



*Manual de utilización del
programa HEC-HMS*



Manual de utilización del programa HEC-HMS (v 3.3.0)

HEC-HMS está indicado para la modelación de los procesos hidrológicos más habituales que se dan en una cuenca. Este manual quiere ser una ayuda para los usuarios noveles. Dado que este programa es de distribución gratuita, surgen algunos problemas de utilización si no se conocen las pautas de trabajo a seguir. Además no es un programa pensado para trabajar en red, y esto hace que aparezcan más problemas si no se siguen los pasos expuestos en este manual. Gracias a la experiencia con los alumnos de la Escuela de Ing. de Caminos de Barcelona del curso 2003-2004 se han detectado la mayoría de errores de utilización y configuración del programa. Todos ellos se exponen detalladamente en este manual para que no supongan una pérdida de tiempo para los nuevos usuarios.

1. Configuración del equipo

Los ordenadores más recientes tienen como sistema operativo Windows XP o Vista. HEC-HMS se desarrolló para Windows 95 y 98. Por lo tanto, al instalar el programa en cualquier PC con una versión Windows superior a estos dos, se debe activar compatibilidad con Windows 95 ó 98. La mayoría de ordenadores ya están configurados así pero existen algunos que no, por lo que deberá verificarse antes de ejecutar el programa. Lo mejor es comprobarlo antes de empezar.

- En el icono de acceso directo del programa, hacer “click” con el botón derecho del ratón. Aparece un menú flotante, ir a “Propiedades” y hacer “click” (figura 1).
- Aparece un menú con varias pestañas. Hacer “click” en la que se titula “Compatibilidad”. La casilla “ Ejecutar este programa en el modo de compatibilidad para:” debe estar ACTIVADA. Y en el menú desplegable seleccionar “Windows 95” o “Windows 98/Me”. Al final, la pantalla debe quedar como la figura 2. Luego se pulsa “Aplicar” y “Aceptar”

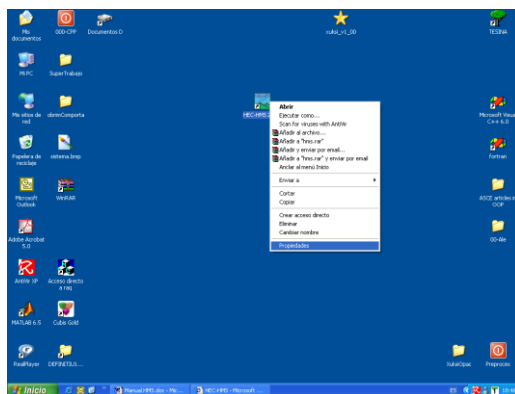


Figura 1

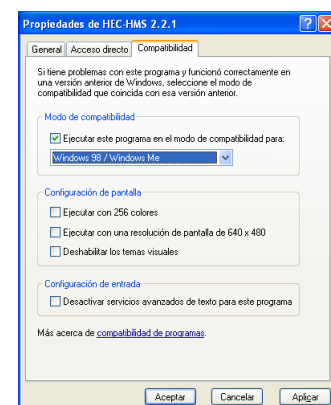
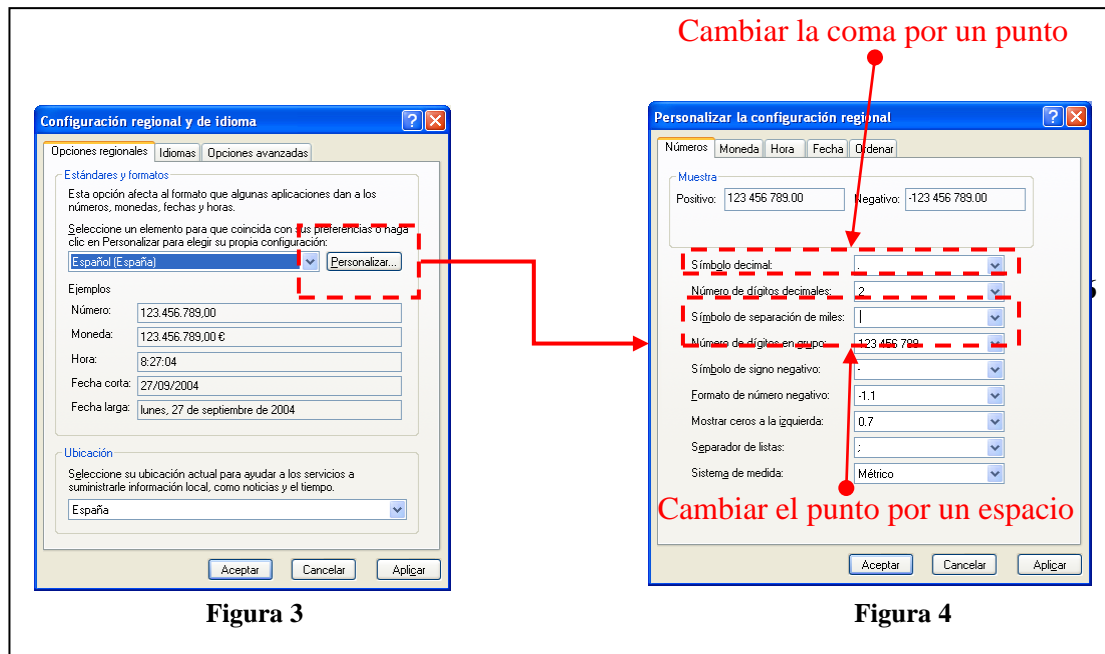


Figura 2

Una vez comprobada la compatibilidad del programa se debe cambiar la configuración regional del equipo. Este paso se debe realizar **SIEMPRE**.

- Menú Inicio > Panel de Control > Configuración Regional y de Idioma (aparece el formulario de la figura 3).
- Pestaña “Opciones Regionales”, hacer click en el botón “Personalizar” (aparece el formulario de la figura 4).
- En la pestaña “Números”: En “Símbolo decimal” cambiar la coma por un punto. En “Símbolo de separación de miles” cambiar el punto por un espacio en blanco.
- Repetir el paso b en la pestaña “Moneda”.
- “Aplicar” y “Aceptar”.

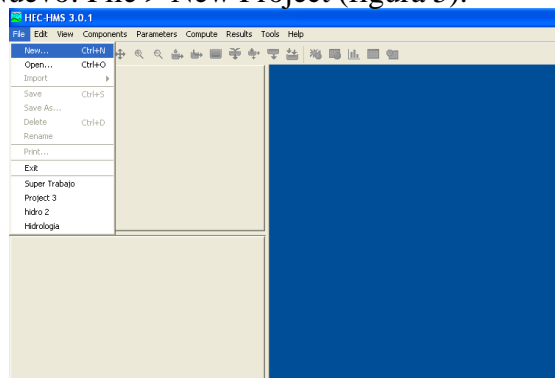


El equipo está ahora configurado para que HEC-HMS trabaje correctamente. Con estos dos simples pasos se ahorran la mayoría de problemas. Si no se realizan se da el error 1 del ANEJO de problemas de instalación.

2. Configuración del proyecto

HEC-HMS utiliza una estructura de trabajo que denomina proyecto (Project) a la agrupación de un modelo de cuenca, un modelo de lluvias (modelo meteorológico) y un modelo de Datos de control. Cuando se abre el programa se pueden realizar dos acciones indistintamente: la primera es crear un nuevo proyecto y la segunda es abrir un proyecto para continuar una sesión de trabajo anterior.

- 1) Crear un Proyecto Nuevo: File > New Project (figura 5).



- 2) Como resultado del paso 1 aparece el formulario de la figura 6. Es el paso clave a realizar si no se quiere tener el error 2 del anejo de Problemas con HMS.

Al dar un nombre al proyecto nuevo, se crea una carpeta con dicho nombre en donde se guardarán todos los datos referidos a ese proyecto (C:\hmsproj\[Nombre del nuevo proyecto])

IMPORTANTE:

Trabajad SIEMPRE en la unidad "C:\\" y NUNCA en disquete, o en memoria externa tipo pen drive, porque como el proyecto crece acabaréis sin memoria y tendréis que volver a empezar todo el trabajo de nuevo.

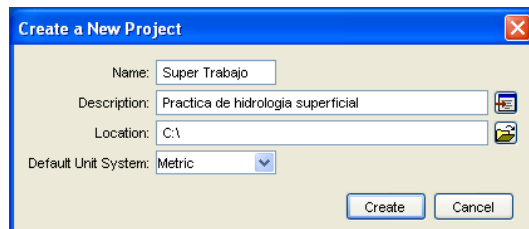


Figura 6

Para llevarse el trabajo a casa, copiad la carpeta que ha creado el programa con el nombre del proyecto en cualquier dispositivo de memoria externa. Al día siguiente volved a copiar la carpeta en la unidad C:\\ y abrid el proyecto desde HEC-HMS y NO desde la carpeta del proyecto.

- 3) Una vez creado, el proyecto se carga automáticamente para trabajar con él. En este momento se deben cambiar los atributos del proyecto para que el programa tenga las opciones con las que trabajamos habitualmente. Para ello: Tools > Project Options (aparece el formulario de la figura 7).

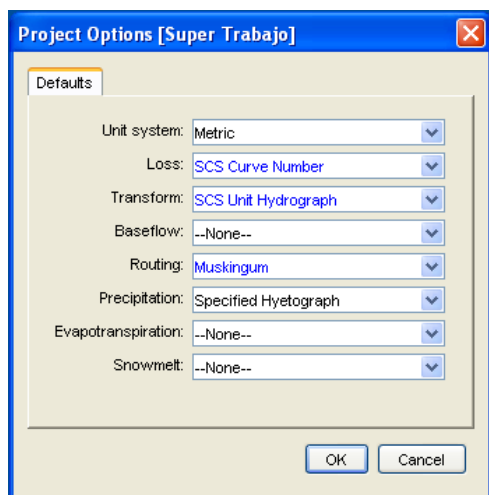


Figura 7

En el modelo hidrológico de Andorra, a partir de una IDF sintética y con la ayuda del método de los bloques alternados se obtiene la precipitación bruta de las cuencas a tratar. Para realizar el paso a precipitación neta se deberá aplicar alguno de los métodos que evalúe las pérdidas por infiltración, evapotranspiración, retención en depresiones o interceptación. En el caso del estudio realizado se ha aplicado el método de pérdidas del SCS sin evapotranspiración.

Una vez obtenida la lluvia neta, se debe realizar una transformación lluvia-escorrentía mediante un hidrograma unitario. A falta de tener como dato el hidrograma unitario real de la cuenca se debe escoger uno sintético. Por sencillez de definición y a falta de más datos, se ha utilizado el hidrograma unitario sintético propuesto por el SCS.

Los hidrogramas obtenidos a la salida de las cuencas circulan a través de cauces. Por lo tanto, se debe aplicar un método que evalúe la propagación y laminación de dichos hidrogramas. El método utilizado en el estudio es el de Muskingum.

Por tanto como se enseña en la figura 7 se marcan en el menú tools>project options las opciones:

Pestaña “*Defaults*”: Aquí se deciden los métodos a utilizar para realizar la modelización del proceso Lluvia-Escorrentía.

- i. Todo en sistema métrico internacional
- ii. “Loss”: SCS curve No.
- iii. “Transform”: SCS Unit Hydrograph
- iv. “BaseFlow”: None
- v. “Routing”: Muskingum
- vi. “Precipitation”: Specified Hyetograph
- vii. “Evapotranspiration”: No Evapotranspiration

Al crear un nuevo proyecto surge la necesidad de crear un Basin Model, un Meteorologic Model y un Control Specifications como se especifica en los apartados 3, 4 y 5 que siguen.

3. Basin Model

Para crear un nuevo Basin Model: (figura 8) pulsar Components > Basin Model >New (figura 8). Aparecerá entonces el formulario de la figura 9 donde se dará un nombre al modelo de cuencas y su descripción. Al apretar “OK” se visualiza la pantalla de la figura 10 con la que de manera gráfica se definirán los parámetros necesarios para la modelización de las cuencas.

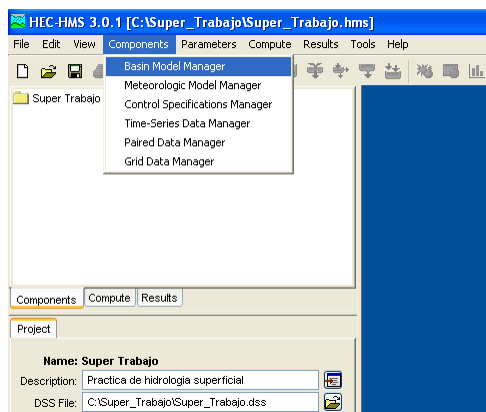


Figura 8

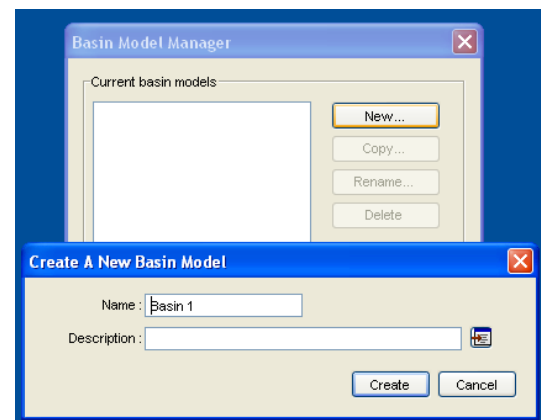


Figura 9

En la barra de “Elements” de la figura 10 se observan siete elementos que permiten la representación esquemática de una cuenca para su modelización. Para poner cualquiera de estos elementos en el tablero de dibujo se debe seleccionar el icono y clicar en el punto donde se quiere colocar el elemento que aparece hasta el tablero de dibujo. Para que aparezcan los formularios que permiten rellenar los datos de cada elemento basta con hacer dobleclick encima de ellos.

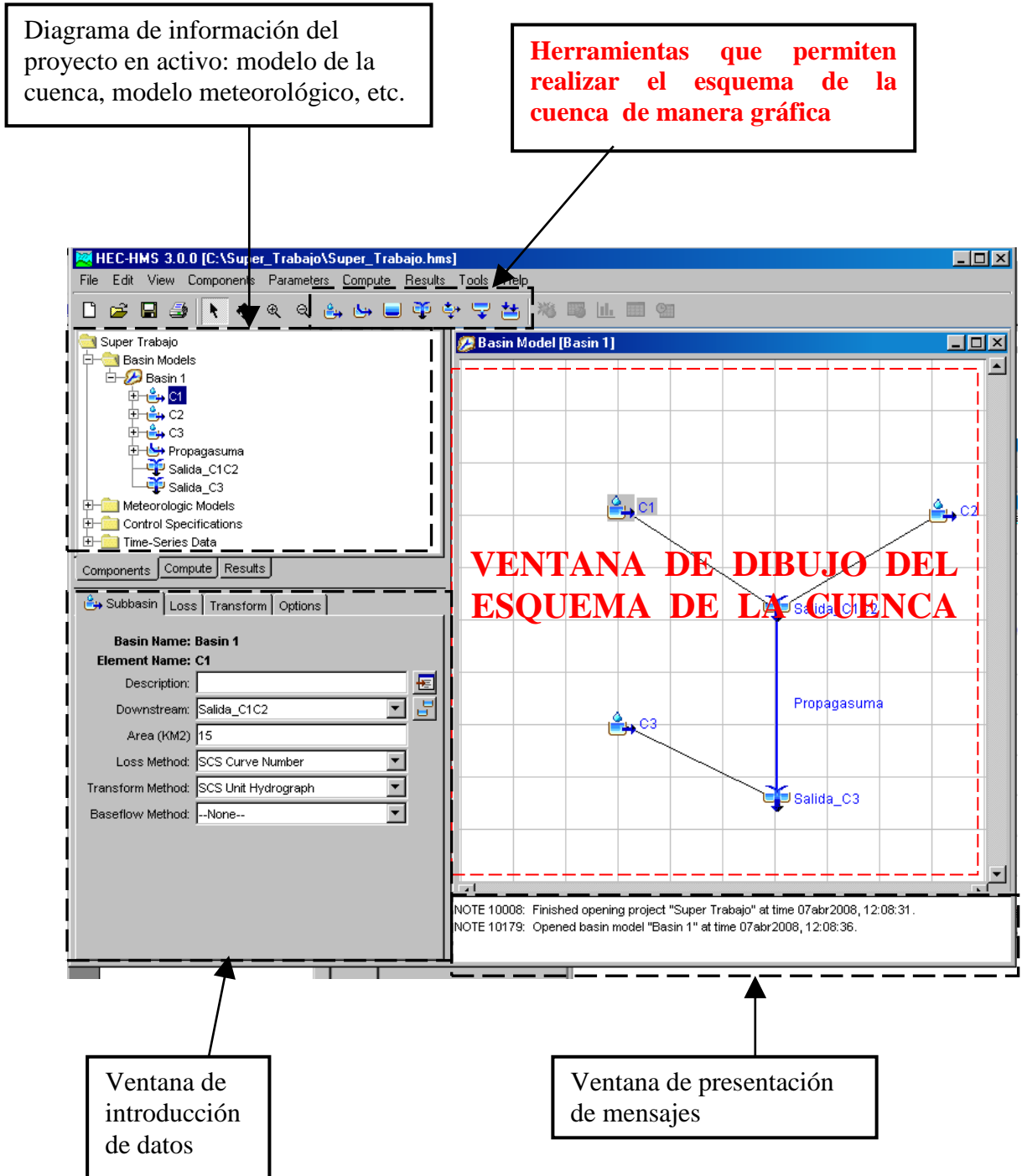


Figura 10

Iconos de la Barra “Elements” Creation Tools

1. Subbasin Creation Tool



La cuenca a modelar se divide en diferentes subcuencas. Para realizar la representación en el modelo de ellas se hace uso de los elementos “Subbasin”. Al hacer dobleclick encima de un elemento subbasin aparece un formulario donde se pueden definir los parámetros que caracterizan a éste, como por ejemplo el área.

2. Reach Creation Tool



Los hidrogramas resultantes a la salida de las subcuencas se propagan a través de cauces. El hecho que un hidrograma viaje por un cauce provoca cambios en el hidrograma. Para tener en cuenta este efecto se deben utilizar los elementos “Reach”. Al hacer dobleclick encima de ellos se puede escoger el método de propagación y rellenar los parámetros necesarios para su definición. Para el caso del trabajo, se debe escoger el método de propagación de Muskingum y proporcionar los parámetros K y X que definen el cauce.

3. Reservoir Creation Tool



Para prevenir crecidas importantes en ciertos puntos de interés se deberán ubicar embalses de laminación que se modelarán mediante los elementos “Reservoir”.

4. Junction Creation Tool



Para representar la operación de suma de hidrogramas en un punto, HMS dispone del icono “Junction”.

5. Diversion Creation Tool



Existen puntos de la red donde pueden existir estructuras hidráulicas como vertederos o azudes de derivación que extraen cierta cantidad de caudal y la derivan a otros puntos. Para poder representar estas extracciones se hace uso de la herramienta “Diversion”.

6. Source Creation Tool



Si existe un aporte de caudal extra conocido se puede modelar mediante el elemento “Source”. Este elemento permite modelar aporte de caudal constante en el tiempo o bien en forma de hidrograma.

7. Sink Creation Tool



Si existen pérdidas en puntos de la red se pueden modelar haciendo uso de la herramienta “Sink”.

Para poder simular un caso real donde existan un mínimo de dos de estos elementos se deben conectar cada uno de estos elementos. Para ello se hace uso de la herramienta “Connect Downstream” que aparece en un menú flotante al hacer click con el botón derecho del ratón sobre cualquier de estos elementos. En el caso de tener un elemento “Diversion” se deben realizar dos operaciones, “Connect Downstream” y “Connect Diversion”.

Ejemplo de aplicación para crear un Basin Model

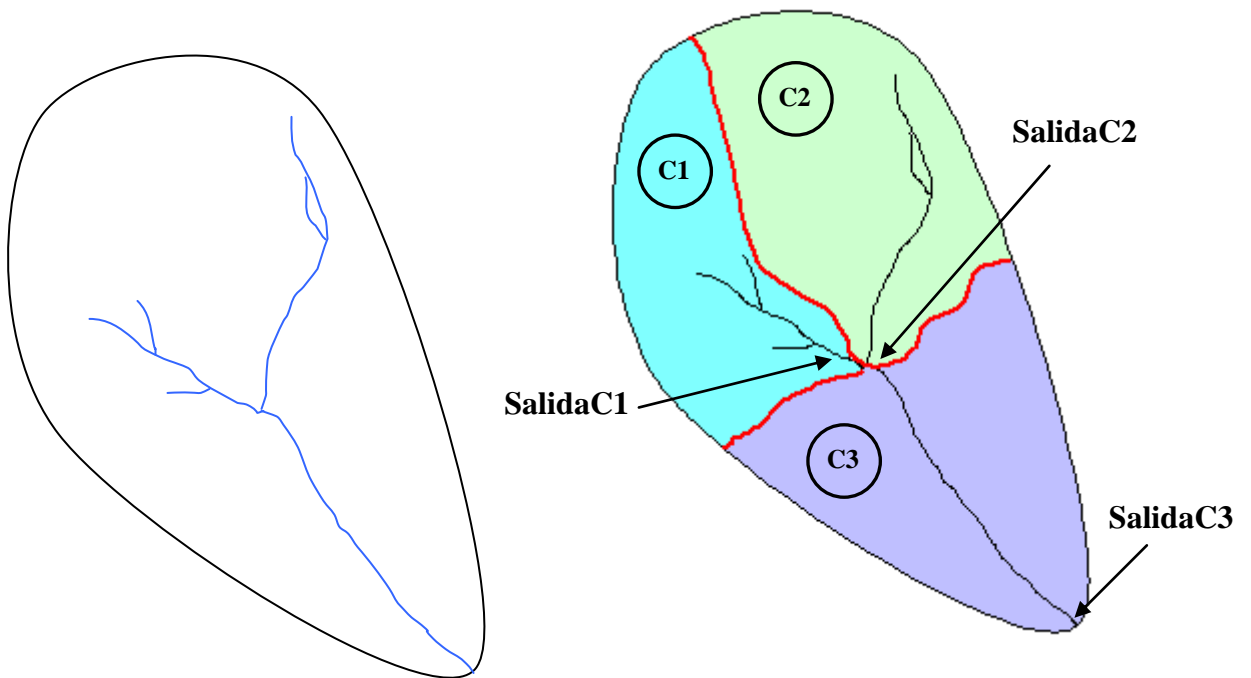


Figura 11.a) Cuenca a modelar. Los cauces están representados en azul.

Figura 11.b) División de la cuenca en 3 subcuencas (C1, C2 y C3). Las divisorias están representadas en rojo .

En la figura 11.a se muestra una cuenca real que debe ser modelada con el programa HEC-HMS. Dada la configuración topográfica de la cuenca mostrada en la figura 11.a se ha determinado que se puede dividir en tres subcuencas C1, C2 y C3. En cada una de estas subcuencas se supone que existe un único punto de salida del agua que llamaremos SalidaC1, SalidaC2 y SalidaC3.

En los puntos de salida de cada cuenca se generarán los correspondientes hidrogramas de caudal. Para la correcta modelación de la cuenca entera se deben realizar operaciones a estos hidrogramas para simular la situación real. Para cada caso

real a modelar existirá una disposición espacial de las cuencas y de ella dependerán las operaciones a realizar.

En el ejemplo de la figura 11 se nota como los puntos SalidaC1 y SalidaC2 son equivalentes, por lo tanto, en este punto se deberá realizar una suma de hidrogramas. Para ello, se dispone de la herramienta “Junction”.

A partir de este punto, el hidrograma suma viaja por el cauce de la cuenca C3 hasta llegar a la salida de la cuenca entera (punto SalidaC3). El hecho que un hidrograma viaje por un cauce provoca un cambio de éste (por ej. una disminución del caudal de pico) y como consecuencia, se debe incluir este efecto en la simulación. Para ello, se hace uso de la herramienta “Reach”.

El hidrograma propagado por el cauce se encontrará en el punto SalidaC3 con la escorrentía generada por la cuenca C3. Por lo tanto, ambas aportaciones se deberán sumar en el punto SalidaC3.

Para simular todo el proceso anteriormente descrito mediante HEC-HMS se debe realizar un modelo Basin como el de la figura 12.

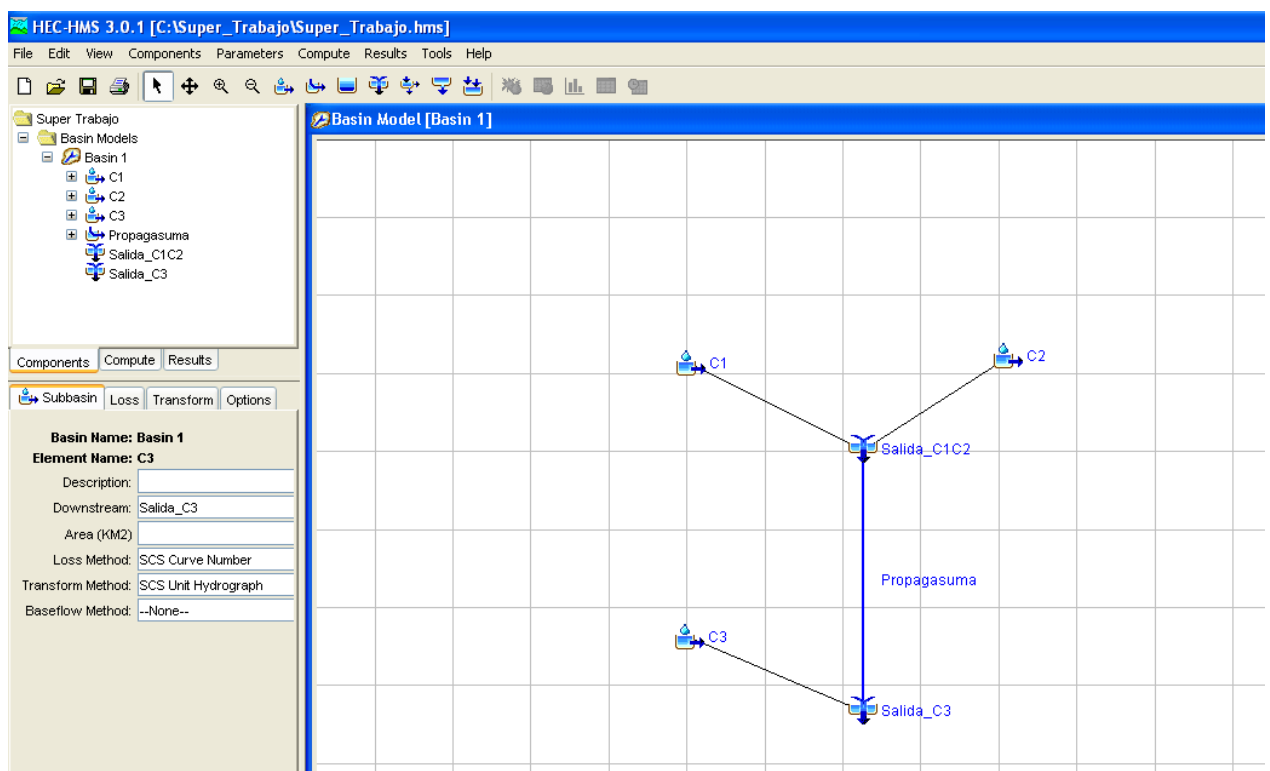


Figura 12. Modelación del ejemplo de la figura 11 con HEC-HMS.

Pasos a seguir para crear el esquema hidrológico de la figura 12:

- Seleccionar un elemento Subbasin, colocar en el tablero y llamarlo C1.
- Seleccionar un elemento Subbasin colocar en el tablero y llamarlo C2.
- Seleccionar un elemento Junction, colocar en el tablero y llamarlo SalidaC1C2.
- Sobre C1, botón derecho del ratón y en el menú flotante que aparece seleccionar “Connect Downstream”. El icono del ratón cambia de una flecha a una cruz. Con la cruz hacer “click” en la SalidaC1C2. Así quedan conectados C1 y SalidaC1C2.
- Sobre C2, botón derecho del ratón y en el menú flotante que aparece seleccionar “Connect Downstream”. El icono del ratón cambia de una flecha a una cruz. Con la cruz hacer “click” en la SalidaC1C2. Quedan conectados, entonces, los elementos C1, C2 y SalidaC1C2.
- Seleccionar un elemento Reach, colocar en el tablero y llamarlo PropagaSuma.
- Sobre SalidaC1C2, botón derecho del ratón y en el menú flotante que aparece seleccionar “Connect Downstream”. El icono del ratón cambia de una flecha a una cruz. Con la cruz hacer “click” en el elemento PropagaSuma. Quedan conectados los elementos SalidaC1C2 y PropagaSuma.
- Seleccionar un elemento Junction, colocar en el tablero y llamarlo SalidaC3.
- Sobre PropagaSuma, botón derecho del ratón y en el menú flotante que aparece seleccionar “Connect Downstream”. El icono del ratón cambia de una flecha a una cruz. Con la cruz hacer “click” en el elemento SalidaC3. Quedan conectados los elementos PropagaSuma y SalidaC3.
- Seleccionar un elemento Subbasin, arrastrar al tablero y llamarlo C3.
- Sobre C3, botón derecho del ratón y en el menú flotante que aparece seleccionar “Connect Downstream”. El icono del ratón cambia de una flecha a una cruz. Con la cruz hacer “click” en el elemento SalidaC3. Así quedan conectados C3, PropagaSuma y SalidaC3.

4. Meteorologic Model

Una vez realizado el modelo de cuencas (“Basin Model”) se debe dotar al programa de un modelo meteorológico que debe incluir como mínimo una lluvia. Esta lluvia será la precipitación bruta del modelo que se puede obtener con datos reales de precipitación, o bien, estimándola a partir de algún método de los disponibles tal y como el de los Bloques Alternados. Se trata de la lluvia que va a generar el hidrograma de caudal que estamos buscando.

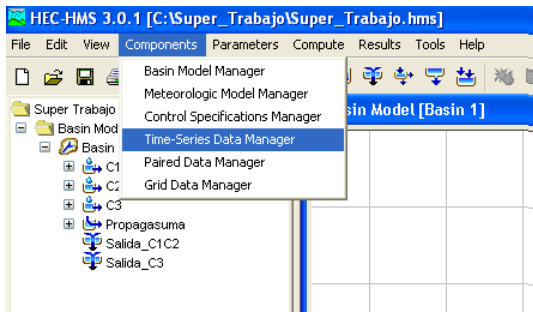


Figura 13

La introducción de lluvias en HMS se realiza a partir de unos hipotéticos registros pluviométricos (“Gages”) que contendrán cada una de las lluvias. Para introducir un “Gage” se debe ir a “Components” > “Times series data manager” y “New” tal y como muestra la figura 13. Aparecerán, entonces, unos formularios para rellenar datos de lluvia hasta definir la lluvia de proyecto. Normalmente trabajaremos con un hietograma incremental, e introduciremos los datos en milímetros de lluvia.

Por defecto el modelo está preparado para recibir datos de lluvia en mm. No hace falta definir las coordenadas geográficas del gage, y tan solo hay que indicar la fecha y hora de inicio de la lluvia. Si trabajamos con lluvias sintéticas (no reales) de proyecto, elegiremos un inicio de tiempo cualquiera (habitualmente el 1 de enero a las 00:00 horas, por ejemplo)

Para modificar los datos de un “Gage” se debe seleccionar (figura 14.a) y si queremos modificar la fecha o la hora de la lluvia seleccionamos la pestaña de Time window. Si queremos exportar de un excel los datos de la lluvia seleccionamos la pestaña Table como en la figura 14.b

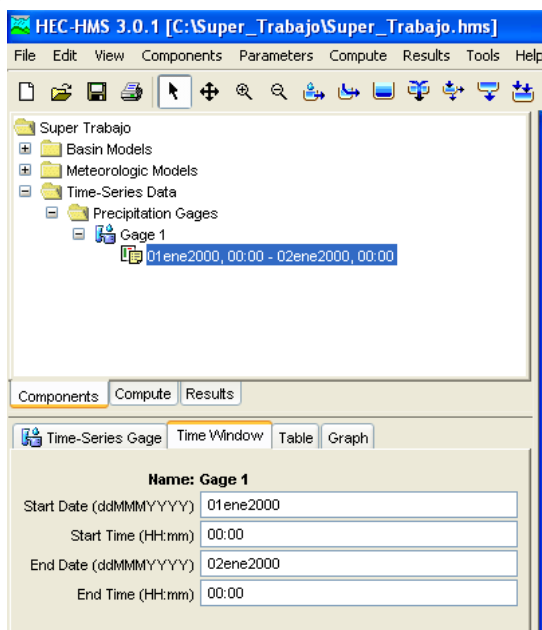


Figura 14.a

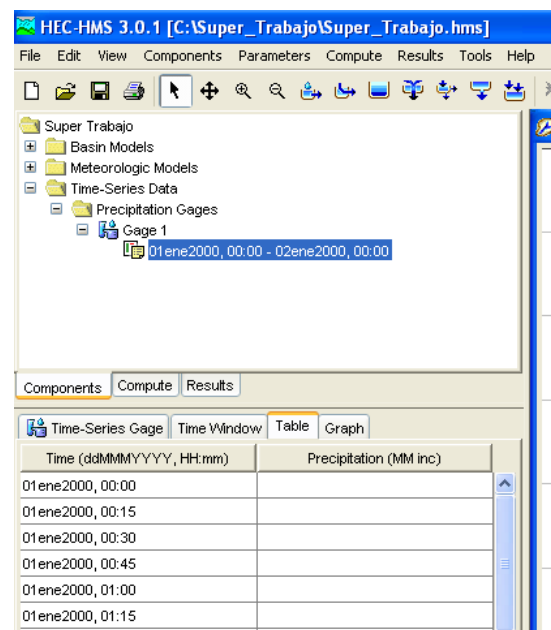


Figura 14.b

Una vez introducidos todos los “Gage”, se debe designar para cada cuenca la lluvia correspondiente. Para ello creamos un nuevo Meteorologic Model: Component>Meteorologic Model>New). Una vez creado Met1 seleccionamos la pestaña “basins” y escogemos la opción “include subbasins”(figura 15.a).

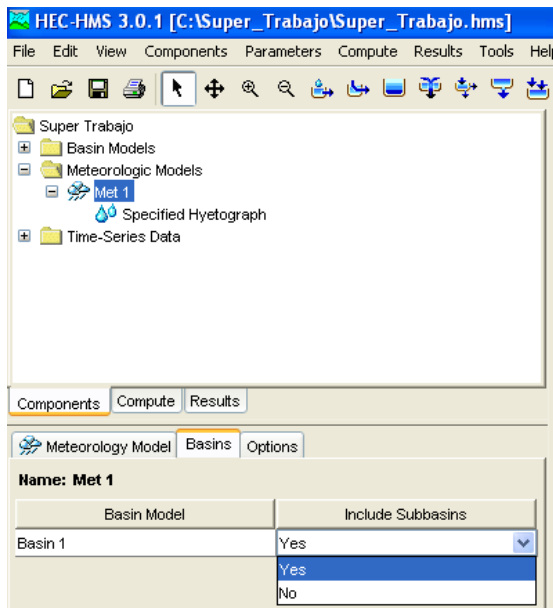


Figura 15.a

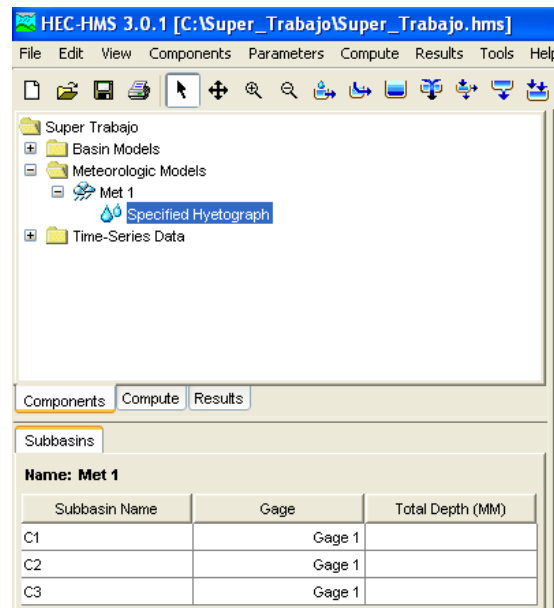


Figura 15.b

Después seleccionamos el icono “specified hyetograph” para asignar un gage para cada subcuenca como se muestra en la figura 15.b. En nuestro ejemplo solo tenemos un gage, pero podríamos seleccionar un gage diferente para cada subcuenca.

NOTA: Suele ocurrir que después de crear el “Basin Model” se vaya directamente al “Meteorologic Model”. Sobretudo acordarse primero de definir la lluvia con el “Gage”, o aparecen problemas.

5. Control Specifications

Por último, se deben definir unas especificaciones de cálculo para así determinar la cantidad de puntos en que se discretizan los hidrogramas. Obtenemos los hidrogramas no en forma continua, sino discreta, con datos cada un cierto intervalo de tiempo, que debemos definir (time interval). HEC-HMS da la opción al usuario de definir estas especificaciones (formulario de la figura 16). Para acceder a estas opciones vamos a Component>Control Specifications manager> New. Una vez tenemos abierto el control 1 podemos determinar la fecha de inicio/final de lluvia y la hora de inicio/final de lluvia.

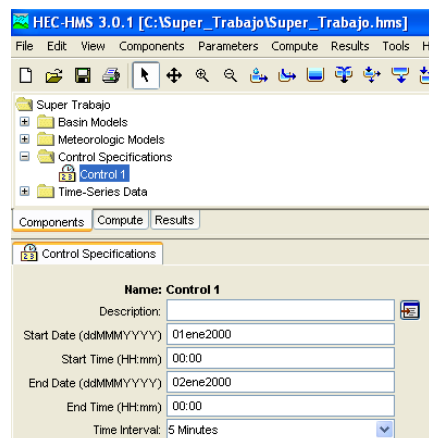


Figura 16

Nota: Cuando se definen estas especificaciones se debe tener en cuenta que por ejemplo el “ending date” exceda del tiempo base de los hidrogramas. Lo correcto es que los hidrogramas se muestren como en la figura 17b, es decir que el hidrograma acabe completamente su representación. Para ello tenemos que seleccionar la cantidad de horas necesarias, en este caso como mínimo 15 horas.

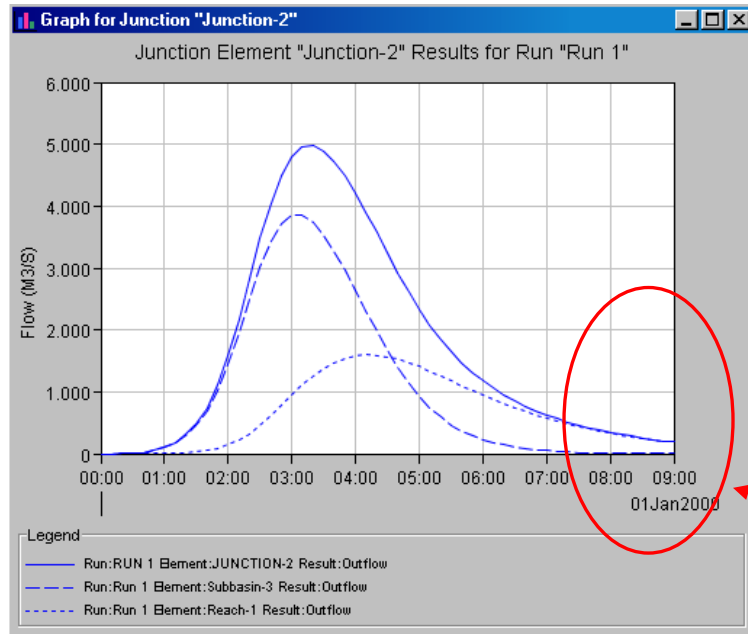


Figura 17a

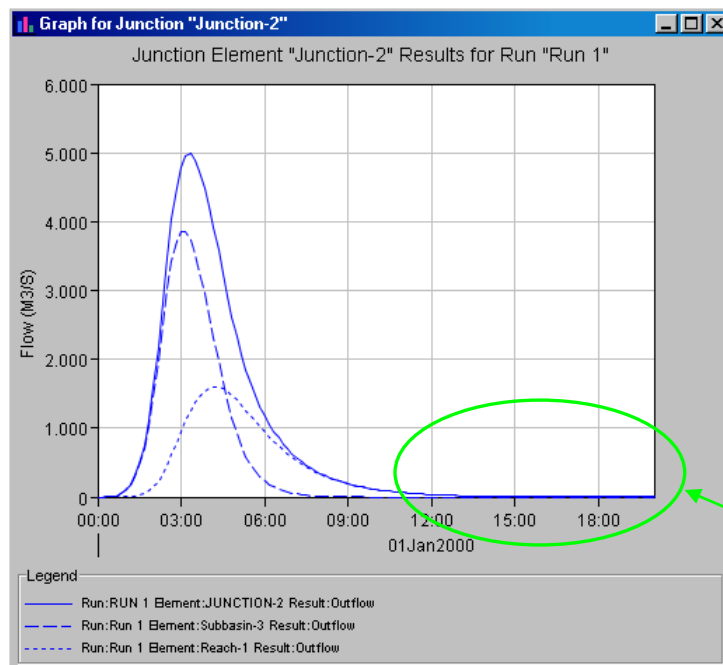


Figura 17b

6. Cálculos y Resultados

Se pueden definir tantos Basin Model, Meteorological Model y Control Specifications como sea necesario, pero sólo se pueden realizar cálculos escogiendo uno de cada. La metodología de trabajo más cómoda para realizar los cálculos es desde el Basin Model. En la barra de opciones entramos en Compute > Create Run simulation(figura 18) y se define el Run en cuatro pasos : 1º el nombre del calculo (Ej: run1) , 2º la cuenca, 3º el modelo meteorológico y 4º control como se muestra en la figura 19.

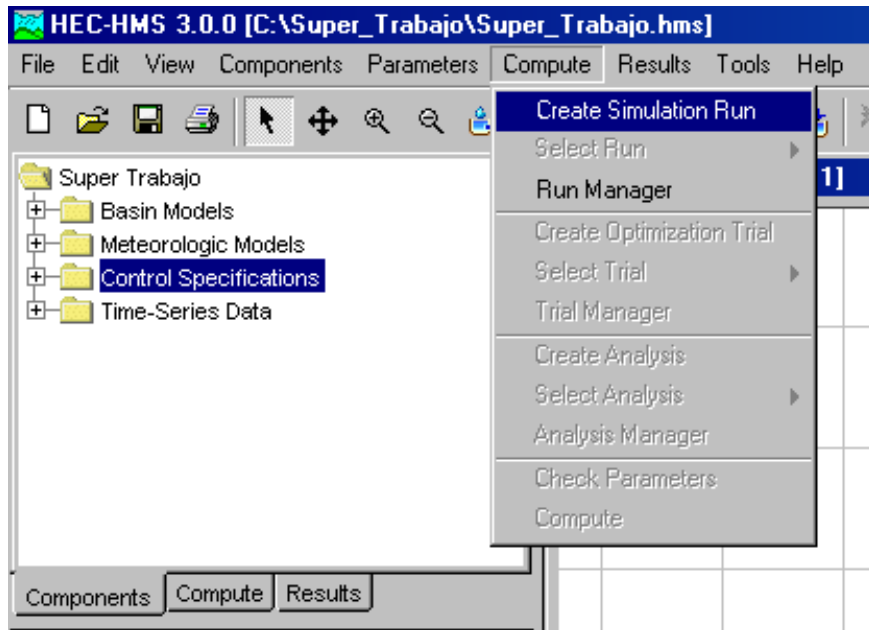
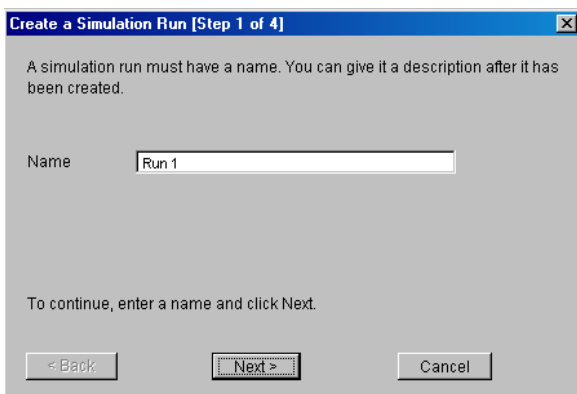
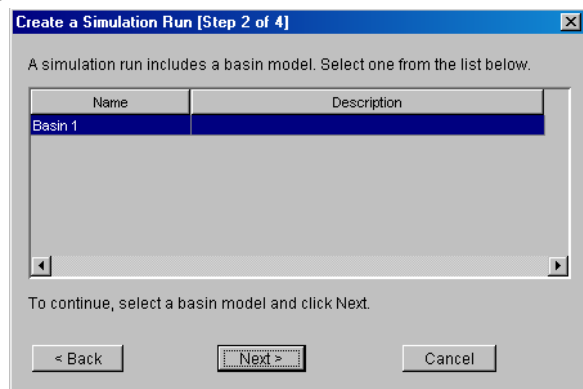


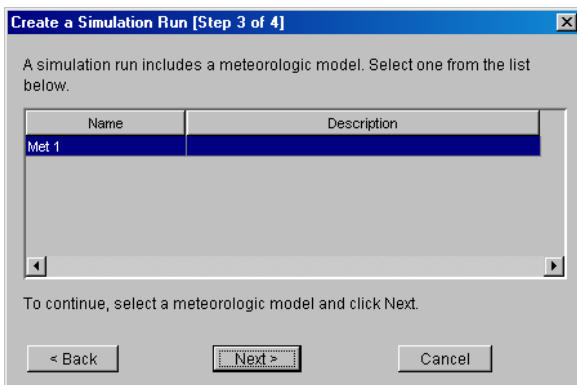
Figura 18



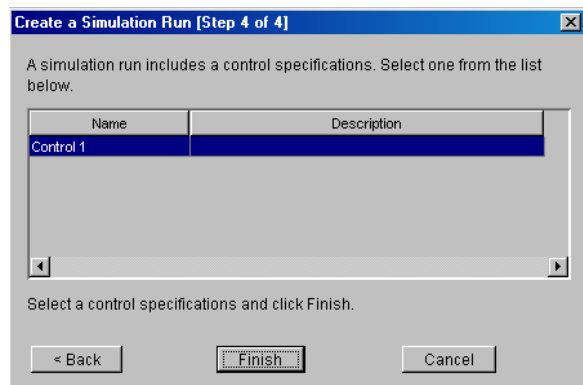
paso 1



paso 2



paso 3



paso 4

Figura 19

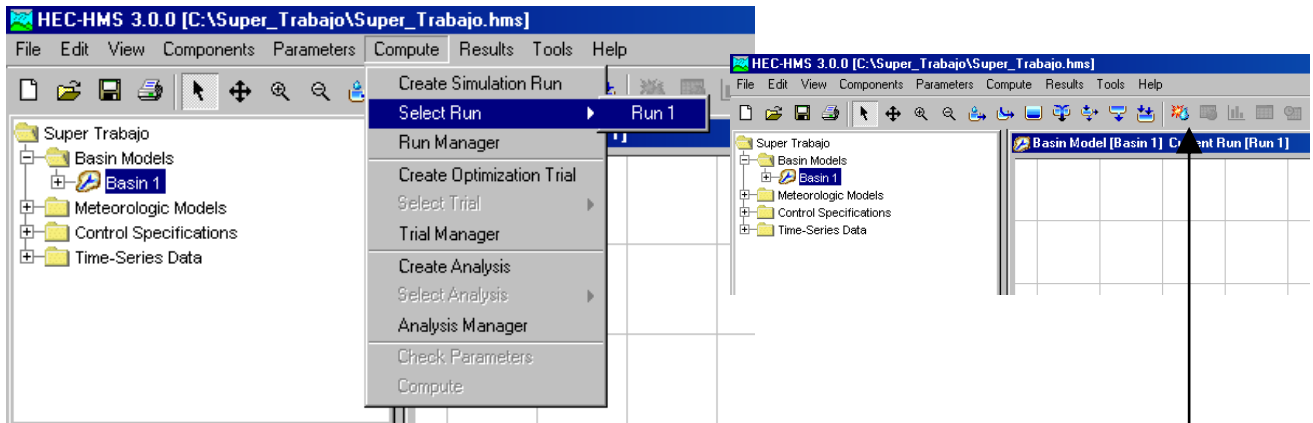


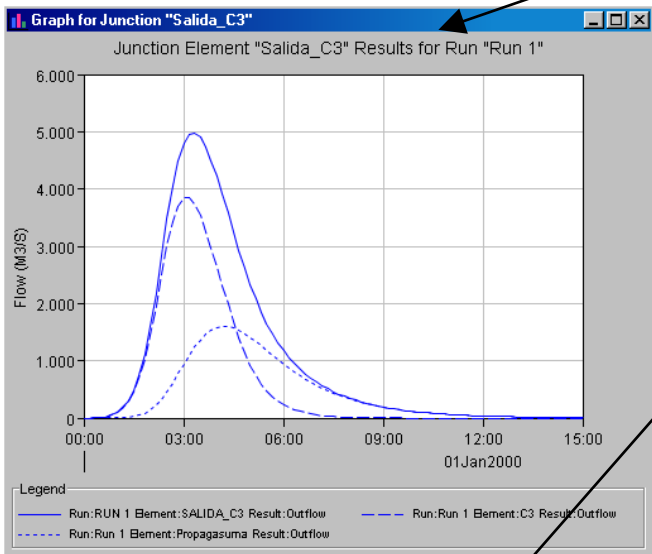
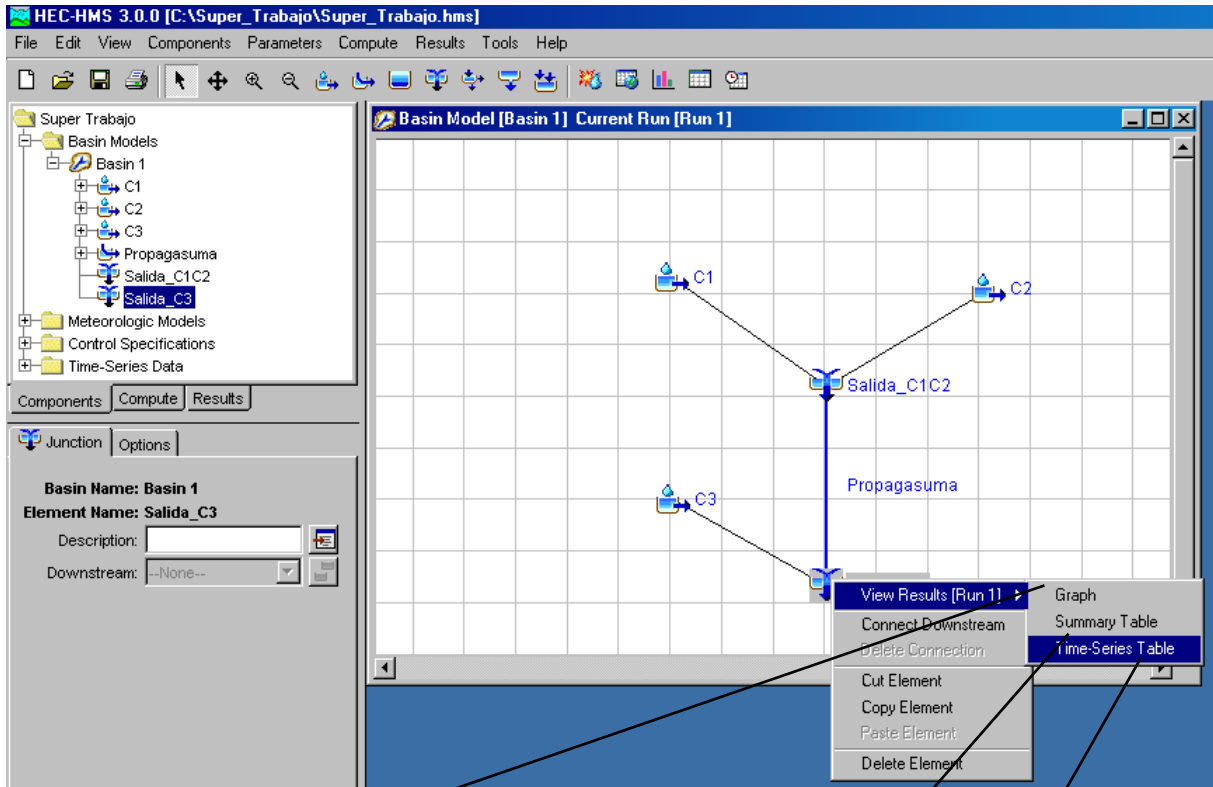


Figura 20

Una vez definidos los parámetros de cálculo se ejecuta el Run creado apretando el botón , localizado en la barra de iconos. Si todo es correcto HEC-HMS habrá realizado los cálculos y se podrán visualizar de diferentes maneras. El botón a la derecha del  muestra una tabla resumen de resultados muy útil para tener una idea general de la cuenca completa. Para cada elemento del Basin Model creado se pueden ver los resultados de manera gráfica (graph) o con tablas numéricas (times series table) que se pueden copiar y pegar en el excel para crear gráficos. Para ello basta con colocar el puntero del ratón sobre el elemento, apretar el botón derecho y en el menú flotante que aparece escoger View Results, como se puede observar en la figura 21.



Project : Example_BO Run : Run 1 Junction: Salida_C3

Start of Run : 01ene2000, 00:00 Basin Model : Basin 1
 End of Run : 01ene2000, 15:00 Meteorologic Model : Met 1
 Execution Time : 03abr2008, 14:13:57 Control Specifications : Control 1

Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2000	00:00	0,000	0,000	0,000
01ene2000	00:10	0,000	0,000	0,000
01ene2000	00:20	1,586	0,015	1,601
01ene2000	00:30	6,441	0,107	6,548
01ene2000	00:40	19,767	0,435	20,202
01ene2000	00:50	47,500	1,357	48,856
01ene2000	01:00	93,905	3,434	97,340
01ene2000	01:10	172,087	7,600	179,687
01ene2000	01:20	290,541	15,434	305,975
01ene2000	01:30	455,544	29,047	484,592
01ene2000	01:40	696,223	51,557	747,780
01ene2000	01:50	1026,130	87,620	1113,749
01ene2000	02:00	1448,791	142,599	1591,391
01ene2000	02:10	1953,296	221,656	2174,952
01ene2000	02:20	2496,549	327,939	2824,488
01ene2000	02:30	3011,933	460,552	3472,486
01ene2000	02:40	3426,251	613,700	4039,951
01ene2000	02:50	3703,589	778,130	4481,719
01ene2000	03:00	3845,351	944,080	4789,431
01ene2000	03:10	3854,587	1102,422	4957,009
01ene2000	03:20	3738,143	1245,150	4983,293
01ene2000	03:30	3531,800	1366,488	4898,288
01ene2000	03:40	3260,280	1463,062	4723,342
01ene2000	03:50	2956,431	1533,332	4489,763
01ene2000	04:00	2638,596	1577,487	4216,083

Summary Results for Junction "Salida_C3"

Project : Example_BO Simulation Run : Run 1 Junction: Salida_C3

Start of Run : 01ene2000, 00:00 Basin Model : Basin 1
 End of Run : 01ene2000, 15:00 Meteorologic Model : Met 1
 Execution Time : 03abr2008, 14:13:57 Control Specifications : Control 1

Volume Units : MM 1000 M3

Computed Results

Peak Outflow : 4983,29 (M3/S) Date/Time of Peak Outflow : 01ene2000, 03:20
 Total Outflow : 625,08 (MM)

Esta columna(caudal de salida) se puede copiar al Excel para generar los hidrogramas de una forma más exacta

Figura 21

7. Ejemplo

A continuación se presenta un ejemplo para probar el programa.

1. Abrimos un proyecto nuevo, en la unidad c:\ con el título "Ejemplo".

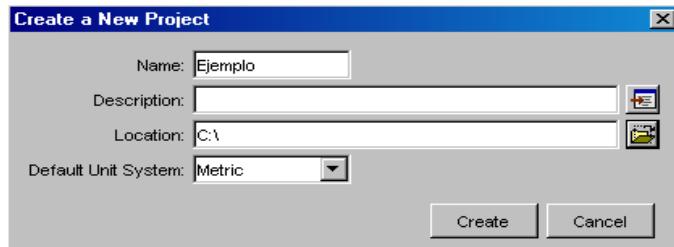


Gráfico 1

2. Abrimos un modelo de cuenca (Basin model):

Components > Basin model manager > New > Nombramos la cuenca (Basin1)

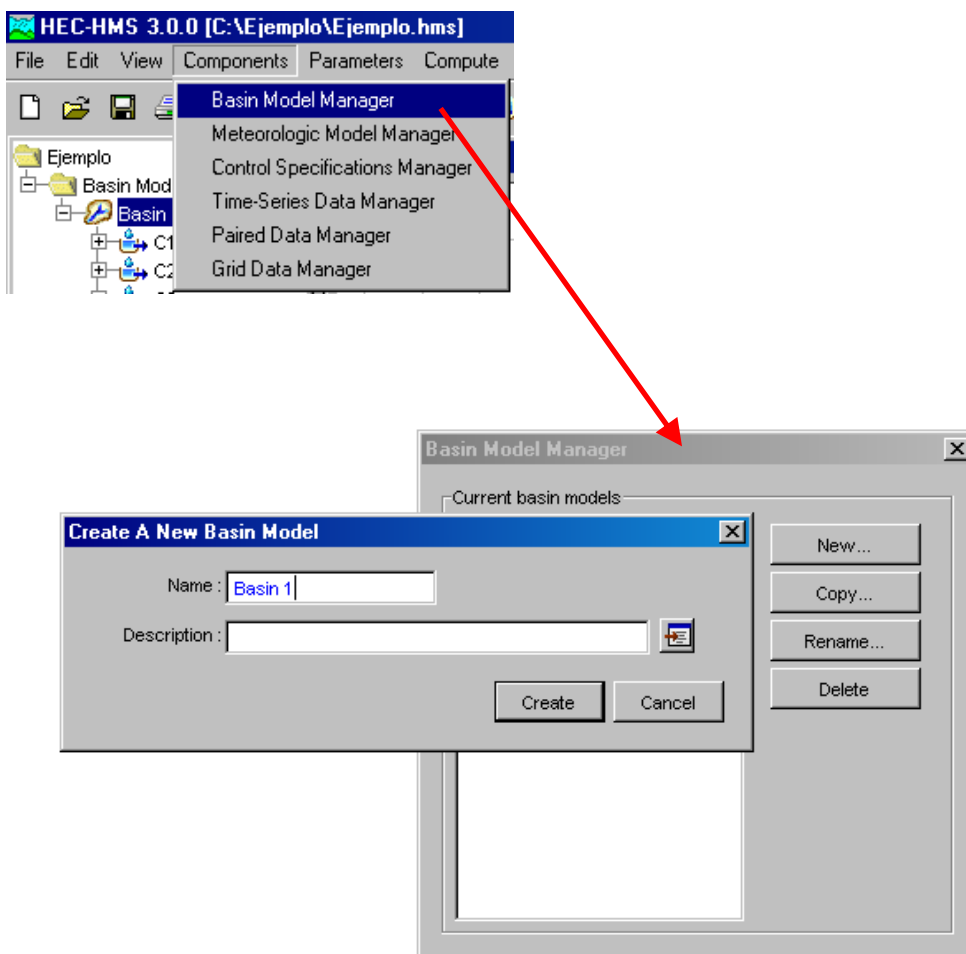


Gráfico 2

3. Dibujamos el esquema de la cuenca

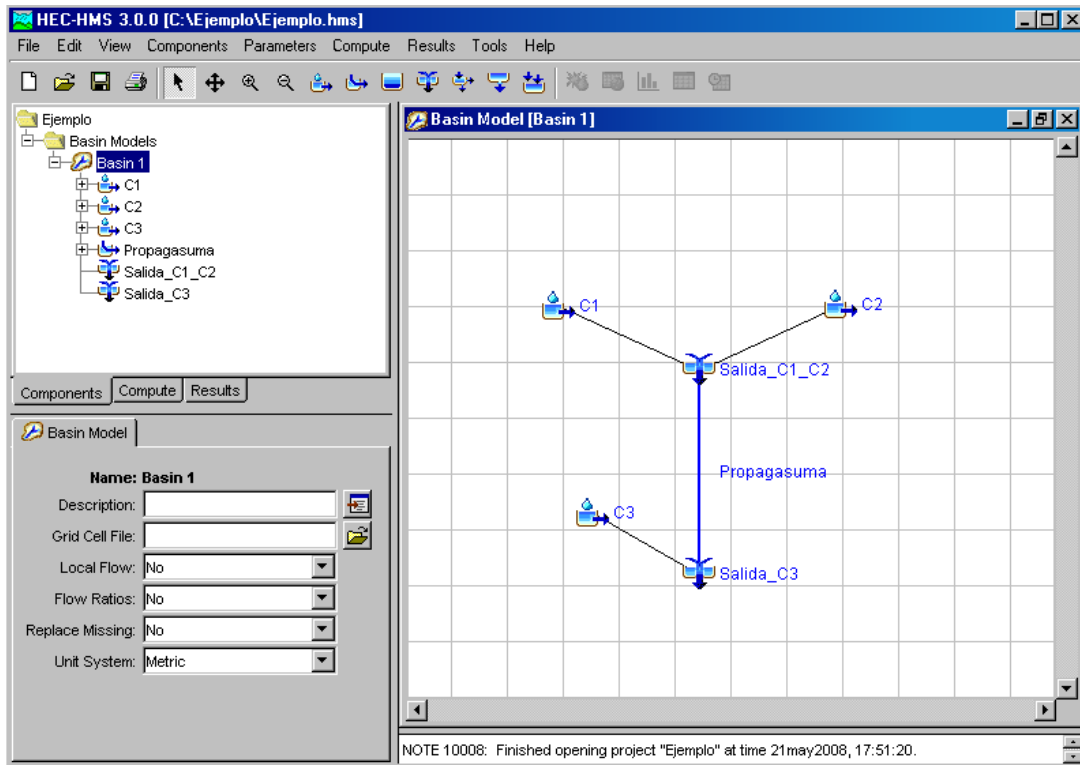


Gráfico 3

4. Introducimos los datos de cada subcuenca

Área C1= 1Km²
 Área C2= 1Km²
 Área C3= 2Km²

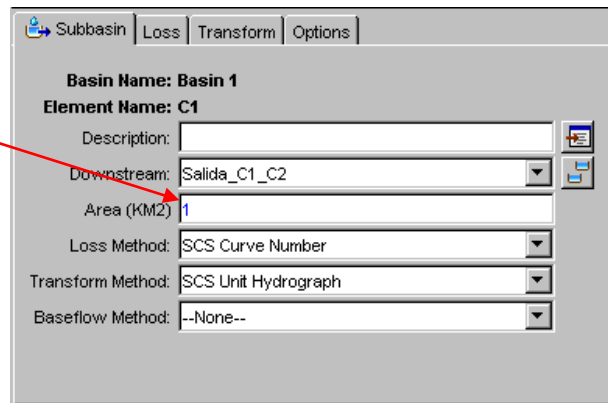


Gráfico 4

Seleccionando la pestaña "transform" rellenamos cada Lag time:

Lag C1 = 10 min
 Lag C2 = 11 min
 Lag C3 = 8,5 min

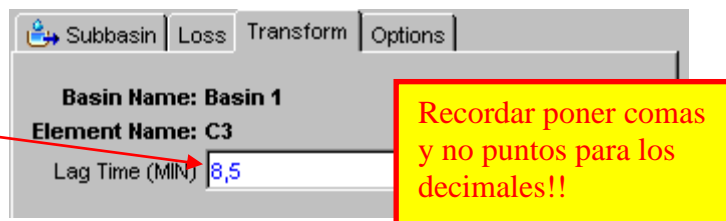


Gráfico 5

Recordatorio:

$$\text{Lag time} = 0,35 * T_c$$

donde T_c es el tiempo de concentración de la subcuenca

Seleccionando la pestaña "loss" para completar los datos de número de curva (CN) y el tanto por ciento de impermeabilidad de cada subcuenca:

CN de C1 = 55

CN de C2 = 45

CN de C3 = 60

% imp. C1 = 10%

% imp. C2 = 0%

% imp. C3 = 5%

Subbasin Loss Transform Options

Basin Name: Basin 1
Element Name: C1

Initial Abstraction (MM)

Curve Number 55

Impervious (%) 10,0

Gráfico 6

5. Calculamos los parámetros de Muskingum (K y χ) para completar el reach, nombrado propagasuma.

Recordatorio de parámetros de Muskingum:

$$K = 0,18 * (\Delta x / (i^{(0,25)}))^{(0,76)}$$

donde

Δx : es la distancia máxima en Km

i : es la pendiente máxima de la subcuenca

$$K = 0,6 * T_c \text{ (fórmula alternativa)}$$

$\chi \in [0,1 \dots 0,5]$ y depende de la pendiente media del tramo, a más pendiente más alta será la χ . En general, en España se usan valores entre 0,2 para las pendientes más bajas y 0,35 para las pendientes más altas

Además estos parámetros tienen que cumplir la condición:

$$\Delta t > 2 * K * \chi$$

donde Δt es el incremento de tiempo que utilizaremos para representar los resultados, en nuestro caso utilizaremos un incremento de 10', por tanto $\Delta t = 10' / 60' = 0,16$ h

Si no se cumple esta condición habrá que buscar el número de sub-reaches que hay en el tramo.

Ejemplo:

$$(2 * K * \chi) = 0,22 \quad (\text{donde } K=0,37 \text{ y } \chi=0,3)$$

No se cumple la condición $\Delta t > 2 * K * \chi$ por tanto buscamos el n° de sub-reaches(n).

$$\Delta t > (2 * K * \chi) / n \rightarrow n > (2 * K * \chi) / \Delta t \rightarrow n > 1,375$$

por tanto en nuestro ejemplo tendremos $n = 2$

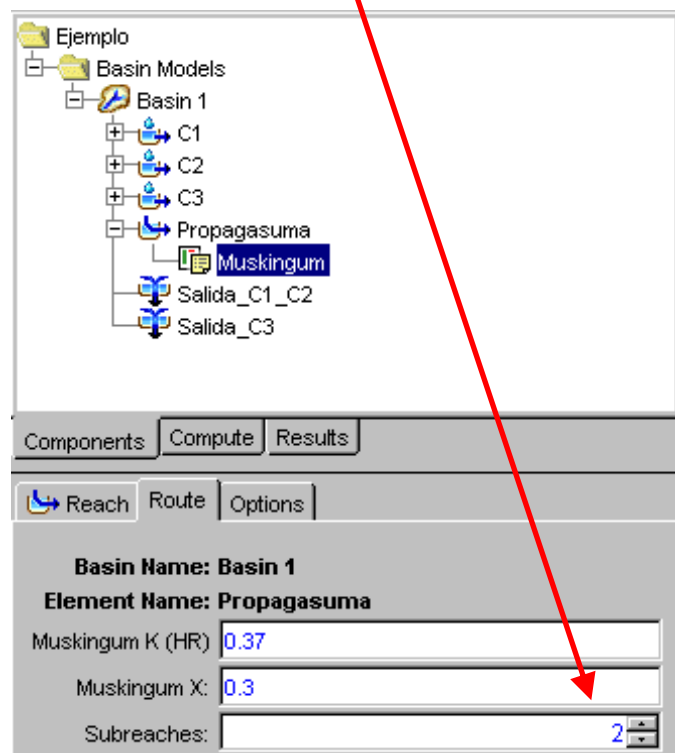


Gráfico 7

Seleccionamos la pestaña "Route" y rellenamos los datos de K, χ y n.

6. Abrimos un administrador de los datos de las series de tiempo nuevo para definir la lluvia de proyecto:

Components > Times series Data manager > Precipitation gage > New > Gage1

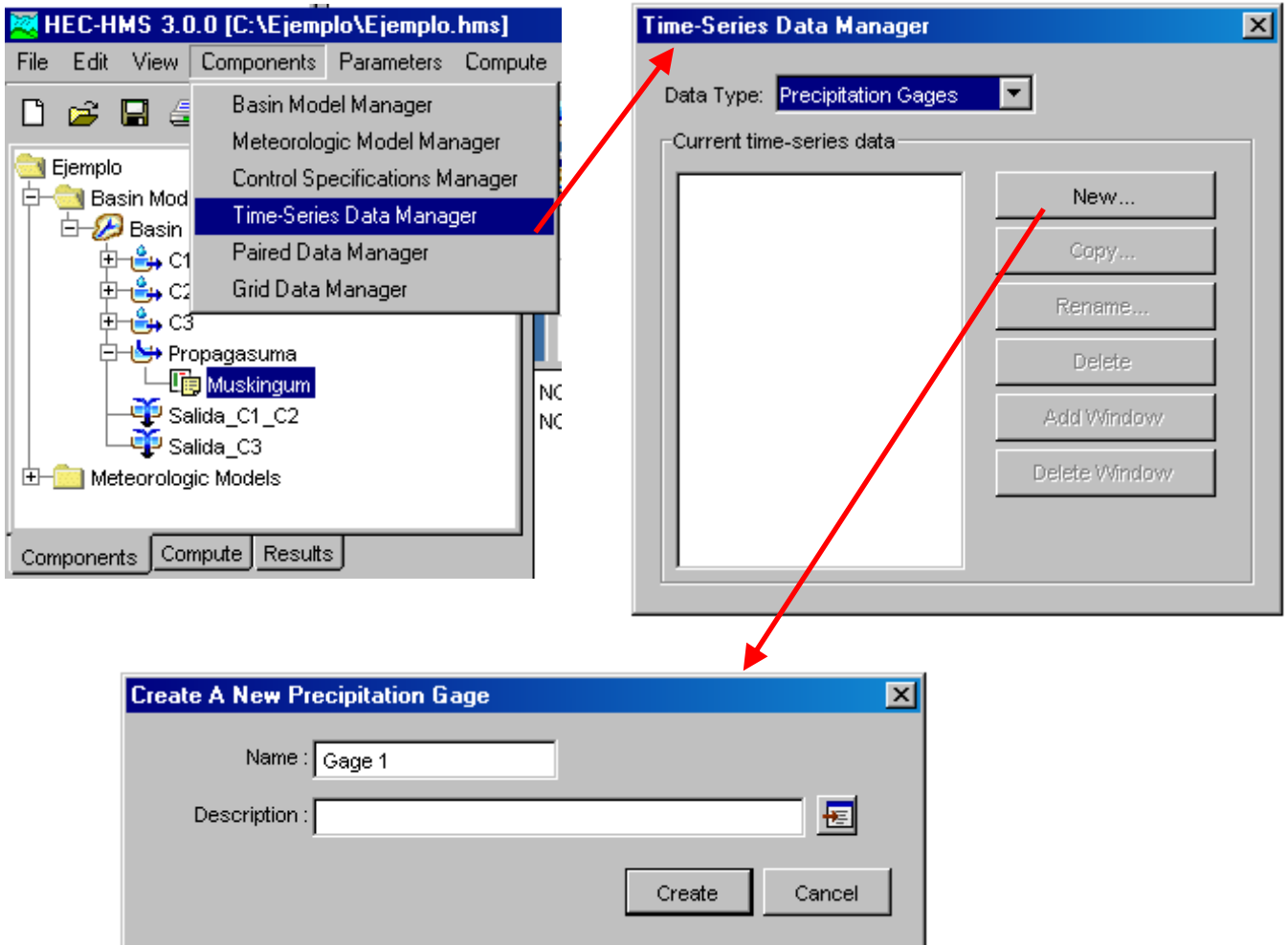


Gráfico 8

En el Gage1 definimos en la pestaña "Time series Gage" el intervalo de tiempo. En nuestro ejemplo usamos un intervalo de 30'.

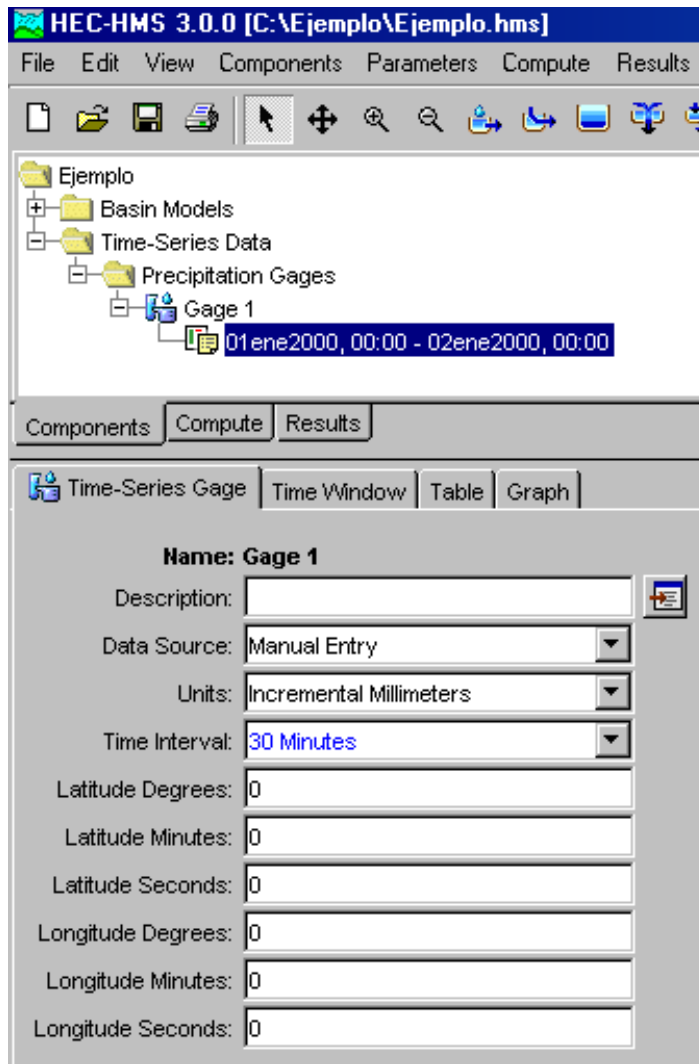


Gráfico 9

En la pestaña "Time window" el día de inicio y fin de la lluvia de proyecto. Y la hora de inicio y fin de la lluvia de proyecto. En nuestro caso el día de inicio y fin será el mismo y la lluvia durará 4:30 horas.

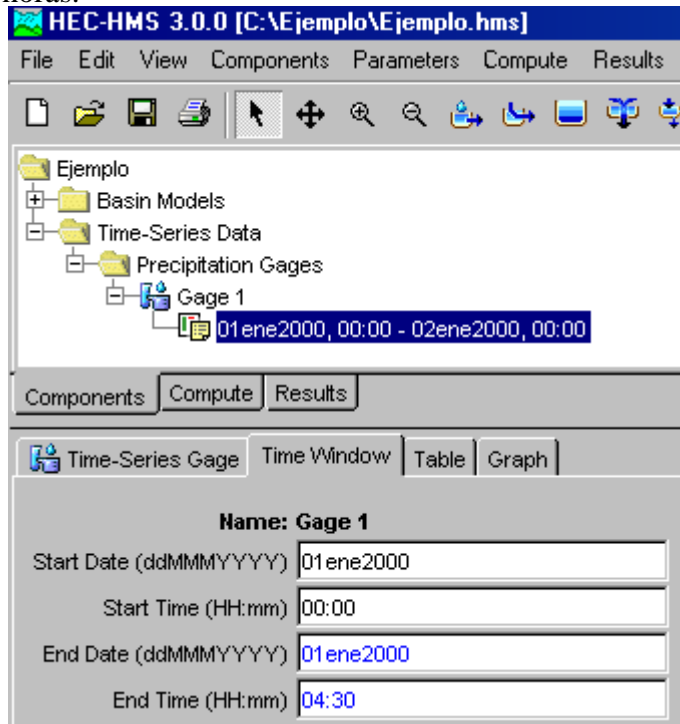


Gráfico 10

En el siguiente paso activamos la pestaña "table" y aparecerá una tabla vacía con los intervalos que hemos definido anteriormente, entonces cortamos de Excel nuestra lluvia de proyecto en forma de bloques alternados y la enganchamos en esta tabla.

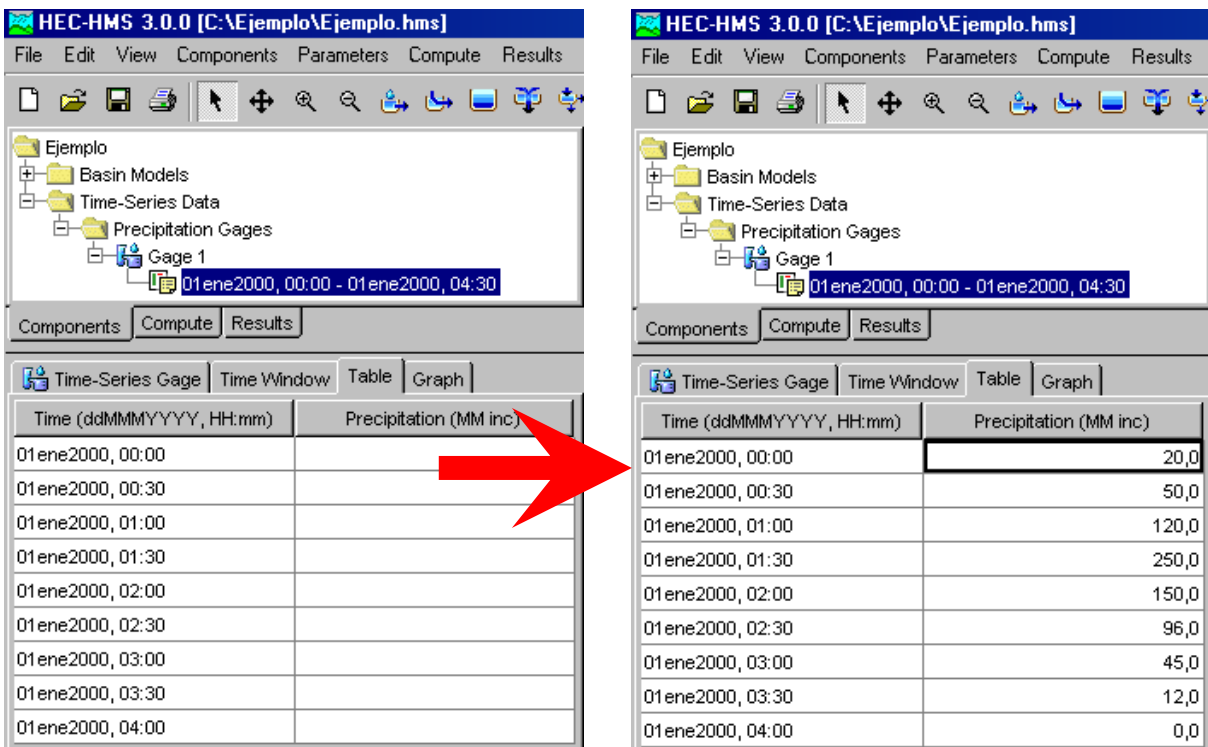


Gráfico 11

7. Abrimos un modelo meteorológico nuevo para asignar cada gage con la subcuenca que queramos en nuestro ejemplo solamente tenemos un gage para todas las subcuencas.

Components > Meteorologic Model Manager > New > Met 1

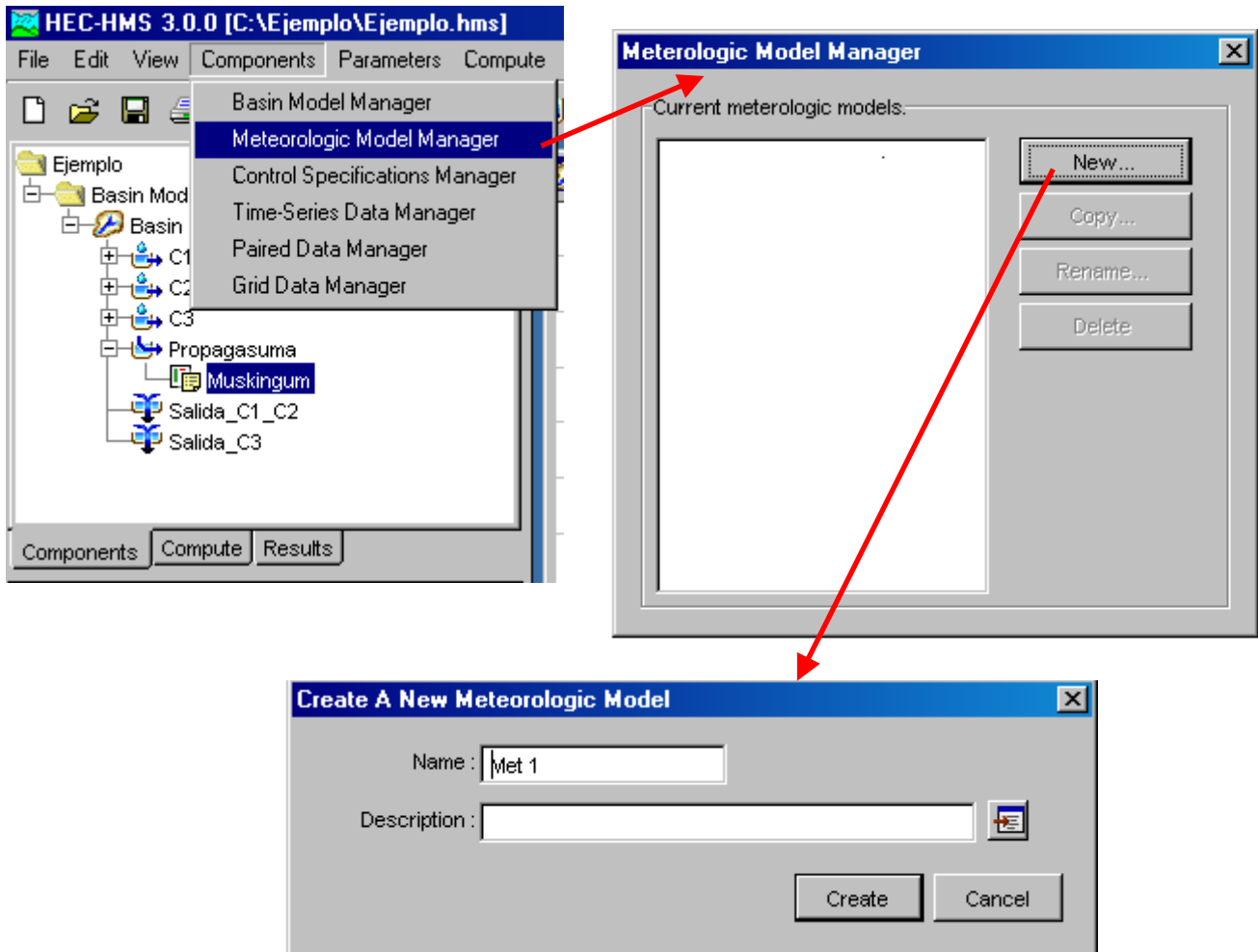


Gráfico 12

Seleccionamos Met1 en el cuadro y después activamos la pestaña "Basins" y seleccionamos la opción "include subbasins: yes"

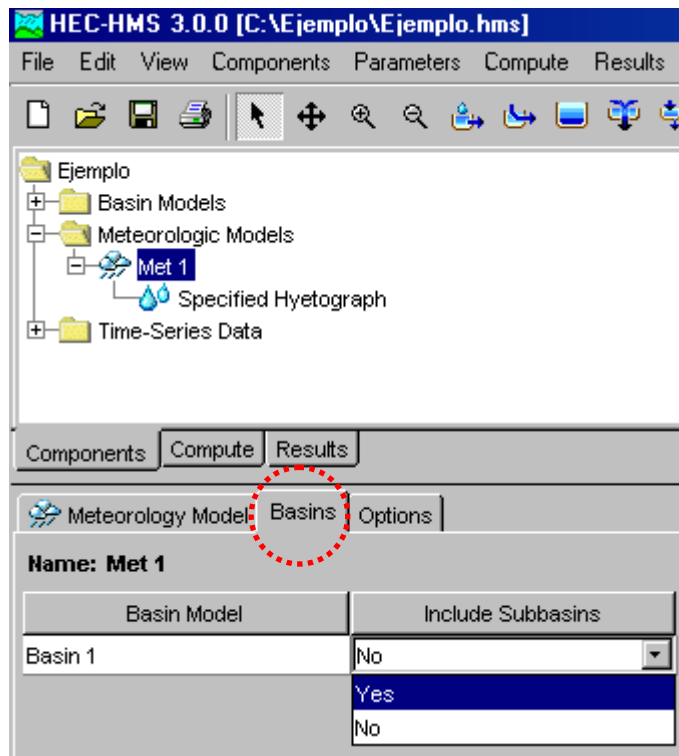


Gráfico 13

8. Abrimos un "control specifications manager" : Components > Control specifications manager > New > Control 1

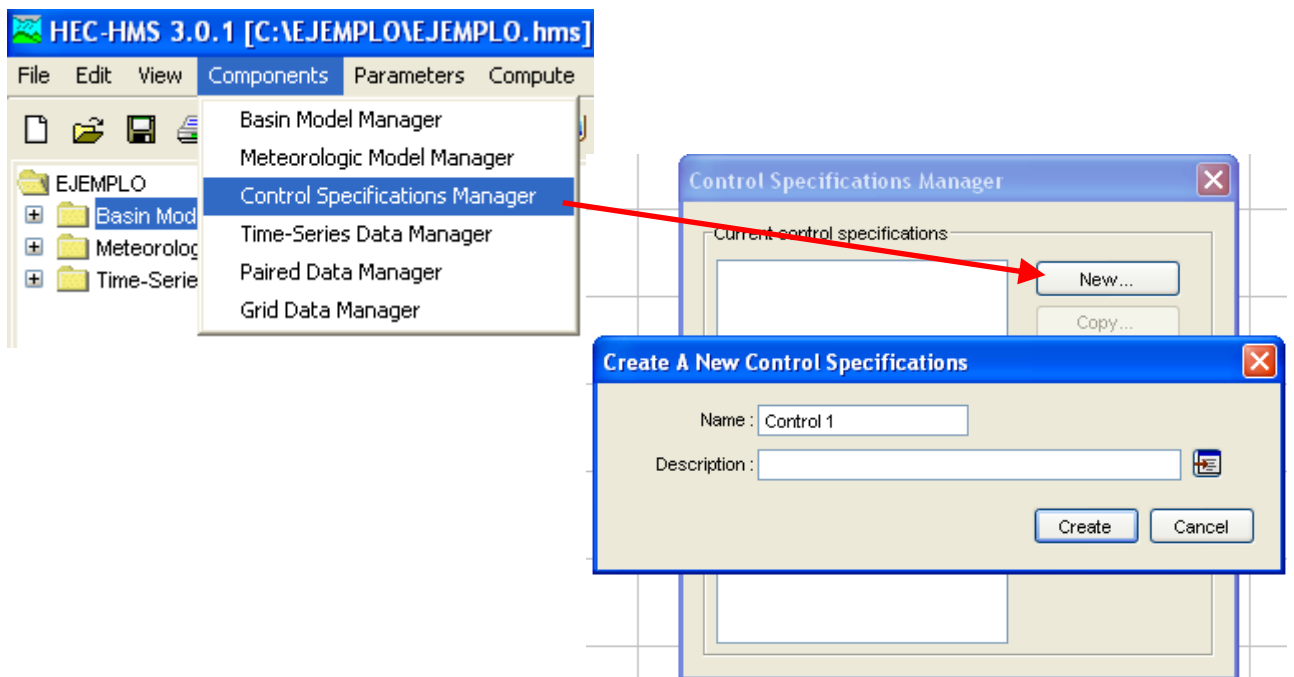


Gráfico 14

A continuación tenemos que definir los intervalos del día de inicio y fin y la hora de inicio y fin. Estos parámetros marcarán los límites del hidrograma de salida, es decir los resultados. También determinaremos el intervalo de tiempo del hidrograma que tiene que cumplir la condición $\Delta t > 2 * K * \gamma$ mencionada en el apartado 5 de este ejemplo. En nuestro caso de 10 minutos.

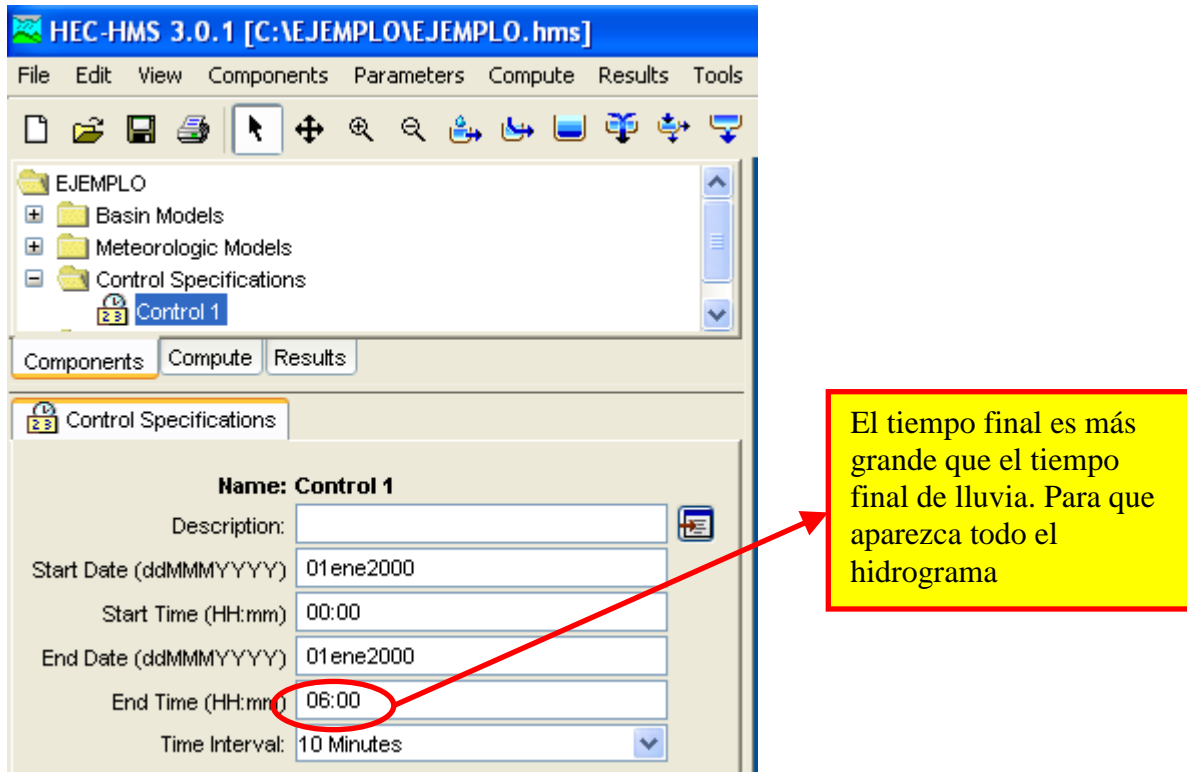


Gráfico 15

9. En este apartado ejecutaremos el programa para ver los resultados. En la barra del menú principal seleccionamos la pestaña Compute > Create Simulation Run

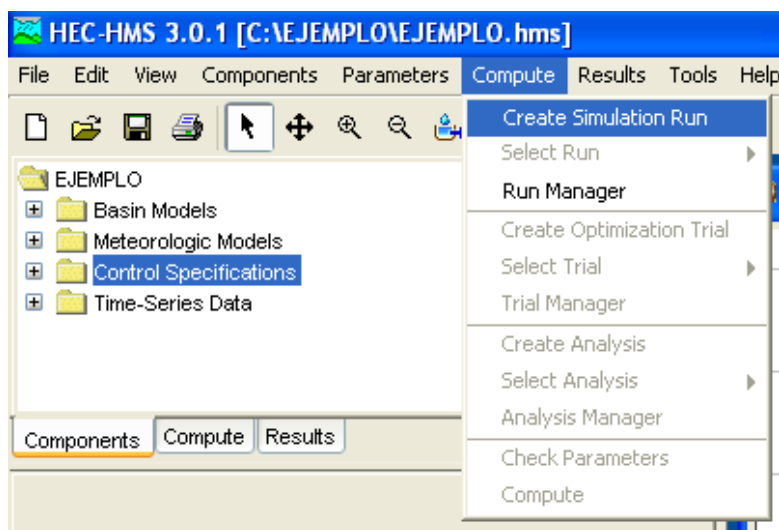



Gráfico 16

Después de crear el “Run1” siguiendo los cuatro pasos. Podemos ejecutar el programa: Compute > Select Run > Run 1 y seleccionamos el icono  en el menú de iconos para ejecutarlo.

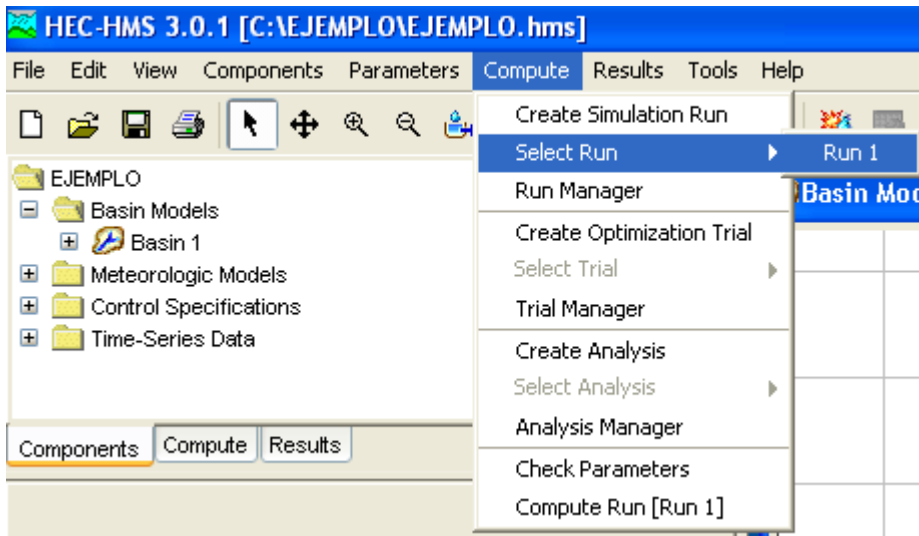


Gráfico 17

Entonces podemos ver los resultados sobre el diagrama de la cuenca seleccionando un elemento por ejemplo una subcuenca, un reach o una “junction”, más interesante para observar el hidrograma de salida de una subcuenca o la cuenca total.

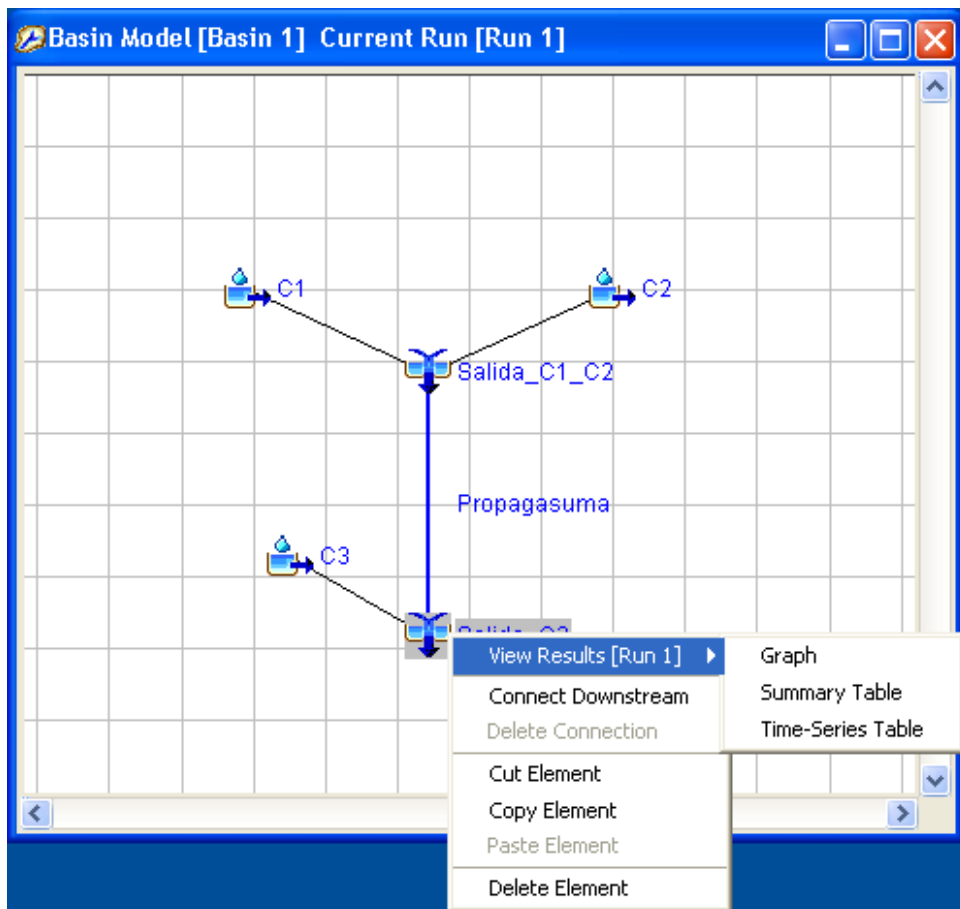


Gráfico 18

Hay tres tipos de resultados:

- “Graph”: muestra un gráfico del hidrograma de salida.

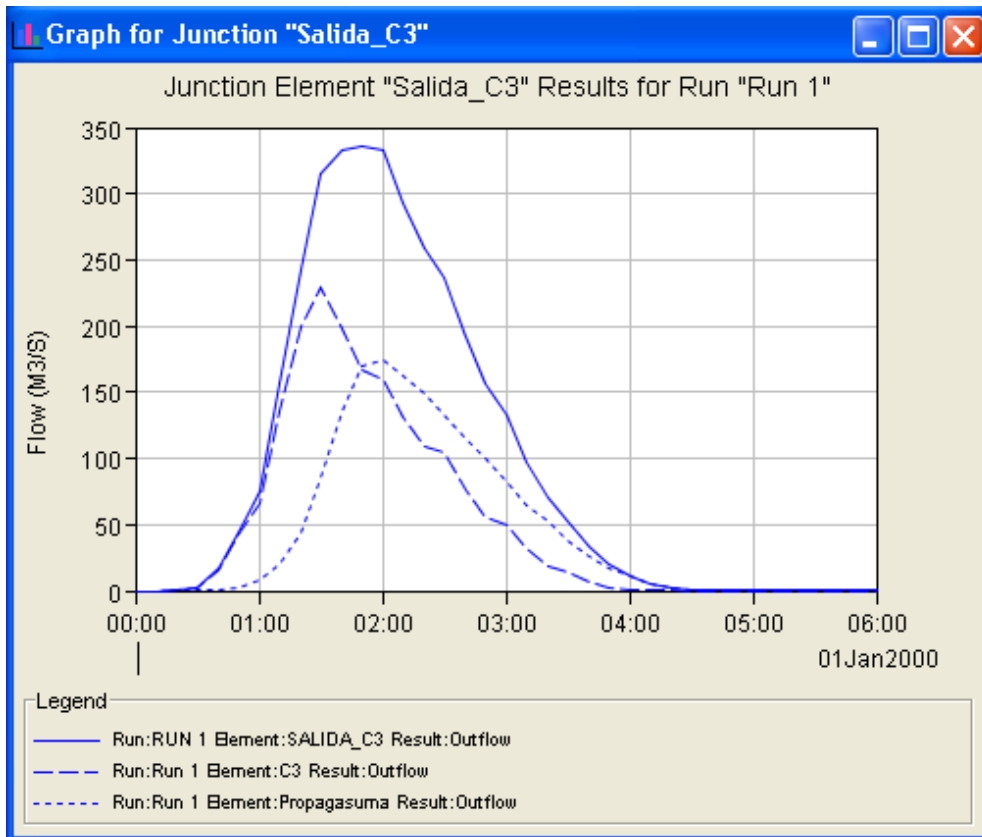


Gráfico 19

- “Summary Table”: muestra una tabla resumen con los datos más importantes

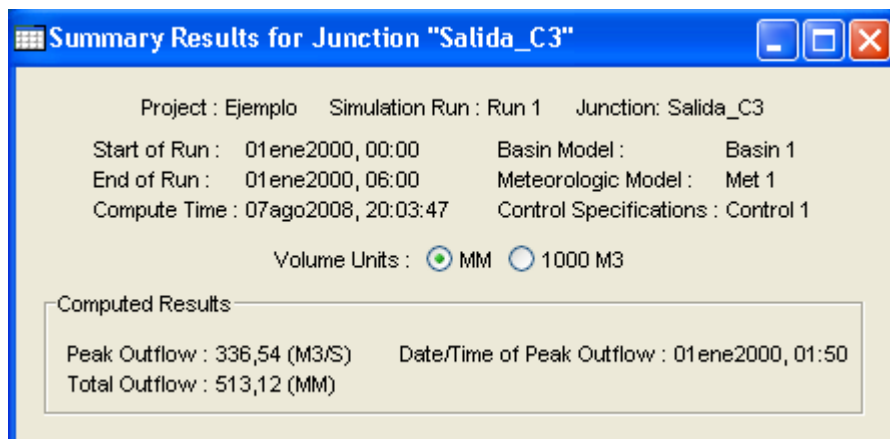
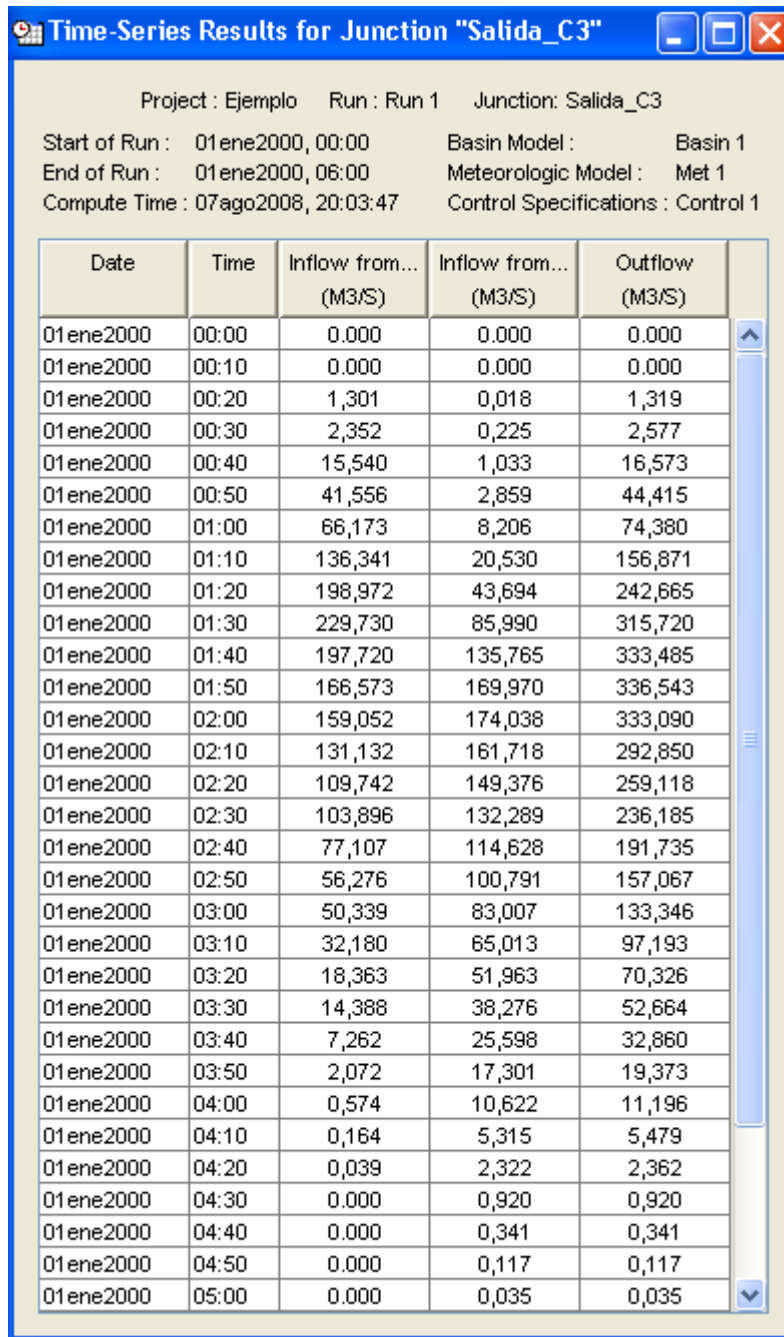


Gráfico 20

- “Times series Table”: es una tabla con todos los valores del hidrograma, es el más atractivo para tratar los resultados ya que permite copiar la columna “Outflow” al Excel y de esta forma hacer una gráfica más exacta del hidrograma que la que proporciona el programa.




Project : Ejemplo Run : Run 1 Junction: Salida_C3

Start of Run : 01ene2000, 00:00 Basin Model : Basin 1
 End of Run : 01ene2000, 06:00 Meteorologic Model : Met 1
 Compute Time : 07ago2008, 20:03:47 Control Specifications : Control 1

Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2000	00:00	0,000	0,000	0,000
01ene2000	00:10	0,000	0,000	0,000
01ene2000	00:20	1,301	0,018	1,319
01ene2000	00:30	2,352	0,225	2,577
01ene2000	00:40	15,540	1,033	16,573
01ene2000	00:50	41,556	2,859	44,415
01ene2000	01:00	66,173	8,206	74,380
01ene2000	01:10	136,341	20,530	156,871
01ene2000	01:20	198,972	43,694	242,665
01ene2000	01:30	229,730	85,990	315,720
01ene2000	01:40	197,720	135,765	333,485
01ene2000	01:50	166,573	169,970	336,543
01ene2000	02:00	159,052	174,038	333,090
01ene2000	02:10	131,132	161,718	292,850
01ene2000	02:20	109,742	149,376	259,118
01ene2000	02:30	103,896	132,289	236,185
01ene2000	02:40	77,107	114,628	191,735
01ene2000	02:50	56,276	100,791	157,067
01ene2000	03:00	50,339	83,007	133,346
01ene2000	03:10	32,180	65,013	97,193
01ene2000	03:20	18,363	51,963	70,326
01ene2000	03:30	14,388	38,276	52,664
01ene2000	03:40	7,262	25,598	32,860
01ene2000	03:50	2,072	17,301	19,373
01ene2000	04:00	0,574	10,622	11,196
01ene2000	04:10	0,164	5,315	5,479
01ene2000	04:20	0,039	2,322	2,362
01ene2000	04:30	0,000	0,920	0,920
01ene2000	04:40	0,000	0,341	0,341
01ene2000	04:50	0,000	0,117	0,117
01ene2000	05:00	0,000	0,035	0,035

Gráfico 21

10. En el caso de tener un embalse debemos activar diferentes opciones del programa:

- a. Colocar un embalse en el gráfico de la cuenca, con el botón . Hay que conectar el embalse con algún punto del gráfico de la cuenca. Por ejemplo en nuestro caso lo conectamos con el punto "Salida_C3", clickando sobre el punto con el botón derecho del mouse y seleccionando "connect downstream" y después clickando sobre el embalse, Reservoir-1.

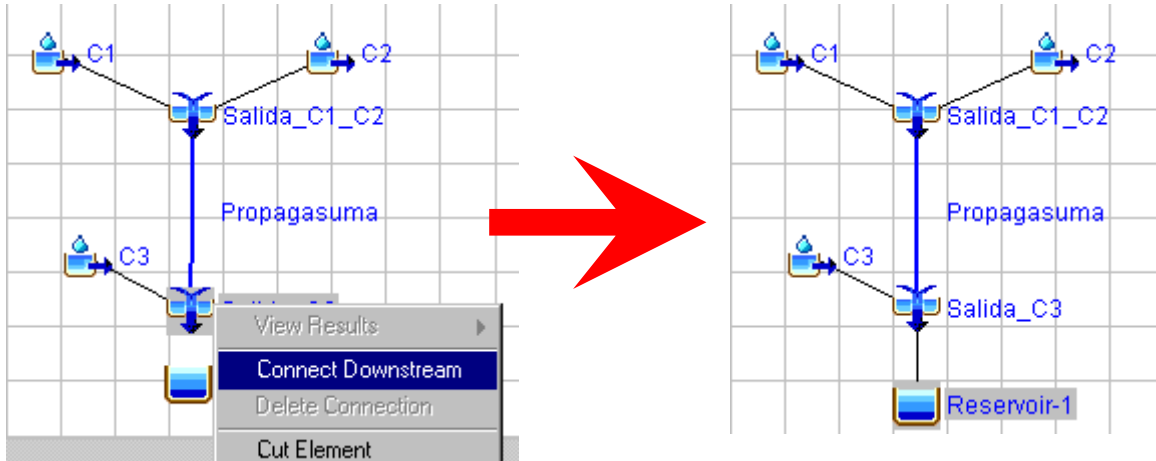


Gráfico 22

- b. Definir la función de almacenamiento (relación profundidad / área)
 - i. Seleccionamos del menú la pestaña Components > Paired Data Manager

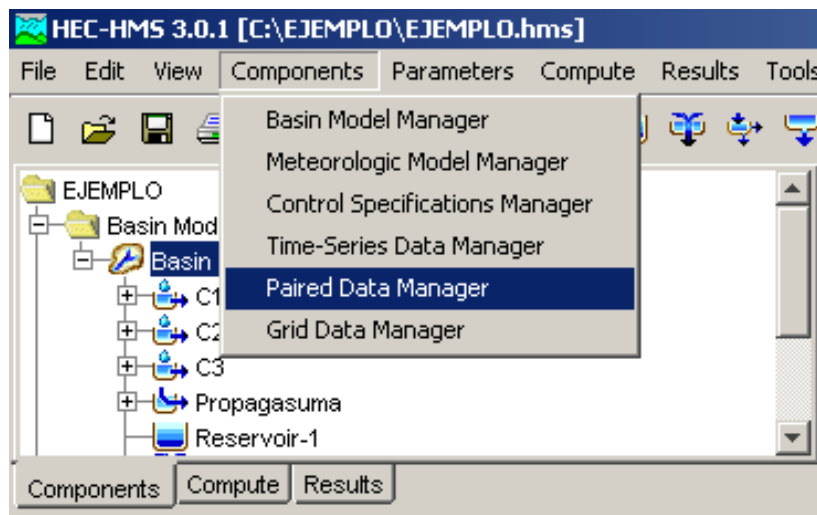


Gráfico 23

ii. Escogemos el tipo de datos: Elevation-Area Functions.

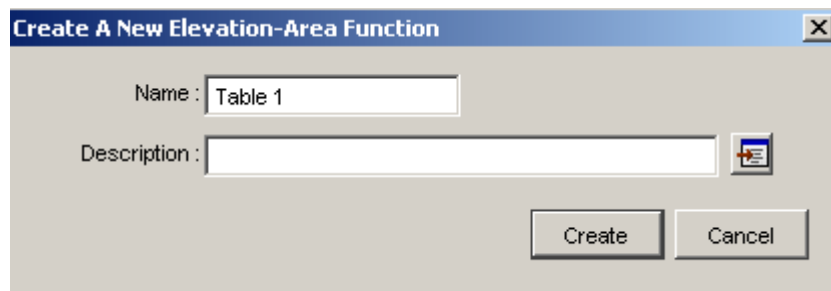
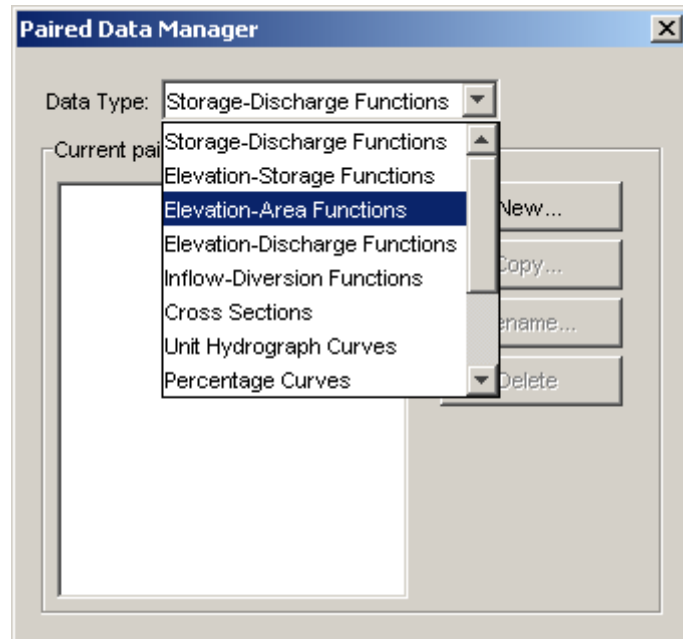


Gráfico 24

iii. Abrimos una tabla nueva y definimos la relación Elevations area en la pestaña indicada como table. Introducimos manualmente la relación entre la elevación y el área. Si hiciera falta más altura de embalse se podría extrapolar con la última relación.

The screenshot shows the HEC-HMS 3.0.1 software interface. The title bar reads 'HEC-HMS 3.0.1 [C:\EJEMPLO\EJEMPLO.hms]'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Components', 'Parameters', 'Compute', 'Results', and 'Tools'. The toolbar contains various icons for file operations and navigation. The main window displays a tree view of the project structure under 'EJEMPLO', including folders for 'Basin Models', 'Meteorologic Models', 'Control Specifications', 'Time-Series Data', 'Paired Data', and 'Elevation-Area Functions'. The 'Elevation-Area Functions' folder is expanded to show 'Table 1'. Below the tree view, there are tabs for 'Components', 'Compute', and 'Results'. The 'Table' tab is selected, showing a table with two columns: 'Elevation (M)' and 'Area (1000 M2)'. The table contains the following data:

Elevation (M)	Area (1000 M2)
0	50
10	80
20	150
30	200
40	500
50	1500

Gráfico 25

- c. Hay que definir ciertas opciones del embalse. Por tanto seleccionamos “Reservoir-1”

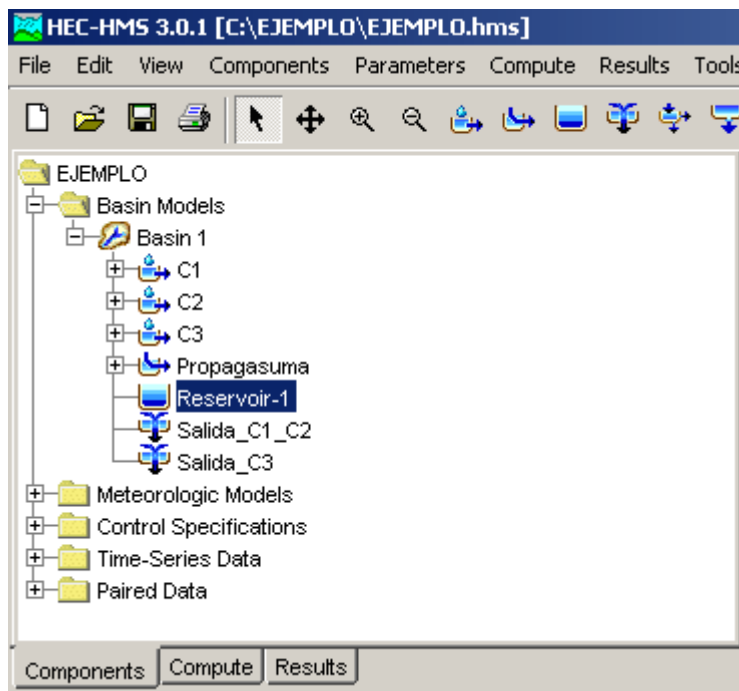


Gráfico 26

Se define el método como “Outflow Structures”, y el menú cambia dando nuevas opciones

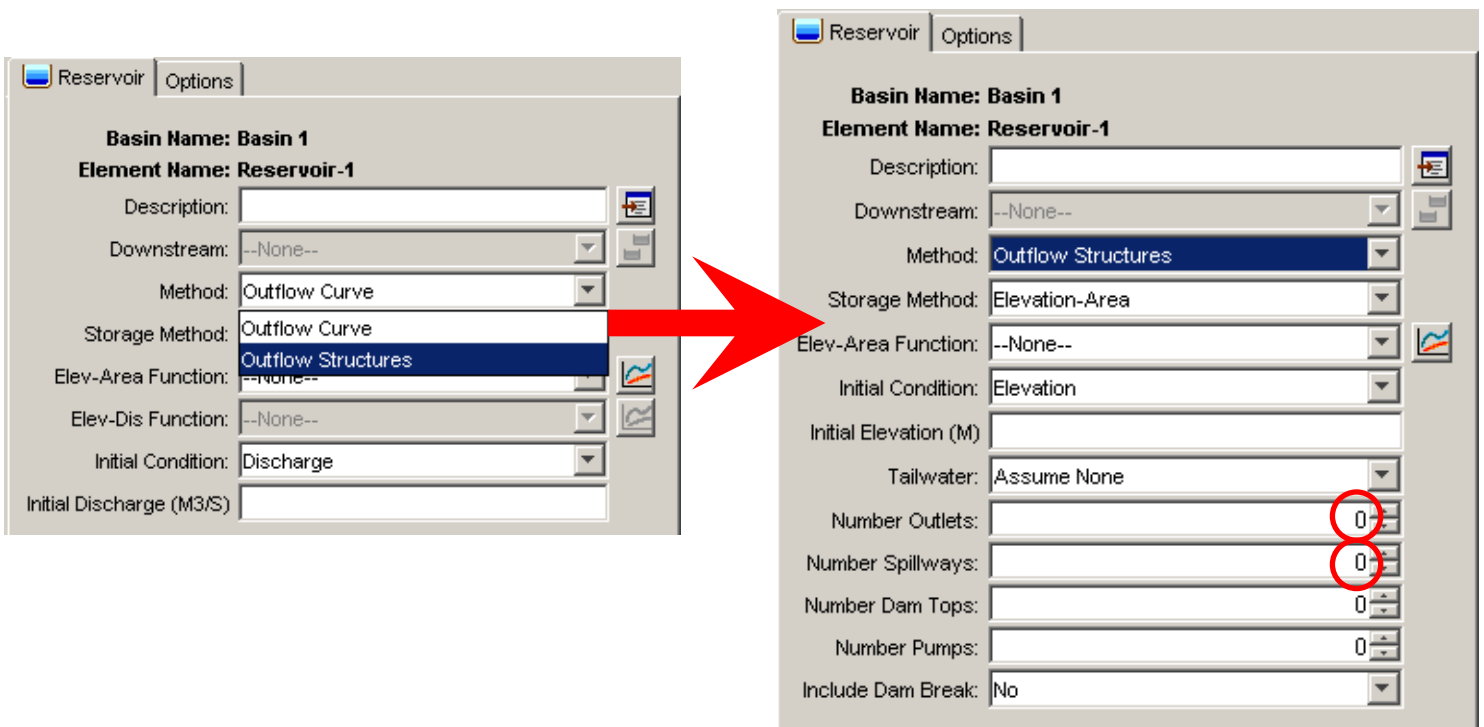
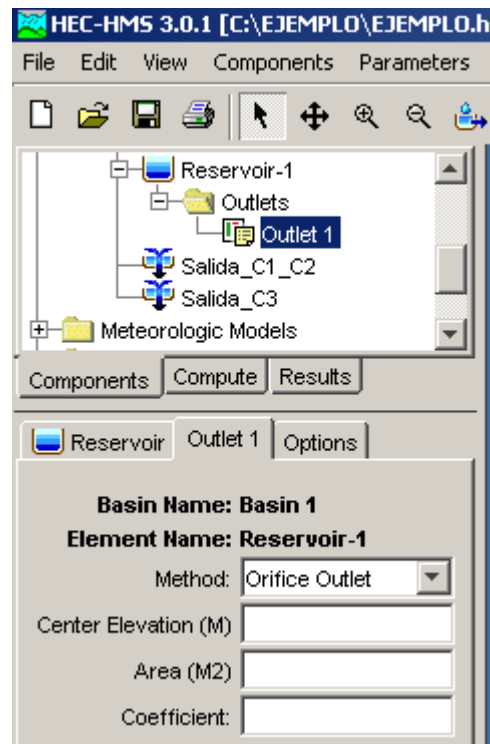


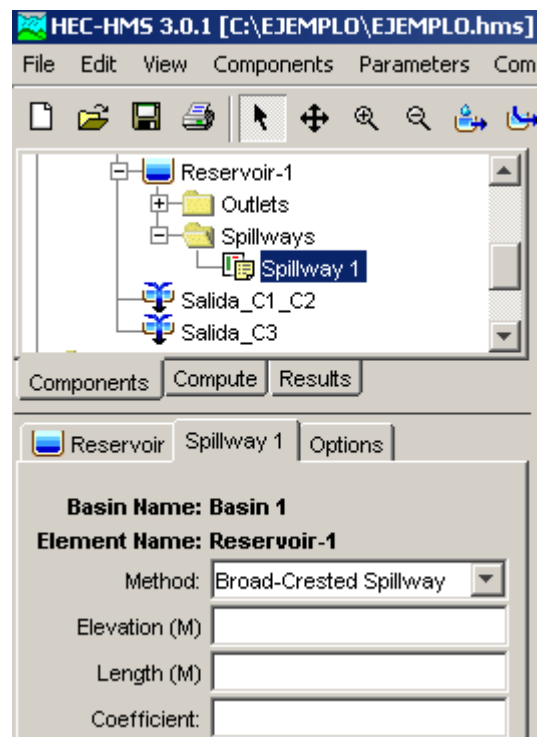
Gráfico 27

Entre las nuevas opciones aparecen:

- Outlet: desagüe de fondo. Se crea aumentando de 0 a 1 el número de outlets, como se observa en el gráfico 27. Donde podemos fijar la altura del centro geométrico del orificio, el área del orificio y el coeficiente de desagüe, que puede variar entre 0,39 hasta 0,6.



- Spillway: aliviadero de superficie. También se pueden crear cualquier número de aliviaderos aumentando su número en el menú del gráfico 27. Se puede fijar la altura del aliviadero, su longitud y el coeficiente de desagüe, que puede llegar a un valor de 2,1.



- Dam top: Una vez se sobrepasa el nivel del aliviadero de superficie se puede configurar un aliviadero tope, que supone un desagüe extra.

Para definir todos estos parámetros habrá que fijarse en cada caso. Normalmente se juega con la altura de agua en la presa, inicial elevation; la longitud y altura de los aliviaderos ya sean de superficie o en el caso de los de fondo el área de los orificios, la altura del orificio; con el fin de conseguir el caudal de salida del embalse adecuado para cada caso.