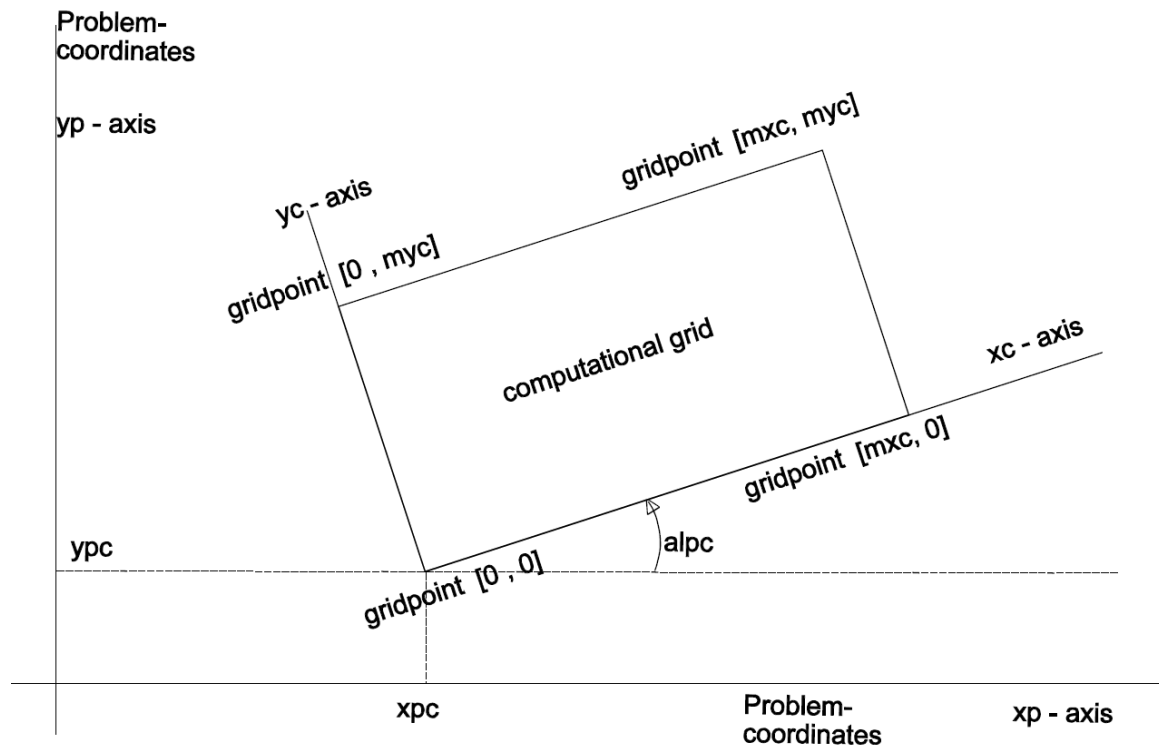
SWAN discretiza el dominio espacial en mallas que pueden anidarse. Los datos de oleaje se prescriben en una o varias de las aristas de la malla de mayor superficie. Para las mallas anidadas los datos se toman del espectro interpolado en la ejecución de la malla anterior



2. ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

Sistema de referencia de las mallas

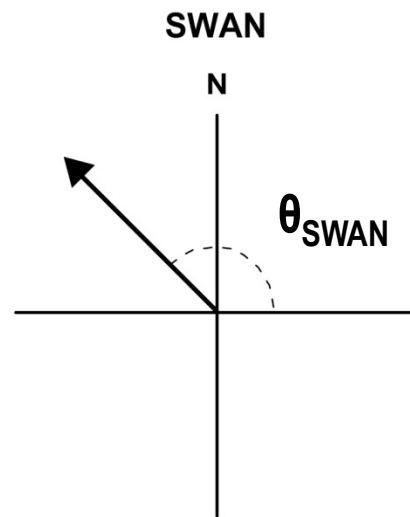
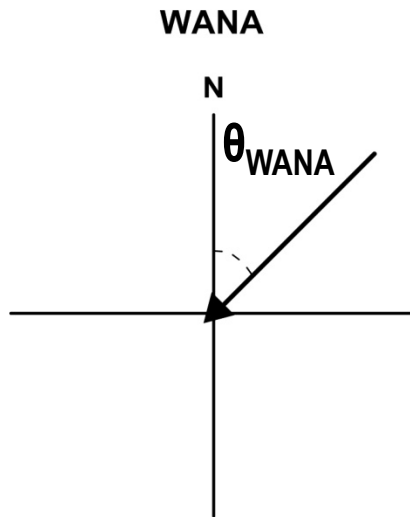
Las mallas definen con el siguiente sistema de referencia:



2. ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

Definición de los ángulos

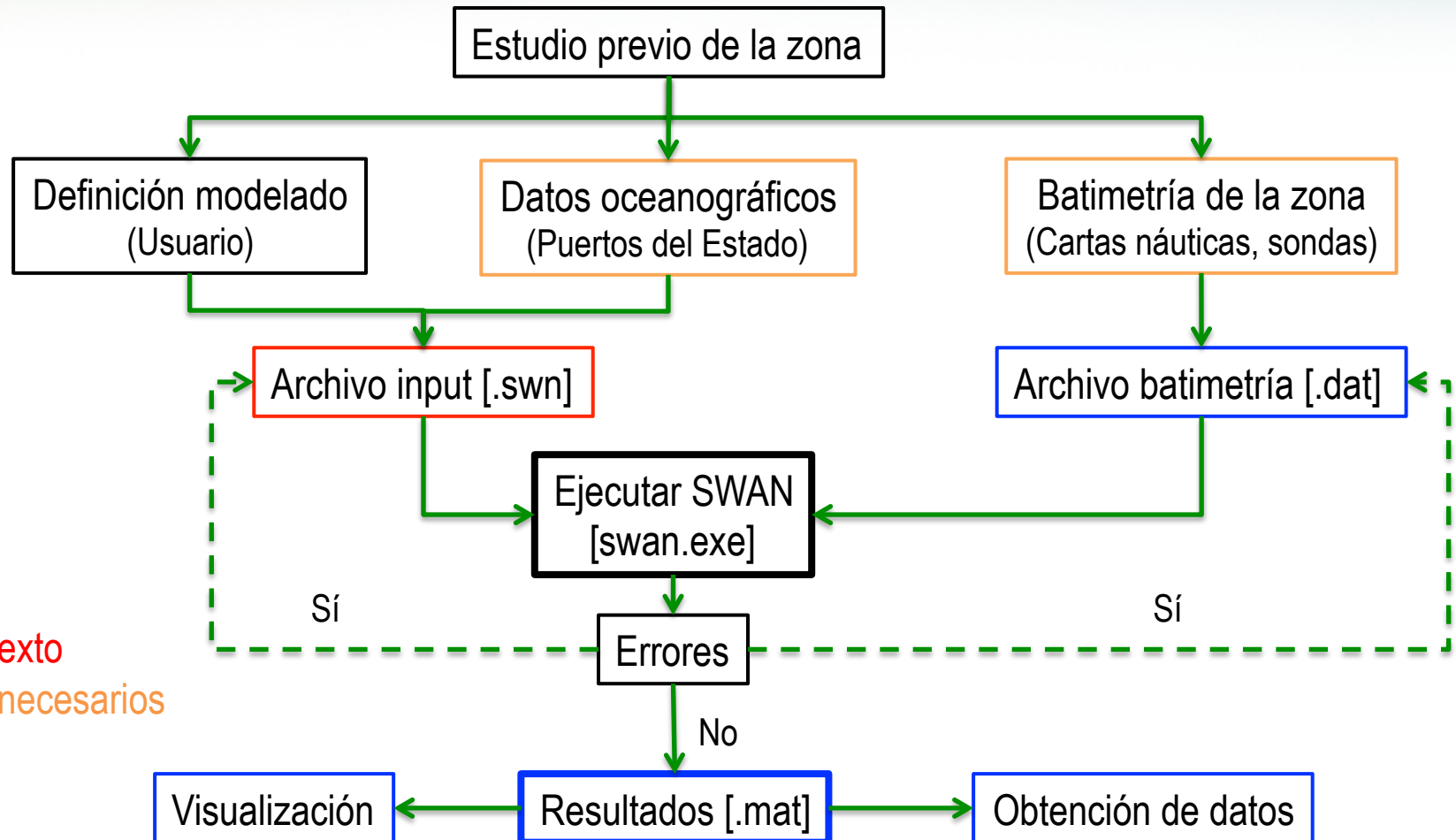
Tanto el oleaje que se define para los contornos, como el viento que puede introducirse para considerar la generación de oleaje dentro de la malla tienen un criterio para los ángulos específico con el que hay que tener cuidado:



$$\theta_{swan} = \text{mod}((270^\circ \pm \beta) - Dir_{wana}, 360^\circ)$$

2. ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

Esquema de funcionamiento



3

Definición del modelado



Dinámica Ambiental

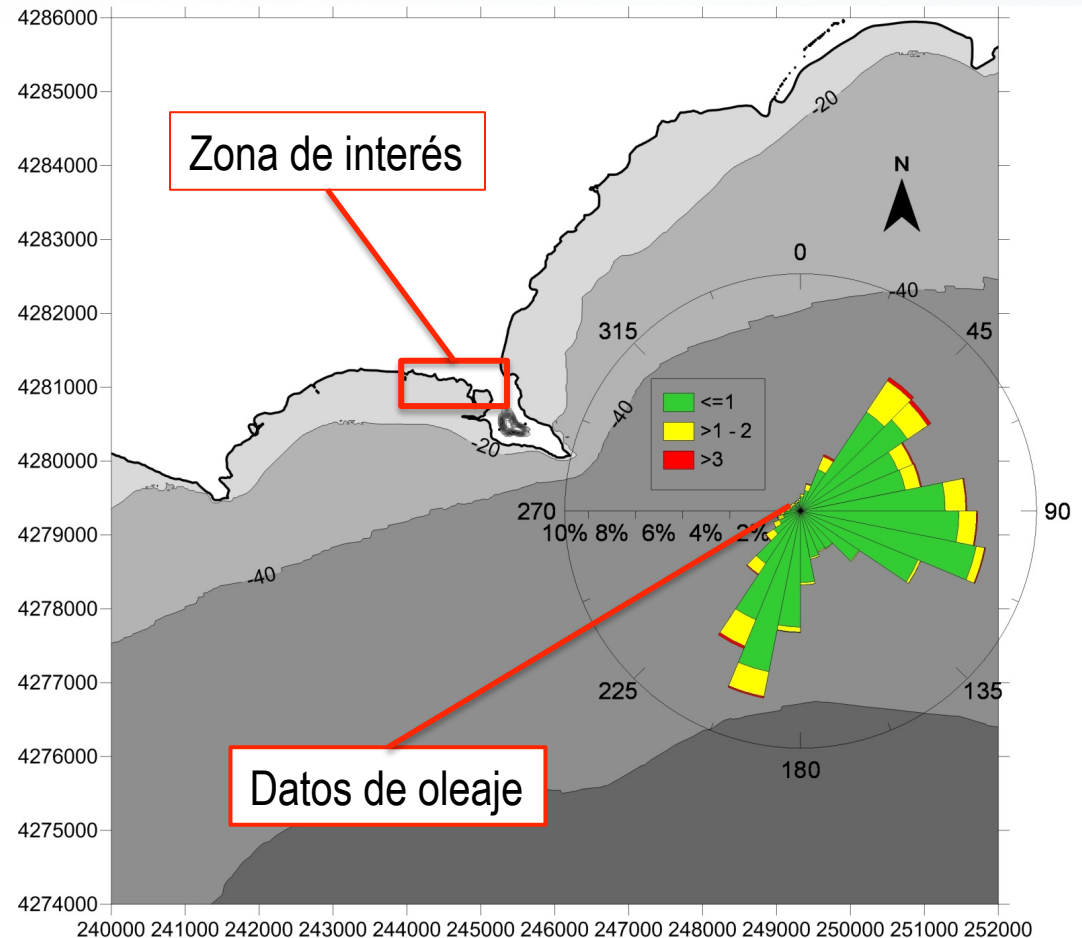
UNIVERSIDAD DE GRANADA

3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

A. Estudio previo de la zona: localización y clima

Lo primero es tener muy claro **qué** y **dónde** se quiere obtener para poder establecer la resolución espacial y qué zona ha de cubrirse. Para ello hay que estudiar la localización y el clima.

EJEMPLO: cálculo de cota de inundación en Calpe (Alicante)



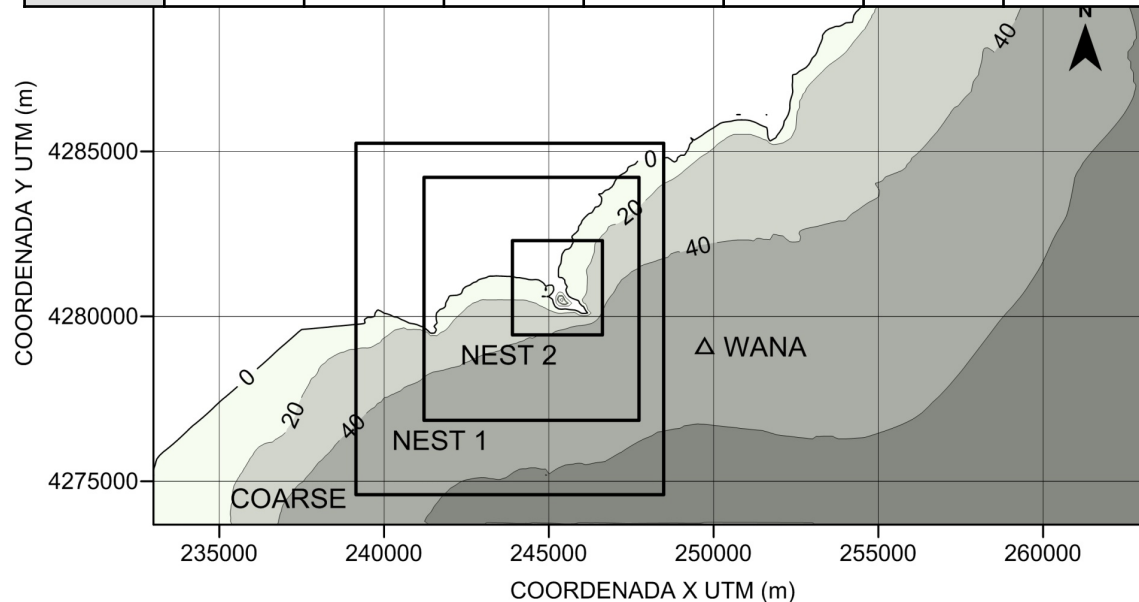
3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

B. Definición del modelado numérico (mallas)

Una vez que se deciden las resoluciones se definen las mallas. Hay que considerar:

- Los resultados en los contornos no son buenos (mallas grandes).
- Oleajes principales no muy oblicuos a las aristas.
- Usar números redondos.
- Bajar progresivamente la resolución teniendo en cuenta que $m_x, m_y < 600$.

Malla	X_0 (m)	m_x	dx (m)	Y_0 (m)	m_y	dy (m)	Ángulo
Coarse	239150	188	50	4274600	213	50	0
Nest1	241225	261	25	4276825	295	25	0
Nest2	243900	270	10	4279450	285	10	0



3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

C. Preparación input.swn I: aspectos generales

En este archivo incluye:

- Los datos de las mallas.
- El oleaje impuesto en los contornos.
- Los procesos que queremos que considere el modelo.
- Aspectos numéricos.

Tiene 6 partes:

- Cabecera: datos del caso a propagar, sistema de coordenadas, nivel de marea.
- Malla computacional: datos de la malla donde va a calcular los datos de oleaje
- Batimetría: datos de la batimetría (corrientes, nivel medio, fricción)
- Entrada: datos de oleaje y campo constante de viento
- Procesos: procesos físicos y configuración del modelo
- Salida: variables a calcular, archivo con puntos de control, situación de la malla anidada

3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

C. Preparación input.swn II: cabecera y malla computacional

1) Encabezado

PROJect: nombre del proyecto de trabajo

SET: inicializa parámetros como el nivel (LEVEL)

MODE: modo estacionario (por defecto) o no-estacionario

COORD: sistema de coord. cartesiano (por defecto) o esférico

2) Malla computacional

CGRID: dimensiones de la malla computacional

xpc, ypc: coordenadas del origen

alpc: ángulo de la malla

xlenc,ylenc: longitud de los contornos

mx, my: número de celdas [nx-1 y ny -1, según las da [genera_batimetria.m](#)]

CIRCLE: resolución angular

flow,fhi: frecuencias mínima y máxima del espectro

3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

C. Preparación input.swn III: batimetría

3) Batimetría

INPGRID: dimensiones de la batimetría de la malla (BOTTOM)

xpinp, ypinp: coordenadas del origen

alpinp: ángulo de la malla

mxinp,myinp: número de celdas [nx-1 y ny -1, según las da [genera_batimetria.m](#)]

dxinp,dyinp: espaciamiento

EXP: valor asignado a los puntos de excepción (tierra)

READINP: archivo con los datos de batimetría

fac: factor por el que se multiplica cada valor del archivo

fname: nombre del archivo

idla: forma en que se identifica cada valor del archivo con cada nodo

nhdef: cabecero (0=sin cabecero)

formato: formato ((mxinp+1)FN.d) [mxinp=nx en [genera_batimetria.m](#)]

3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

C. Preparación input.swn IV: entrada

4) Entrada

WIND: campo de viento constante (vel y dirección)

BOUND SHAPESPEC: define la forma del espectro en el contorno de la red computacional

BOUND SIDE: Datos de oleaje para definir el espectro

SIDE N: contorno (**N**orte, **S**ur, **E**ste u oeste (**W**))

CONSTANT: espectro constante en todo el contorno

PAR: parámetros del oleaje (Hs, Tp, Dir)

dd: exponente del espectro direccional $D(\theta) = \cos^{dd}(\theta - \theta_p)$

BOUNDnest1 NEST 'espec_n1.bnd': entrada para malla anidada (su malla computacional)

3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

C. Preparación input.swn V: procesos físicos

5) Procesos físicos

GEN1,2,3: generación en que funciona el modelo

AGROW: generación de oleaje por viento (Cavaleri y Malanotte, 1981)

TRIAD: activa interacción onda-onda (triadas)

QUAD: interacción entre quadruplets (onda-onda)

BREAKING: disipación por rotura inducida por fondo

WCAP: disipación por whitecapping (rotura a grandes profundidades)

SETUP: cálculo del setup inducido por el oleaje

DIFFRACTION: activa la difracción

NUMeric: aspectos numéricos (nº máx. de iteraciones)

Hay muchas más opciones que pueden consultarse en el manual

3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

C. Preparación input.swn VI: procesos físicos

6) Salida

NGRID: espectro para la malla anidada

 'nestgid': nombre del anidamiento

 xpn,ypn: origen de la malla anidada

 alpn: ángulo de la malla anidada

 xlenn,ylenn: longitud contornos

 mxn,myn: número de celdas

NESTOUT : nombre de anidamiento y de archivo con el espectro

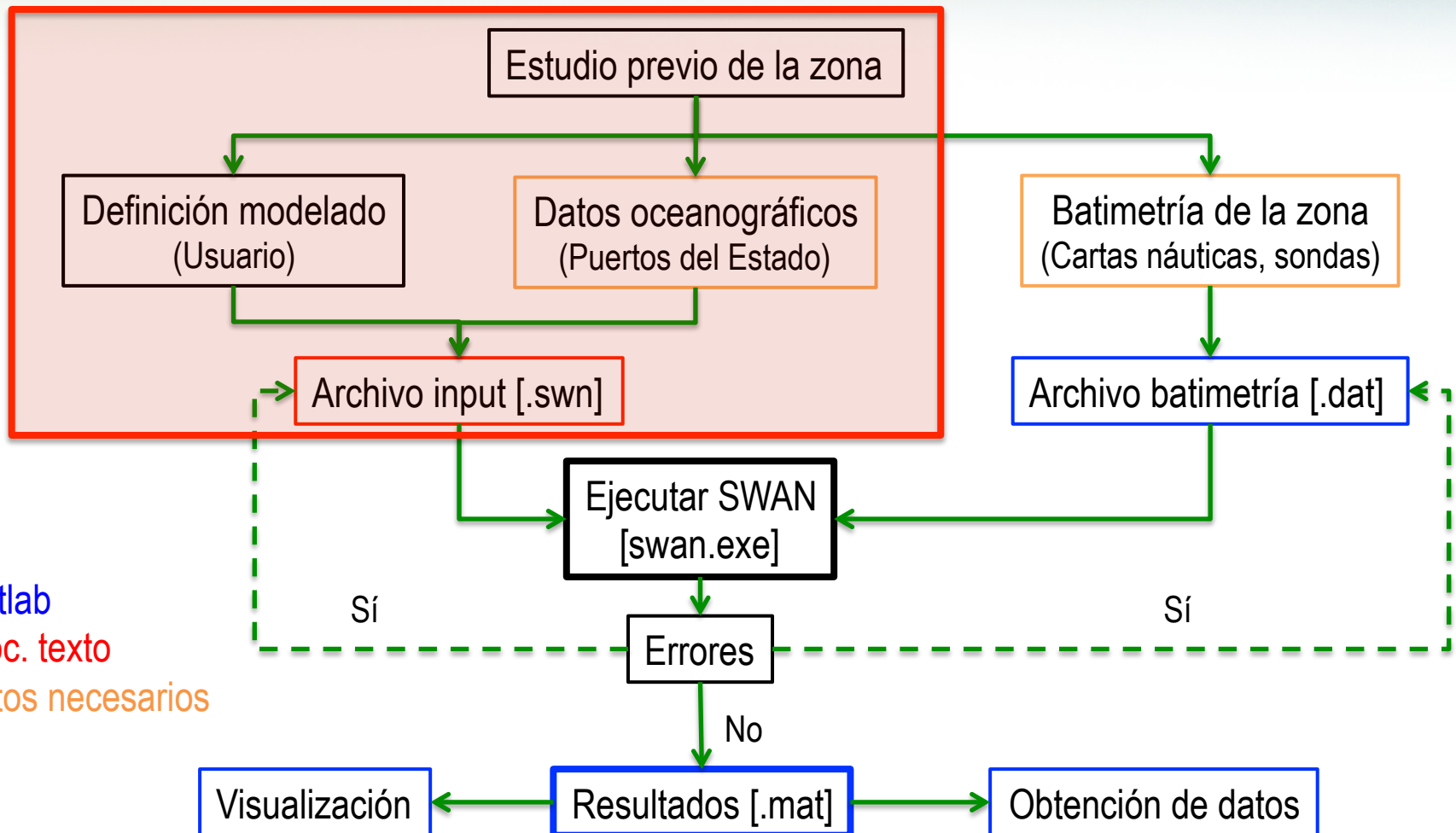
POINTS 'loc' FILE 'pc.dat': archivo con las coordenadas de los PC

TABLE 'loc' 'pcontrol.out' : archivo salida PC. Hay que definir las variables a calcular

BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'resultados.mat' : archivo de salida para los nodos de la malla. Hay que definir las variables a calcular (HSIG, XP, YP, etc.)

3. DEFINICIÓN DEL MODELADO

D. Resumen



4

Generación de batimetría



Dinámica Ambiental

UNIVERSIDAD DE GRANADA

4. GENERACIÓN DE LA BATIMETRÍA

Aspectos generales

- ✓ Para modelar correctamente los procesos de asomeramiento y refracción es muy importante representar correctamente la batimetría de la zona de estudio.
- ✓ Los datos de profundidad que suelen tenerse provienen de cartas náuticas o de levantamientos batimétricos con sondas montadas en distintos tipos de embarcaciones. Estos datos **NO** suelen estar uniformemente distribuidos.
- ✓ A SWAN hay que darle la información sobre la batimetría en un archivo [.dat] que tenga un número fijo de columnas y filas. Si la posición de los puntos en los que se le dan datos y los de la malla computacional (de cálculo) coinciden, se ahorra gran cantidad de esfuerzo computacional (el modelo no tendrá que interpolar en cada ejecución).
- ✓ Además hay modelo hay que darle los datos en un formato concreto en el que **los puntos bajo el agua tienen valores positivos** y los puntos de tierra tienen una profundidad de -99.

4. GENERACIÓN DE LA BATIMETRÍA

Archivo de datos de batimetría

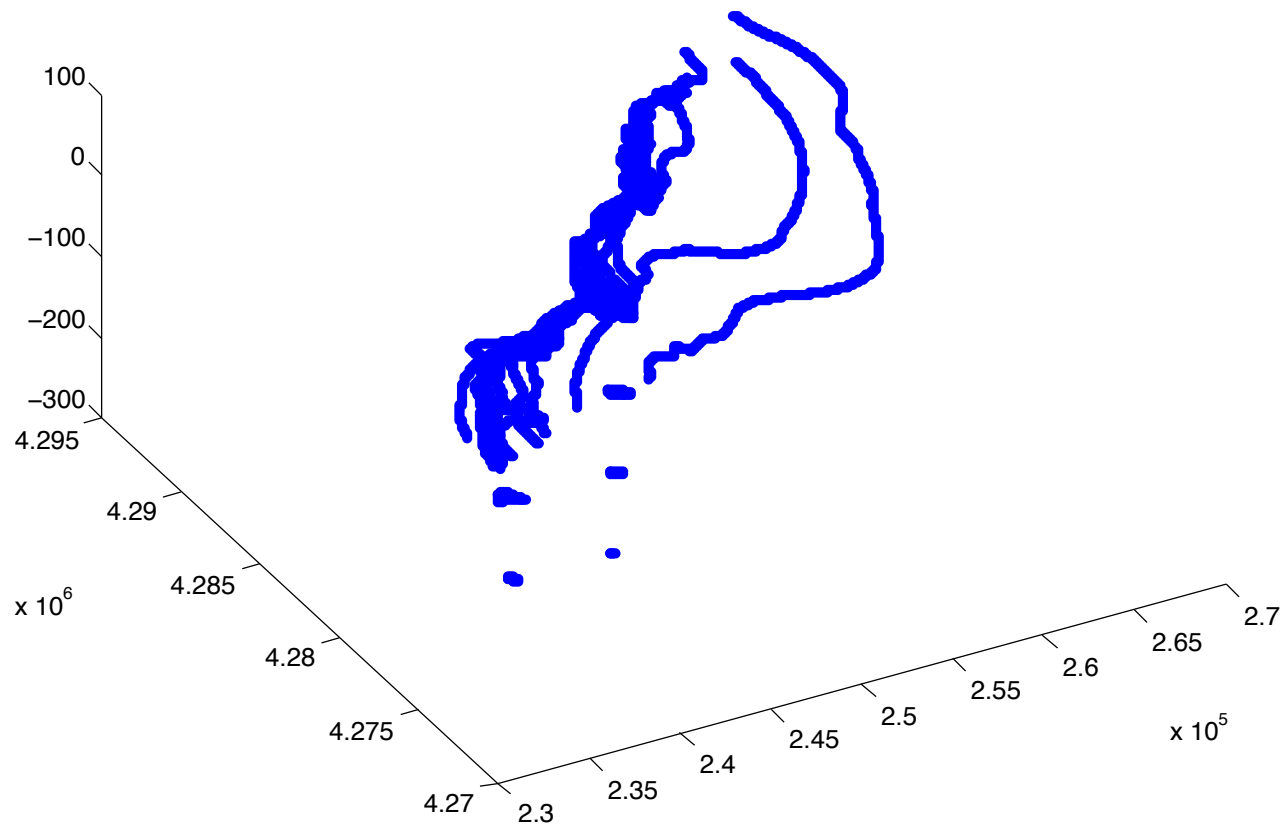
Los datos suelen estar en un archivo de texto [.xyz] con tres columnas que corresponden con la X, la Y y la Z de cada punto en el que hay información. Normalmente suelen usarse coordenadas UTM.

Las Z bajo el agua **tienen que ser positivas**. Para comprobar cómo son los datos pueden usarse las funciones `load` y `plot3` de Matlab:

```
datos=load('batimetría.xyz');  
X=datos(:,1);  
Y=datos(:,2);  
Z=datos(:,3);  
  
plot3(X,Y,Z, '.')
```

4. GENERACIÓN DE LA BATIMETRÍA

Archivo de datos de batimetría



4. GENERACIÓN DE LA BATIMETRÍA

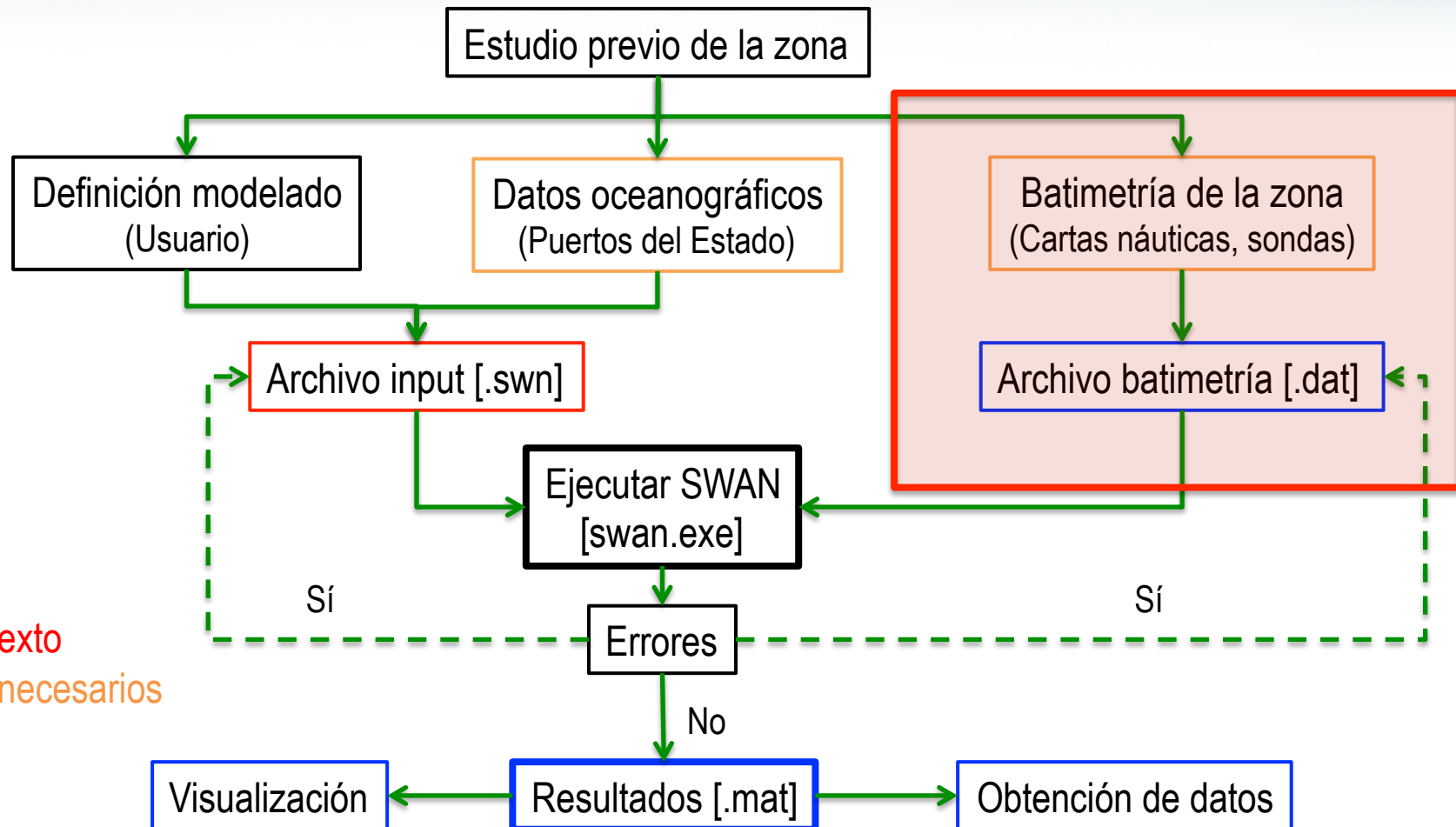
Generación de archivos

Para ahorrar esfuerzo computacional, se generarán archivos de batimetría en mallas iguales a las computacionales (datos de profundidad coinciden con nodos de cálculo). Para ellos se utilizará la función de Matlab **genera_batimetria.m**. A esta función hay que darle:

```
%% Datos a introducir por el usuario
% Nombre archivos
nombre_bat='carchuna.xyz';      %Nombre del archivo de datos de la batimetría
nombre_salida='coarse.dat';     %Nombre del archivo de salida que usará SWAN
% Datos eje X
x0=239150;                      %Origen del eje X
Lx=9400;                        %Longitud de la malla en la dirección X
dx=50;                          %Espaciamiento en dirección X
% Datos eje Y
y0=4274600;                    %Origen del eje Y
Ly=10650;                      %Longitud de la malla en la dirección Y
dy=50;                          %Espaciamiento en dirección Y
```

4. GENERACIÓN DE LA BATIMETRÍA

Resumen



Matlab
Proc. texto
Datos necesarios

5

Ejecución y errores



Dinámica Ambiental

UNIVERSIDAD DE GRANADA

5. EJECUCIÓN Y ERRORES

Archivos necesarios

Para la ejecución de una malla (la exterior) hacen falta los siguientes archivos:

- **input_coarse.swn**: información de las mallas y oleaje (generado por el usuario).
- **bat_coarse.dat**: datos de batimetría (creado con [genera_batimetria.m](#)).
- **pc.dat**: contiene las coordenadas de los puntos de control [OPCIONAL].
- **swaninit**: este archivo lo lee el ejecutable para saber qué .swn tiene que usar.
- **swan.exe**: es el ejecutable que inicia el cálculo del caso (versiones 32 y 64 bits).

Estos archivos deben estar en la misma carpeta. Para ejecutar la siguiente malla (si hay anidamiento) es necesario **incluir los correspondientes [.swn] y [.bat] y modificar el swaninit.**

Consejo: para cada caso (estado de mar) usar una carpeta distinta con todos los archivos de todas las mallas definidas (aunque se ocupe más espacio de disco duro es más difícil cometer errores).

5. EJECUCIÓN Y ERRORES

Archivos generados cuando no hay errores

Tras la ejecución de una malla **SIN** errores, se generan los siguientes archivos:

- **norm_end**: archivo de texto con un mensaje de que la ejecución ha sido correcta.
- **print.prt**: registro de la ejecución y datos sobre el tiempo consumido.
- **espec.bnd**: espectro de oleaje de salida que se utiliza como condición de contorno en la ejecución de la siguiente malla (si no hay más anidamientos no tiene por qué generarse).
- **resultados.mat**: archivo binario con los resultados de la ejecución. Contiene todas las variables que se hayan especificado en el input.swn. Este archivo se lee en Matlab.

5. EJECUCIÓN Y ERRORES

Archivos generados cuando hay errores y errores típicos

Tras la ejecución de una malla **CON** errores, se generan los siguientes archivos:

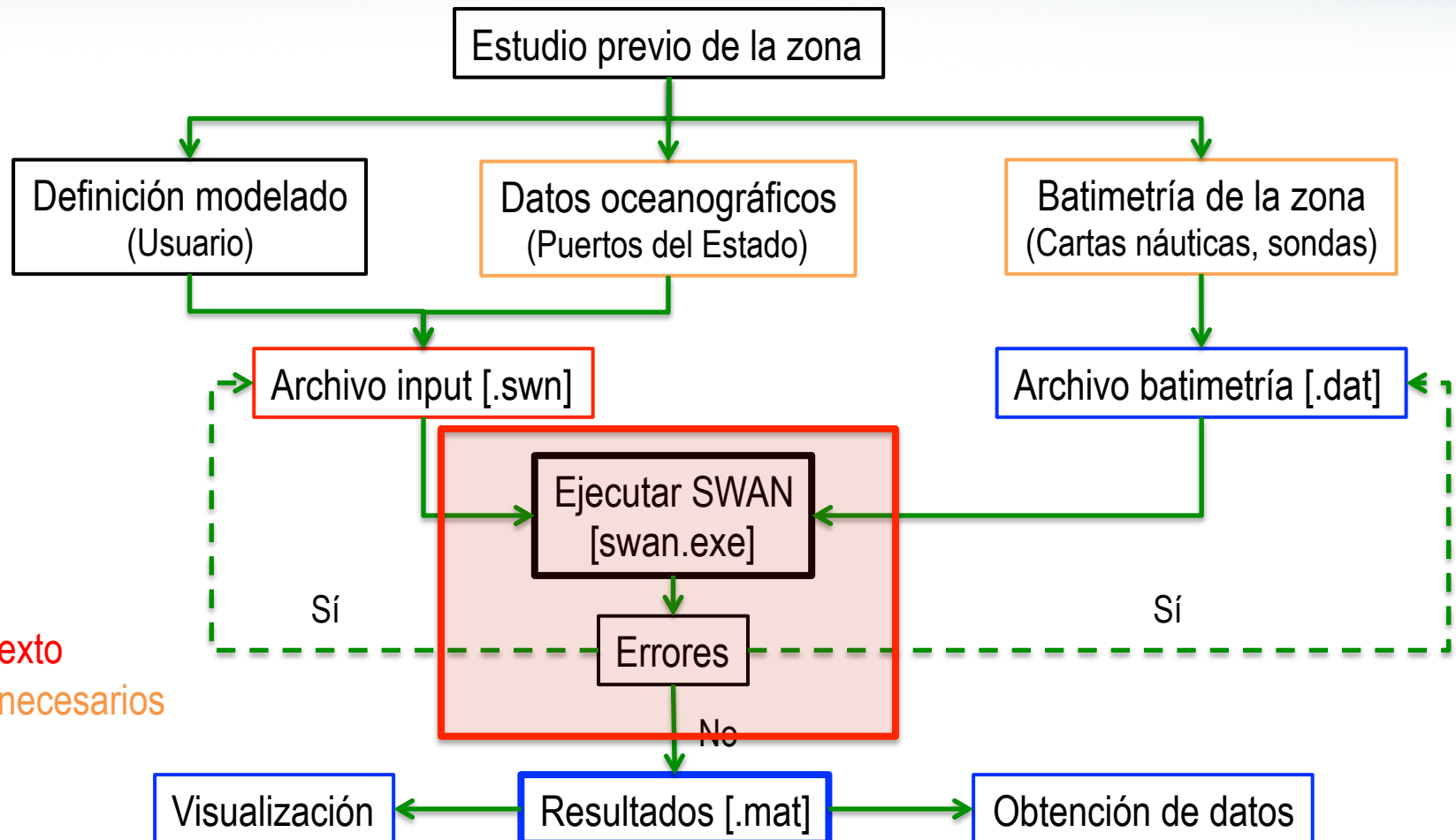
- **print.prt**: registro de la ejecución y datos sobre el tiempo consumido.
- **Errfile**: contiene un mensaje que ayuda a identificar el error (a veces no ayuda mucho).

Algunos errores que suelen ocurrir mucho:

- *Terminating error: File cannot be opened/does not exist.* Falta algún archivo.
- *Error: Unexpected end of file while reading.* El número de filas en INPGRID y el del archivo de batimetría no coinciden.
- *Terminating error: Allocation problem: array AC2 and return code is 179.* El número de celdas del caso es excesivo (normalmente $mxc, myx < 600$).

5. EJECUCIÓN Y ERRORES

Resumen



Matlab
Proc. texto
Datos necesarios

6

Visualización de resultados




Dinámica Ambiental

UNIVERSIDAD DE GRANADA

6. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

A) Visualización utilizando plotswan

La función `plotswan.m` permite la visualización de los resultados obtenidos en el archivo **resultados.mat**. Para ello hay que poner los archivos **plotswan.m** y **plotswan.fig** en la carpeta del path de Matlab y ejecutar el comando `plotswan` en el command window:



The screenshot shows the MATLAB GUI for the `plotswan` function. It is titled "plotswan" and contains the following sections:

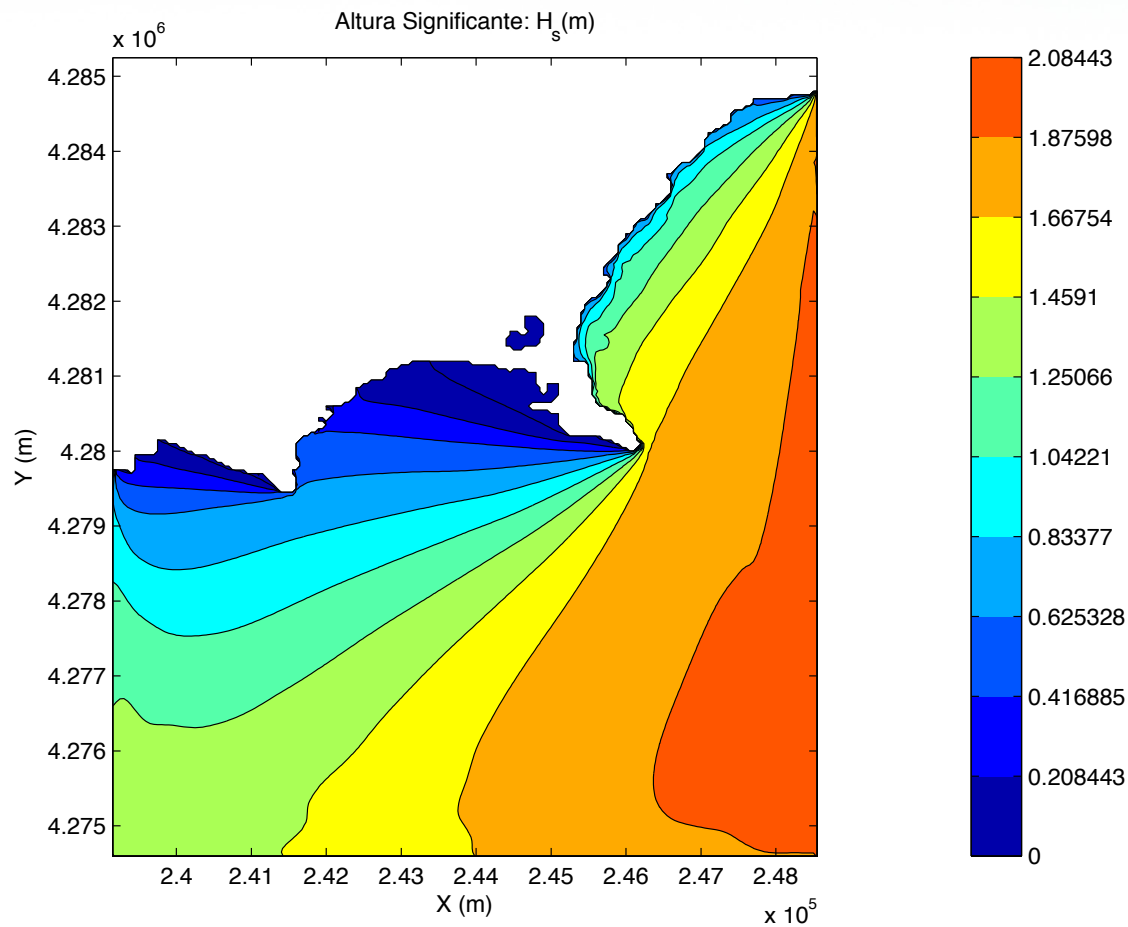
- Representación de datos:**
 - Directorios:** Includes "Entrada" and "Salida" fields, each with a file selection button and a text input field.
- Variables de salida:** A grid of checkboxes and input fields for selecting variables to plot:
 - Row 1: Hsig, Dir (value: 3), Tp, Wind (value: 3), Frcoef
 - Row 2: WLLev, Tm02, Qb, Depth, Vel (value: 3)
 - Row 3: Transp (value: 3), Force (value: 3), FSprd, DSpr, Urms
 - Row 4: WLen, Hs+Dir, Steepness, DISS
- Buttons:** "Plot" and "Cerrar" buttons are located at the bottom of the GUI.

Four callout boxes with green borders and lines pointing to specific GUI elements provide instructions:

- Top callout: "Seleccionar el archivo de resultados [.mat]" points to the "Entrada" field.
- Second callout: "Seleccionar el directorio donde se guardarán los .jpg" points to the "Salida" field.
- Third callout: "Seleccionar las variables a visualizar" points to the "Hsig" checkbox.
- Bottom callout: "Hacer click en Plot" points to the "Plot" button.

6. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

A) Visualización utilizando plotswan



6. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

B) Visualización con funciones de Matlab

Matlab posee gran cantidad de funciones personalizables para representar datos. Primero hay que cargar los datos:

```
load('resultado.mat');
```

Esto guardará en el workspace todas las variables que le hayamos indicado a SWAN (X_p , Y_p , H_{sig} , etc.). Ahora sólo hay que usar alguna de las funciones para visualizarlos. Ejemplos:

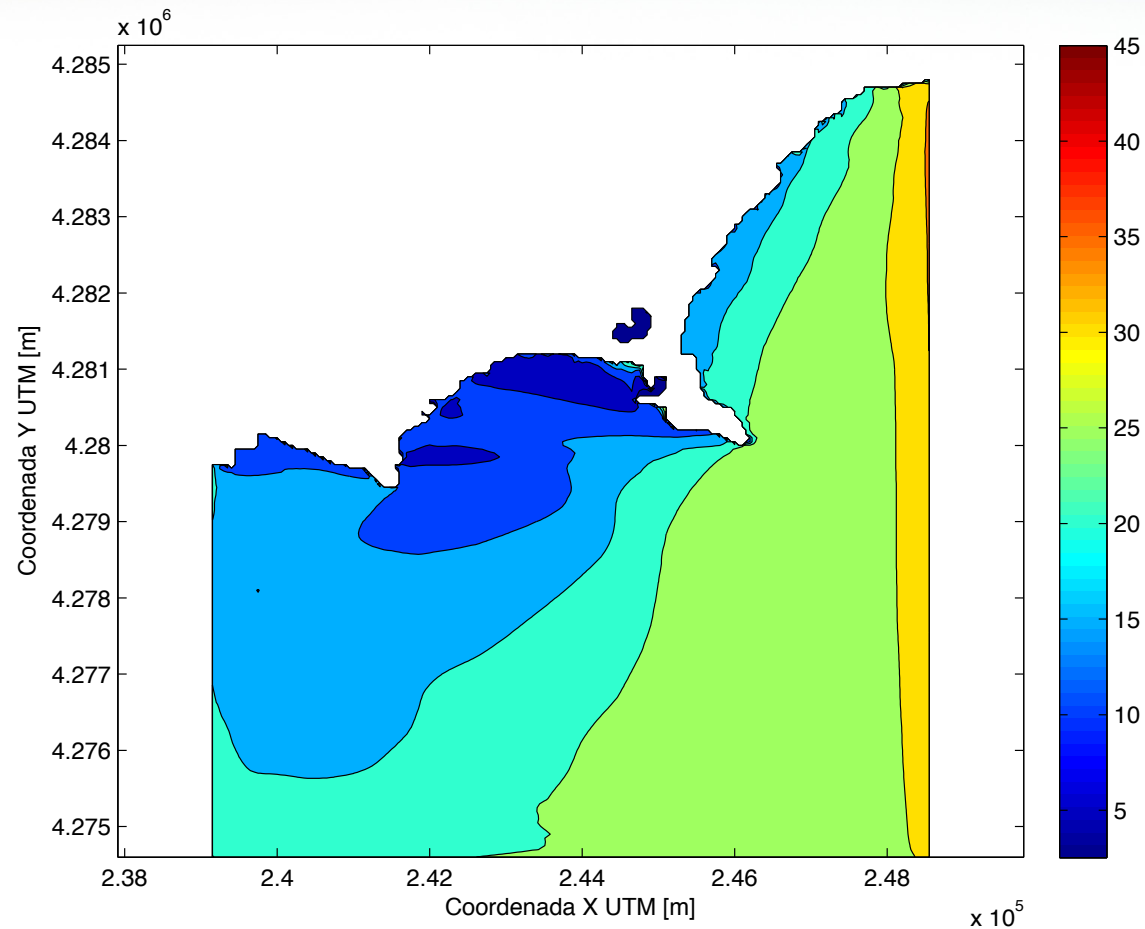
```
contour(Xp, Yp, Hsig);axis equal;color bar
```

```
contourf(Xp, Yp, Hsig);axis equal;color bar
```

```
surf(Xp, Yp, Hsig);axis equal;color bar
```

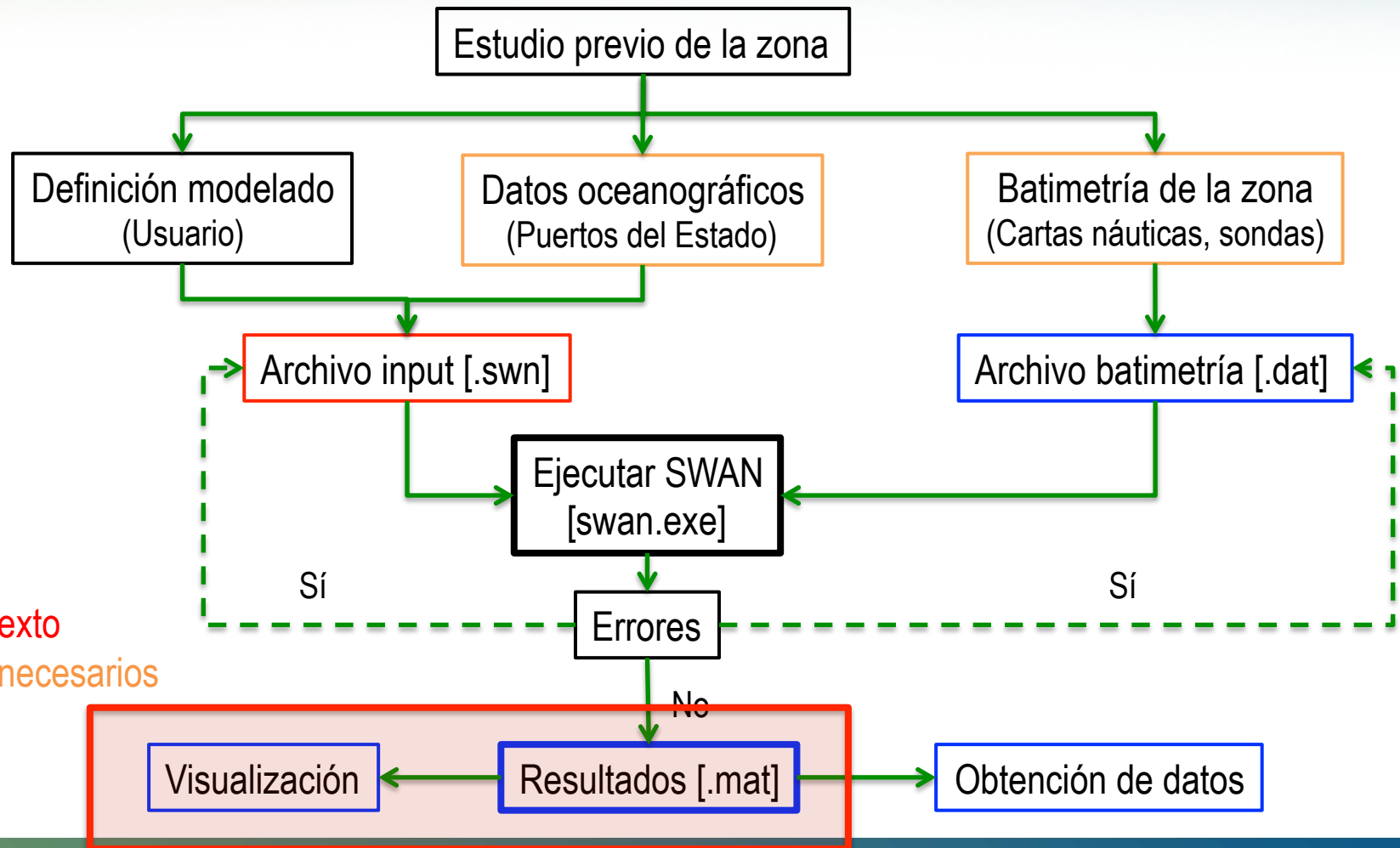
6. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

B) Visualización con funciones de Matlab

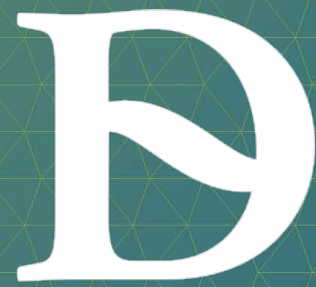


6. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Resumen



Matlab
Proc. texto
Datos necesarios

A large, white, stylized letter 'D' logo, centered on the page. The letter has a thick, rounded top and a curved bottom, with a white interior.

Dinámica Ambiental

UNIVERSIDAD DE GRANADA