

**HYDROLOGIC MODELING SYSTEM  
HEC – HMS**

**MANUAL DEL USUARIO**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.0 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
COMPONENTES DE UN MODELO HMS.....	1
Componentes de Modelo de Cuencas.....	1
Componentes de Modelos Meteorológicos .....	3
Componentes de Especificaciones de Control.....	4
Componentes de Datos de Entrada.....	4
INTERFAZ DEL USUARIO .....	5
Watershed Explorer .....	5
Component Editor .....	6
Message Log.....	7
Desktop.....	7
<b>2.0 DESARROLLANDO UN PROYECTO HMS .....</b>	<b>8</b>
CREAR UN NUEVO PROYECTO .....	8
DATOS DE ENTRADA .....	9
CREAR UN MODELO DE UNA CUENCA .....	10
CREAR UN MODELO METEOROLÓGICO .....	12
DEFINIR ESPECIFICACIONES DE CONTROL .....	12
CREAR Y COMPUTAR UNA RUTINA DE SIMULACIÓN.....	13
VISUALIZACIÓN DEL RESULTADO DEL MODELO.....	13
<b>3.0 APLICACIÓN DEL PROGRAMA A UN PROBLEMA. ....</b>	<b>15</b>
CREAR EL PROYECTO.....	16
DATOS DE ENTRADA .....	16
CREAR UN MODELO DE UNA CUENCA .....	17
CREAR UN MODELO METEOROLÓGICO .....	18
DEFINIR ESPECIFICACIONES DE CONTROL .....	19
CREAR Y COMPUTAR UNA RUTINA DE SIMULACIÓN.....	19
VISUALIZACIÓN DEL RESULTADO DEL MODELO.....	19

# 1.0 INTRODUCCIÓN

HEC – HMS fue diseñado para simular los procesos de precipitación – escorrentía. Los hidrogramas producidos por este programa pueden ser usados directamente o en conjunto con otro software para estudios de disponibilidad de agua, impactos de futura urbanización, operación de sistemas, etc.

Este documento fue escrito como una breve introducción al programa. Para usuarios que deseen una descripción y aplicación más detallada del programa, la pueden encontrar en el manual del usuario de HEC – HMS, Manual de referencia técnica y en las guías de aplicaciones.

El siguiente manual del usuario está dividido en tres capítulos: Capítulo 1 entrega una descripción de los componentes del programa y de la interfaz del usuario, Capítulo 2 enuncia y describe los pasos requeridos para desarrollar un modelo hidrológico y obtener resultados, y el Capítulo 3 contiene un ejemplo de aplicación siguiendo los pasos destacados en el Capítulo 2.

## COMPONENTES DE UN MODELO HMS

Los componentes de un modelo HMS incluyen modelos de cuencas, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada.

### Componentes de Modelo de Cuencas

Un modelo de cuenca debe representar las características físicas de ésta. Los usuarios deben desarrollar un modelo de cuenca agregando y conectando elementos hidrológicos. Los elementos hidrológicos usan modelos matemáticos para describir procesos físicos en la cuenca. La tabla 1 entrega una lista y descripción de los elementos hidrológicos disponibles.

Tabla 1: Descripción Elementos Hidrológicos

Elemento Hidrológico	Descripción
Subbasin	El elemento subbasin es usado para representar físicamente la divisoria de aguas. Conocida la precipitación, el flujo de salida desde el elemento subbasin es calculado eliminando las pérdidas de precipitación, transformando excesos de precipitación en escorrentía hacia la salida de la subcuenca, y agregando el flujo base.
Reach	El elemento reach es usado para transportar la escorrentía aguas abajo en el modelo de la cuenca. Los flujos de entrada al elemento reach puede venir desde uno o más elementos hidrológicos aguas arriba. El flujo de salida desde el reach es calculado vía explicación del traslado y atenuación del hidrograma del flujo interno.

Elemento Hidrológico	Descripción
Junction	El elemento junction es usado para combinar escorrentías de elementos hidrológicos localizados aguas arriba del elemento junction. El flujo de entrada al elemento junction puede venir de uno o más elementos de aguas arriba. El flujo de salida es simplemente calculado por la suma de todos los flujos de entrada y se asume que no existe acumulación en el elemento junction.
Source	El elemento source es usado para introducir flujo dentro del modelo de cuenca. El elemento source no tiene flujo de entrada. El flujo de salida del elemento source es definido por el usuario.
Sink	El elemento sink es usado para representar la salida física de la divisoria de aguas. El flujo de entrada al elemento sink puede venir de una o mas elementos hidrológicos de aguas arriba. No hay flujo de salida desde el elemento sink.
Reservoir	El elemento reservoir es usado para modelar la detención y atenuación de un hidrograma causado por un embalse (o depósito) o estanque de detención. El flujo de entrada al elemento reservoir puede venir de uno o más elementos hidrológicos desde aguas arriba. El flujo de salida desde el elemento reservoir puede ser calculado por dos vías. El usuario puede entregar relaciones de almacenamiento-flujo de salida, elevación-almacenamiento-flujo de salida, o elevación-área-flujo de salida, o el usuario puede entregar una relación elevación-almacenamiento o elevación-área y definir una o más estructuras de salida.
Diversión	El elemento diversión es usado para modelar escorrentía saliendo del canal principal. El flujo de entrada al elemento diversión puede venir desde una o mas elementos hidrológicos de aguas arriba. El flujo de salida desde el elemento diversión consiste en diverted flow y non-diverted flow. Diverted flow es calculado usando entrada desde el usuario. Ambos, diverted and non-diverted flows pueden ser conectados a elementos aguas abajo del elemento diversión.

En el caso de un elemento subbasin, muchos modelos matemáticos están disponibles para determinar pérdidas de precipitación, transformación de excesos de precipitación a escorrentía y determinación del flujo base. En este documento, los diferentes modelos matemáticos serán remitidos a estos métodos. La tabla 2 enuncia los métodos disponibles para los elementos subbasin y reach.

Tabla 2: Métodos de Cálculo asociados a Subbasin y Reach

Elemento Hidrológico	Tipo de Cálculo	Método
Subbasin	Escorrentía-Volumen	Deficit and Constant Rate (DC)
		Exponential
		Green and Ampt
		Gridded DC
		Gridded SCS CN
		Gridded SMA
		Initial and constan rate
		SCS curve number (CN)
		Smith Parlange
		Soil moisture accountig (SMA)
	Escorrentía Directa	Clark's UH
		Kinematic wave
		ModClark
		SCS UH
		Snyder's UH
		User- specified s-graph
		User- specified s-graph
		User- specified unit hydrograph (UH)
	Baseflow	Bounded recession
		Constant monthly
		Linear Boussinesq
		Recession
Reach	Routing	Kinematic wave
		Lag
		Modified Puls
		Muskingun
		Muskingun - Cunge
	Loss/Gain	Constant
		Percolation

## Componentes de Modelos Meteorológicos

Los modelos meteorológicos calculan la entrada de precipitación requerida por un elemento subbasin. Una breve descripción de los métodos disponibles para el cálculo de la precipitación promedio sobre la cuenca es presentada en la tabla 3.

Tabla 3: Descripción de métodos de modelos meteorológicos

Métodos de Precipitación	Descripción
Frequency Storm	Este método es usado para desarrollar un evento de precipitación donde la profundidad de precipitación para varias duraciones dentro de la tormenta tiene una probabilidad de excedencia constante.
Gage Weights	Usa distintas ponderaciones aplicados a los datos de precipitación

Gridded precipitation	Permite el uso de una grilla de precipitación tal como RADAR
Inverse Distance	Calcula la precipitación promedio en la subcuenca para aplicar una ponderación cuadrada con el inverso de la distancia con los datos
SCS storm	Este método emplea una distribución de tormenta de 24 horas
Specified Hyetograph	Este método emplea un uso específico de un hietograma
Standard Project Storm	Usa una distribución de tiempo para una profundidad de precipitación indicada

## Componentes de Especificaciones de Control

El control de especificaciones está relacionado con los intervalos de tiempo asociados a la simulación. La información que se debe entregar es: fecha y tiempo de inicio, fecha y tiempo de término y paso de análisis.

## Componentes de Datos de Entrada

Time-series, paired y gridded data son a menudo requeridos como parámetros o condiciones de borde en modelos de cuencas o meteorológicos. Una lista de los datos de entrada es incluida en la Tabla 4.

Tabla 4: Componentes de datos de entrada

Time - Series Data	Paired Data	Gridded Data
Precipitación Descarga Temperatura Radiación Solar	Funciones Almacenamiento - Descarga Funciones Elevación - Almacenamiento Funciones Elevación - Área Funciones Elevación - Descarga Curvas Hidrograma unitario	Precipitación Temperatura Radiación Solar Capacidad de Almacenamiento Tasa de Percolación Coeficientes de Almacenamiento Déficit de Humedad Curva Número SCS

## INTERFAZ DEL USUARIO

La interfaz del usuario consiste de una barra de menú, barra de herramientas y cuatro paneles principales. Comenzando desde la esquina superior izquierda en la Figura 1 y desplazándose en sentido contrario a las agujas del reloj, estos paneles son los siguientes: Watershed Explorer, el Component Editor, el Message Log y el Desktop.

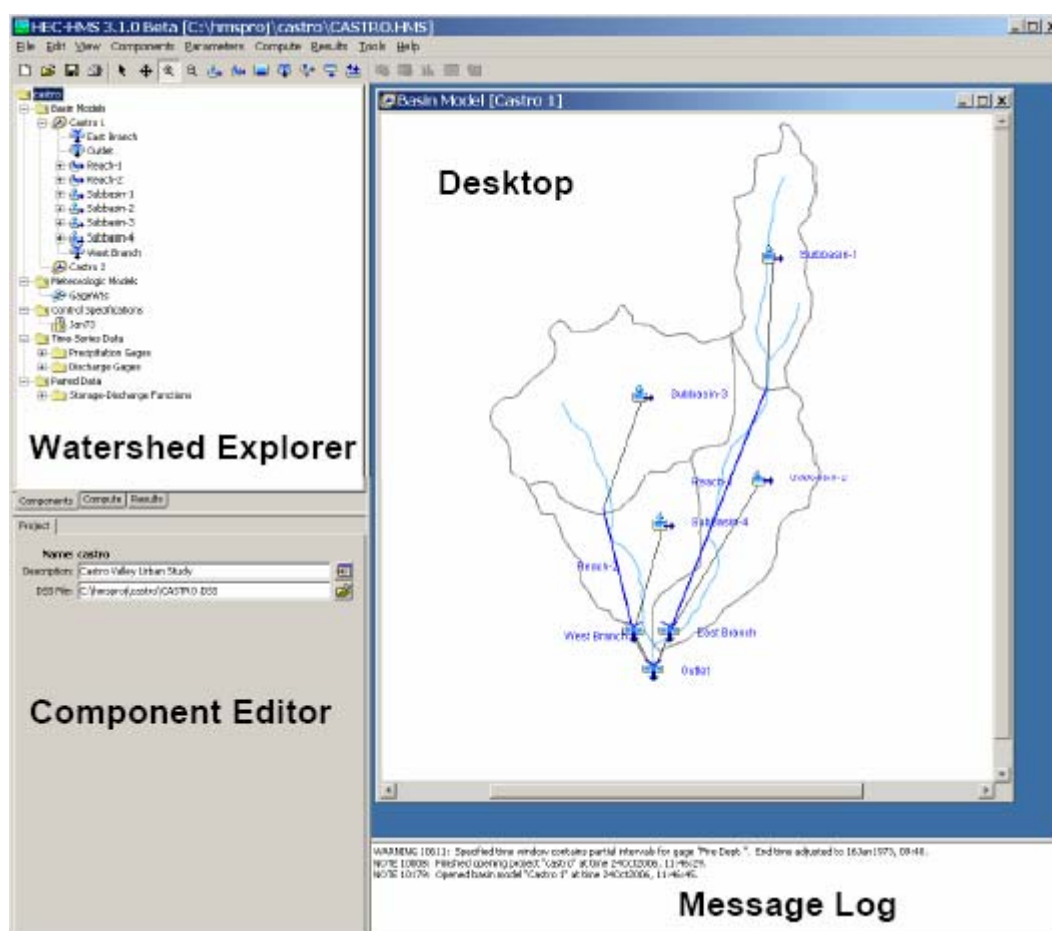


Figura 1: Interfaz del usuario HEC – HMS

## Watershed Explorer

El Watershed Explorer fue desarrollado para entregar un rápido acceso a todos los componentes en un proyecto HEC – HMS. Está dividido en tres partes: Componentes, Computar y Resultados. La Figura 2 presenta cada una de las partes mencionadas.

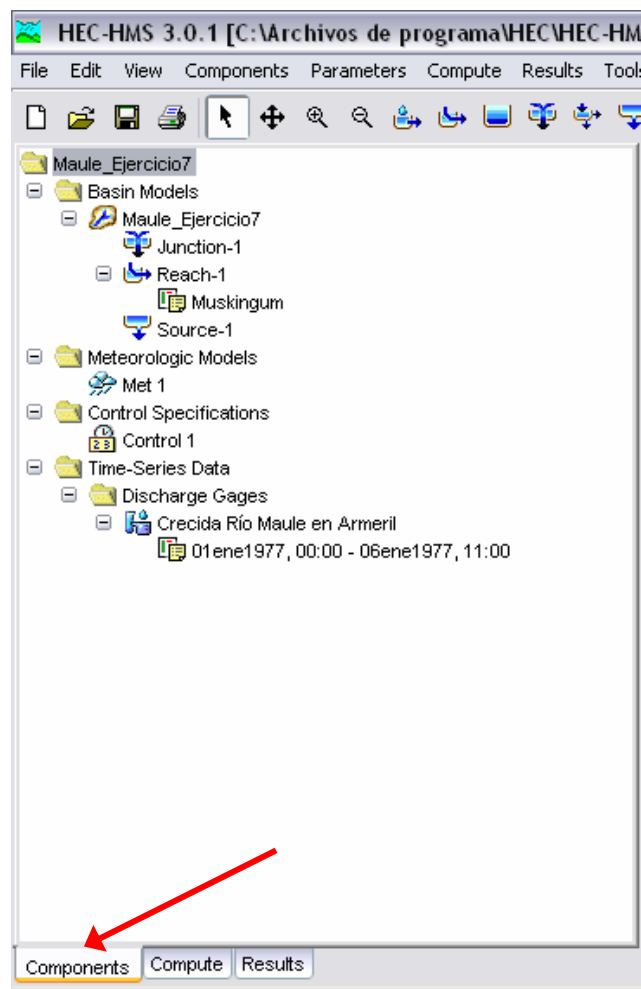


Figura 2: Watershed Explorer

## Component Editor

Cuando un componente o sub-componente en el Watershed Explorer es activado (simplemente use el Mouse y haga click en el nombre del componente en el Watershed Explorer), un específico Component Editor se abrirá. Todos los datos requeridos por el modelo del componente son ingresados en el Component Editor. El Component Editor para un elemento Source se presenta en la Figura 3.

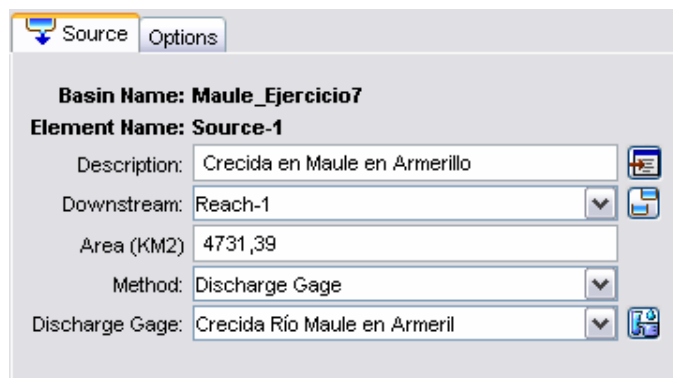


Figura 3: Component Editor para un elemento Source



## Message Log

Notas, advertencias y errores son mostrados en el Message Log (Figura 4). Estos mensajes son usados para identificar porque una rutina de simulación o porque una acción solicitada, como abrir un proyecto, no fue completado.

## Desktop

El Desktop contiene una variedad de ventanas incluyendo tablas resúmenes, tablas de series de tiempo, gráficos, editores globales y el mapa del modelo de la cuenca. El mapa del modelo de la cuenca es usado para desarrollar un modelo de la cuenca. Elementos (subcuencas, ríos, reservorios, etc) son agregados desde la barra de herramientas y conectados para representar físicamente el área de estudio. La Figura 4 presente un modelo simple de una cuenca.

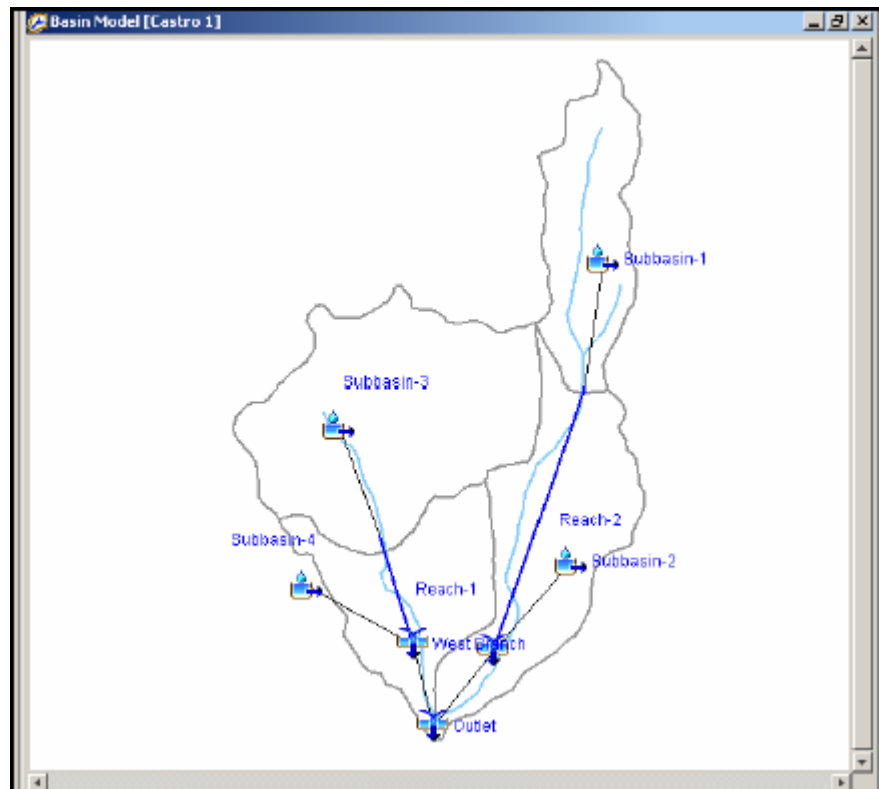


Figura 4: Mapa de un modelo de cuenca abierto en el Desktop

## 2.0 DESARROLLANDO UN PROYECTO HMS

Para el desarrollo de un modelo hidrológico, el usuario debe completar los siguientes pasos:

- Crear un nuevo proyecto
- Ingresar time series, paired y gridded data necesarios para el modelo hidrológico o de la cuenca
- Definir las características físicas de la cuenca
- Seleccionar un método para calcular la precipitación de la subcuenca e ingresar la información requerida. Evapotranspiración y línea de nieve son también ingresadas en este paso si fuesen requeridas
- Definir las especificaciones de control
- Combinar un modelo de cuenca, modelo meteorológico y control de especificaciones para crear una simulación
- Ver los resultados y modificar el modelo de la cuenca, modelo meteorológico o control de especificaciones si fuese necesario

### CREAR UN NUEVO PROYECTO

Crear un nuevo proyecto seleccionando **File**  $\Rightarrow$  **New...** desde la barra del menú. Ingresar un nombre y descripción del proyecto, seleccionar una ubicación para almacenar los archivos a generar y escoger el sistema de unidades con el que se desea trabajar. Las figuras 5 y 6 presentan las acciones descritas anteriormente.

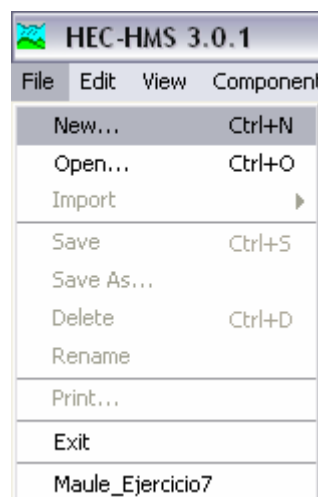


Figura 5: Crear un nuevo proyecto

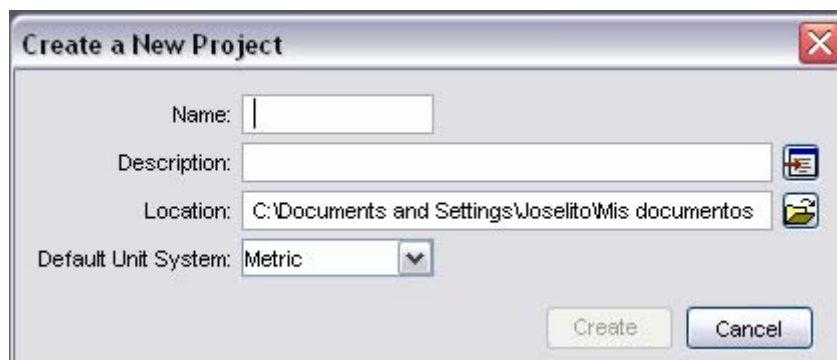


Figura 6: Ingresar nombre y descripción del proyecto, escoger ubicación donde se guardarán los archivos y sistema de unidades con cual se desea trabajar.

## DATOS DE ENTRADA

Time series, paired y gridded data son creados usando component managers. Component managers son accesados desde el menú **Component** seleccionando la opción deseada. La figura 7 presenta lo descrito anteriormente.

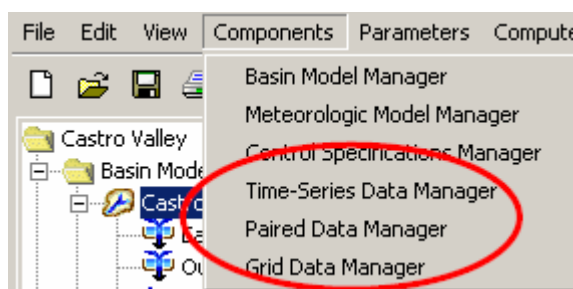


Figura 7: Administrador de datos de entrada

La figura 8 muestra el Paired Data Manager (el tipo de dato seleccionado es Almacenamiento-Descarga). Una vez que el tipo de dato de entrada ha sido creado, la información requerida puede ser ingresada a través del Component Editor que se presenta en la Figura 9.

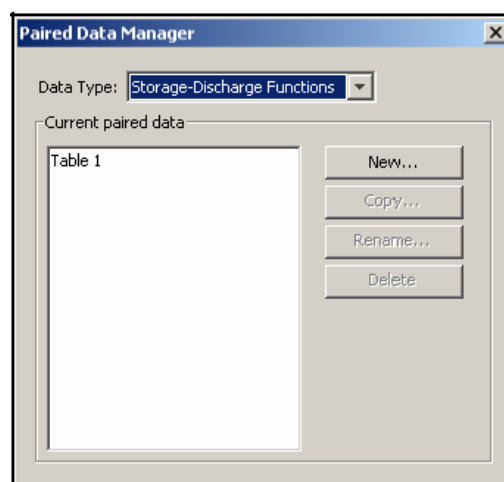


Figura 8: Paired Data Manager

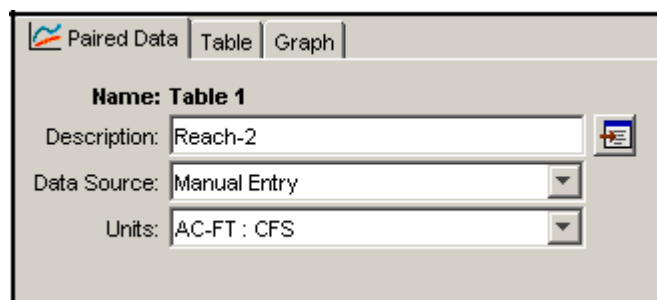


Figura 9: Component Editor para una función de Almacenamiento-Descarga

Una ventana de tiempo (time window) es necesaria antes de poder ingresar o visualizar los datos ingresados. Esta ventana aparece por omisión. En el caso de necesitar una ventana adicional, hacer click con el botón derecho del mouse sobre el nombre de la serie de datos en el Watershed Explorer. La Figura 10 muestra la acción anteriormente descrita.

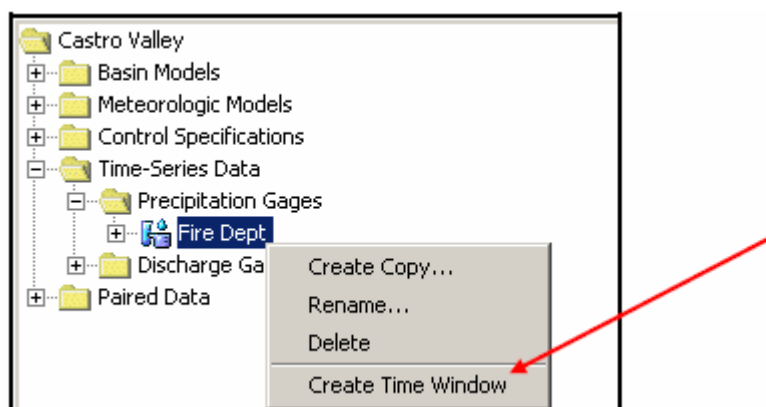


Figura 10: Crear Time Window

## CREAR UN MODELO DE UNA CUENCA

Un modelo de cuenca puede ser adherido al proyecto seleccionando **Components** ⇒ **Basin Model Manager** (Figura 11). Haga click en el botón **New...** de la ventana *Basin Model Manager*. Ingrese un nombre y descripción en la ventana *Create a New Basin Model* y haga click en el botón **Create** (Figura 12). Un modelo existente de la cuenca se puede ser agregado al proyecto HMS seleccionando **File** ⇒ **Import** ⇒ **Basin Model...** desde la opción del menú.

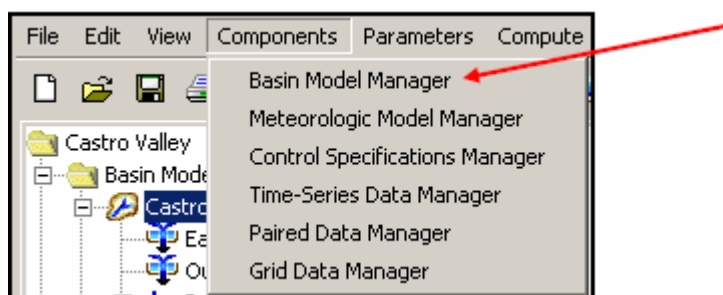


Figura 11: Abrir **Basin Model Manager**

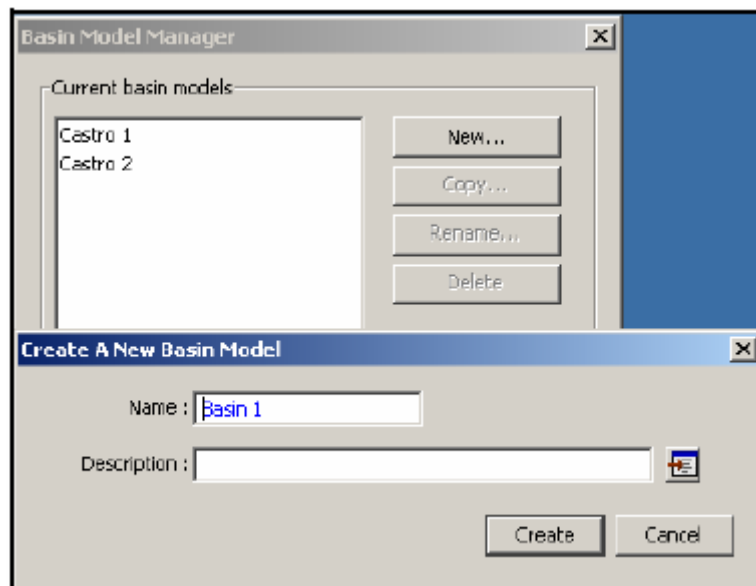


Figura 12: Crear un nuevo modelo de cuenca

Una vez que el modelo de la cuenca ha sido creado, los elementos hidrológicos pueden ser agregados y conectados entre sí en el mapa del modelo de la cuenca con tal de simular las reales características de la cuenca (Figura 13).

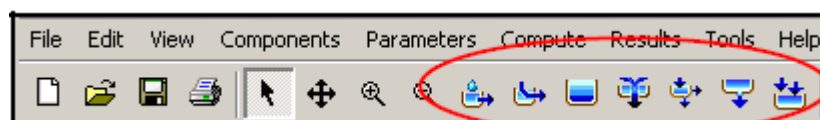


Figura 13: Barra de herramientas

Los datos correspondientes a los elementos hidrológicos y al modelo de la cuenca, son ingresados en el *Component Editor*, el cual se habilita posicionándose sobre el elemento deseado en el Watershed Explorer. La Figura 14 presenta la acción descrita.

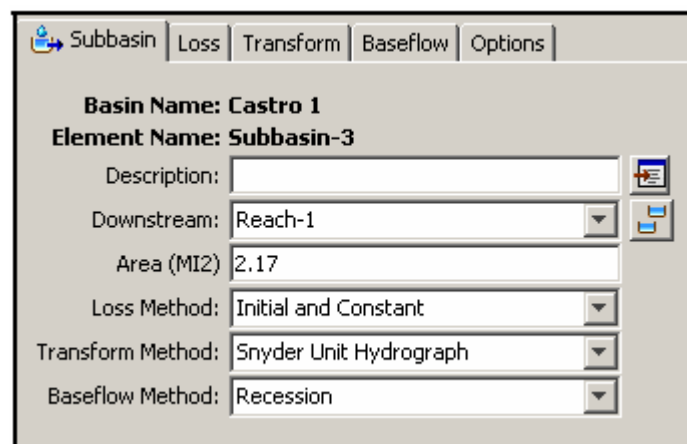
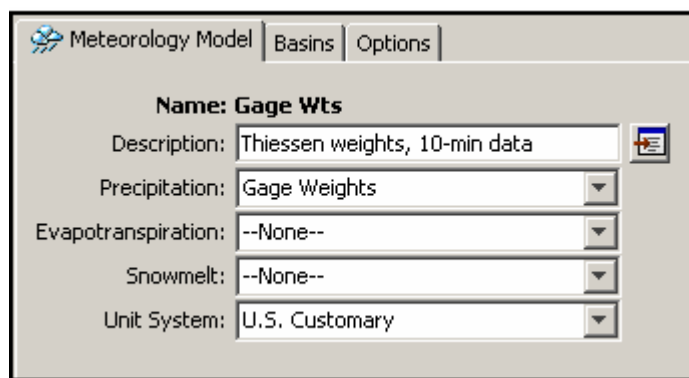


Figura 14: *Component Editor* para un elemento *Subbasin*

## CREAR UN MODELO METEOROLÓGICO

Un modelo meteorológico es añadido al proyecto de igual manera que un modelo de cuenca. Seleccione **Components** ⇒ **Meteorologic Model Manager** desde el menú principal. Para importar un modelo meteorológico existente, seleccione **File** ⇒ **Import** ⇒ **Meteorologic Model...** desde el menú principal.

Un primer paso para desarrollar un modelo meteorológico es definir cual modelo de cuenca necesita información de precipitación desde el modelo meteorológico. Abra el *Component Editor* para el modelo meteorológico seleccionándolo desde el *Watershed Explorer* (Figura 15). Seleccione la lengüeta “*Basins*” y cambie la opción “*Include Subbasins*” a “*Yes*” para todos los modelos de cuenca que requieran precipitación desde el modelo meteorológico (Figura 16). Los parámetros para los métodos de precipitación, evapotranspiración y línea de nieve pueden ser definidos para cada elemento *subbasin* usando el *Component Editor*.



Meteorology Model | Basins | Options

**Name:** Gage Wts

Description: Thiessen weights, 10-min data

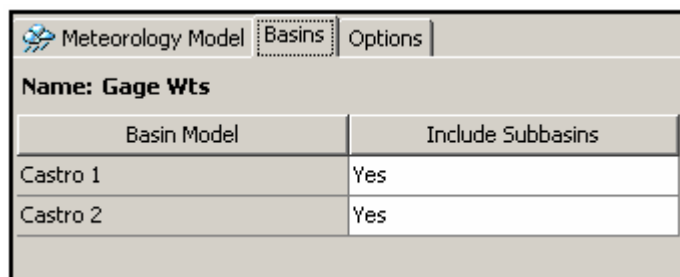
Precipitation: Gage Weights

Evapotranspiration: --None--

Snowmelt: --None--

Unit System: U.S. Customary

Figura 15: *Component Editor* para un modelo meteorológico



Meteorology Model | Basins | Options

**Name:** Gage Wts

Basin Model	Include Subbasins
Castro 1	Yes
Castro 2	Yes

Figura 16: Incluyendo elementos *Subbasin* al modelo meteorológico

## DEFINIR ESPECIFICACIONES DE CONTROL

Una especificación de control se agrega al proyecto seleccionando **Components** ⇒ **Control Specifications Manager** desde el menú principal. El *Component Editor* (Figura 17) para una especificación de control requiere de una fecha y tiempo de inicio, una fecha y tiempo de término y un paso de tiempo. Datos de inicio y término deben ser ingresados usando el formato “ddMMYYYY”, donde “d” representa el día, “M” representa el mes y “Y” representa el año. El tiempo se ingresa usando formato de 24 horas. Tiempos de inicio y término deben ser ingresados usando el formato “HH:mm”, donde “H” representa la hora y “m” representa los minutos. El paso de tiempo es

seleccionado desde una lista de intervalos disponibles que contiene pasos que van desde 1 minuto hasta 24 horas.

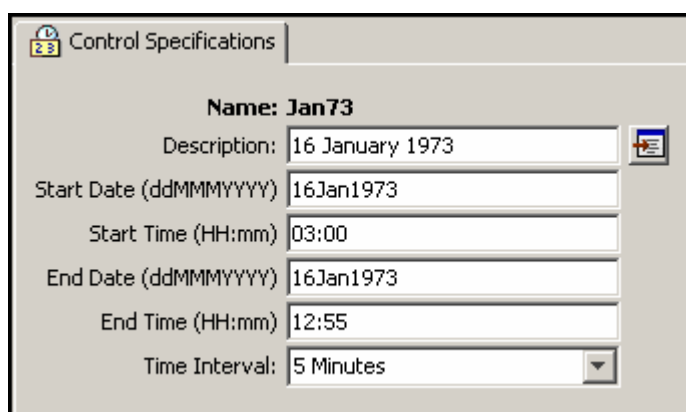


Figura 17: *Control Specifications*

## CREAR Y COMPUTAR UNA RUTINA DE SIMULACIÓN

Una rutina de simulación es creada seleccionando **Compute**  $\Rightarrow$  **Run Manager** desde el menú principal. Haga click en el botón **New...** en la ventana *Simulation Run Manager* y siga las instrucciones que se despliegan en esta ventana. Posteriormente selecciones **Compute**  $\Rightarrow$  **Select Run** y escoga la rutina que desea realizar. Finalmente, seleccione **Compute**  $\Rightarrow$  **Compute Run**. La Figura 18 describe las acciones a realizar.

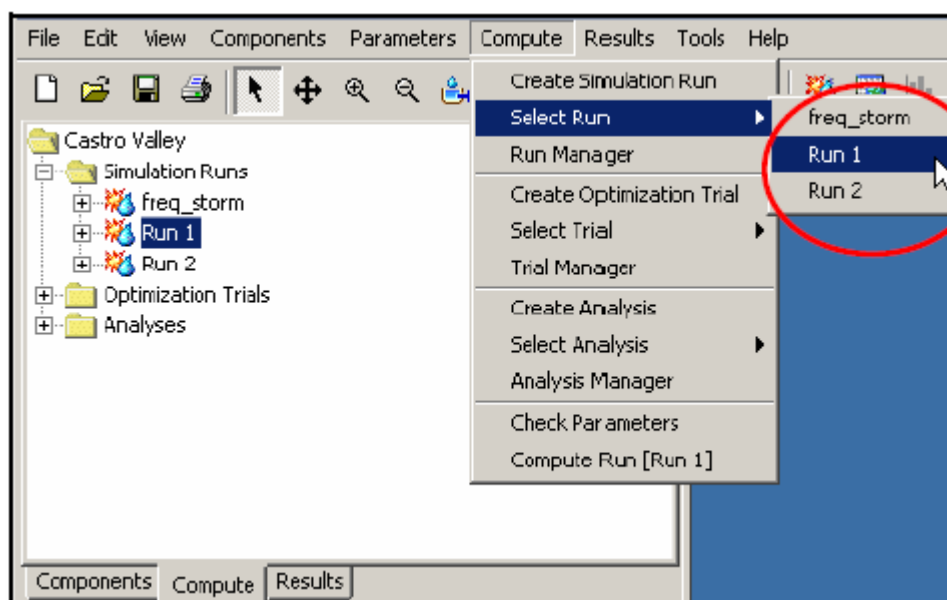


Figura 18: Crear y computar una rutina de simulación

## VISUALIZACIÓN DEL RESULTADO DEL MODELO

Para acceder a los resultados se tiene dos vías, una es directamente desde *Watershed Explorer* seleccionando la lengüeta “Results” o directamente desde el mapa del modelo

de la cuenca ubicado en el *Desktop*. Las Figuras 19 y 20 presentan ambas situaciones mencionadas.

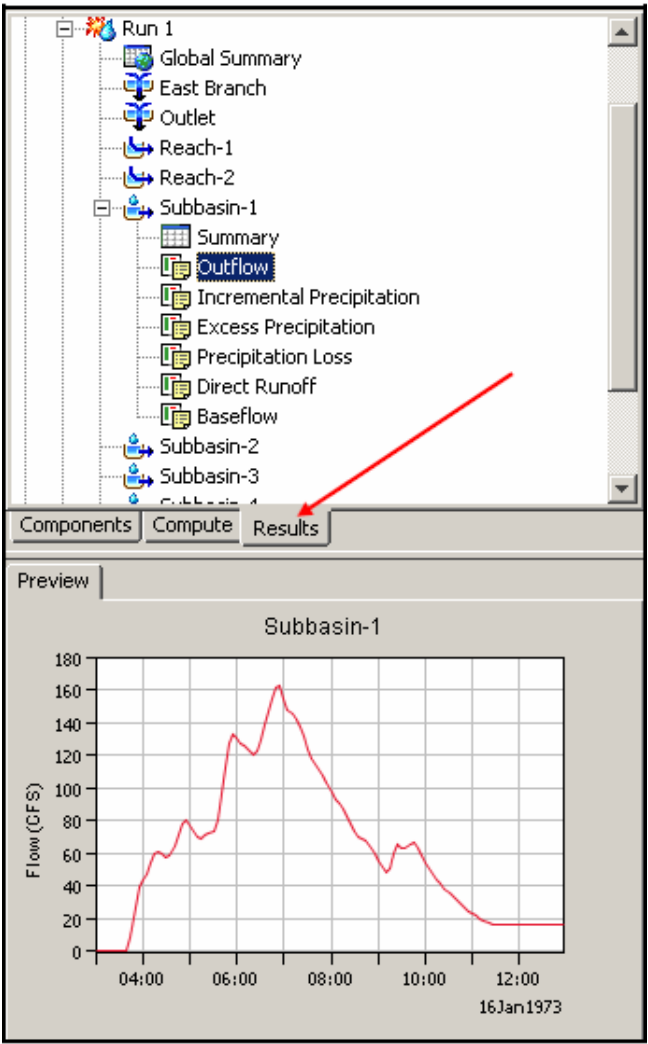


Figura 19: Resultados desde Watershed Explorer

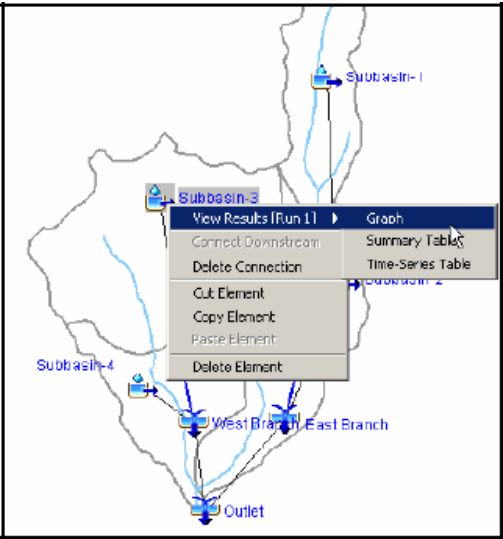


Figura 20: Resultados desde mapa del modelo de la cuenca



### 3.0 APLICACIÓN DEL PROGRAMA A UN PROBLEMA.

El problema a desarrollar haciendo uso del programa HEC – HMS es el que se describe a continuación:

Durante el mes de junio de 1976 se registró una crecida en el río Maule, la cual fue registrada en la estación Maule en Armerillo. Al año siguiente, en julio de 1977, se registro una crecida la cual fue registrada en las estaciones Maule en Armerillo y Maule en Longitudinal (ver gráfico 1)

Utilizando esta información y la incluida en las Tablas N° 1 y 2, se pide calibrar los parámetros del método de Muskingum para la crecida de 1977. Adicionalmente, y utilizando sus resultados, se pide a ud. estimar la crecida del año 1976 en Maule en Longitudinal.

#### Indicaciones:

Al utilizar el método de Muskingum tome en cuenta la existencia de un aporte de la cuenca intermedia. Ponderé el hidrograma por la razón de los volúmenes de escorrentía directa.

Para el aporte de la cuenca intermedia, determine un HU, el cual se deberá sumar en el punto de aguas abajo.

Fecha Tormenta	Día	Pp Armerillo [mm]	Teemperatura Indice [°C]
11/ 06 - 16/ 06 1976	10	0	
	11	28	10,5
	12	83	10,5
	13	20	10
	14	200	10
	15	83	8,2
	16	21	8,8
20/ 07 - 28/ 07 1977	20	138,5	7,6
	21	121	6,9
	22	49	6,3

Tabla N° 1: Precipitación y Temperatura. Armerillo.

Estación	Latitud	Long	Altitud [msnm]
Maule en Armerillo	35° 42'	71° 06'	450
Maule en Longitudinal	35° 34'	71° 43'	90

Tabla N° 2: Antecedentes Estaciones Consideradas.

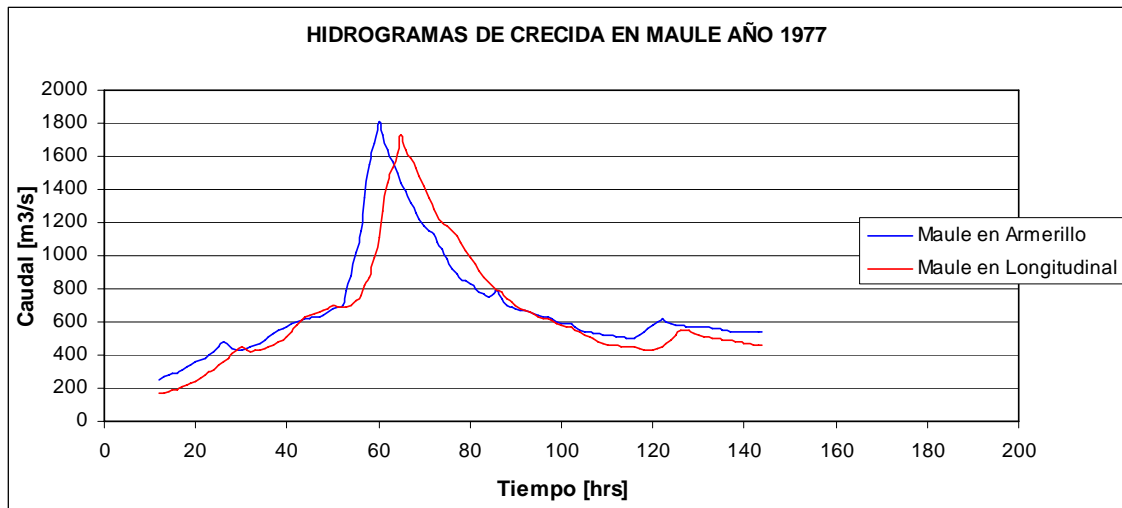


Gráfico 1: Hidrograma de Crecida en Maule Año 1977

## CREAR EL PROYECTO

Inicie el programa HEC – HMS y cree el nuevo proyecto. Seleccione **File** ⇒ **New...** y siga las indicaciones presentadas en la Figura 21.

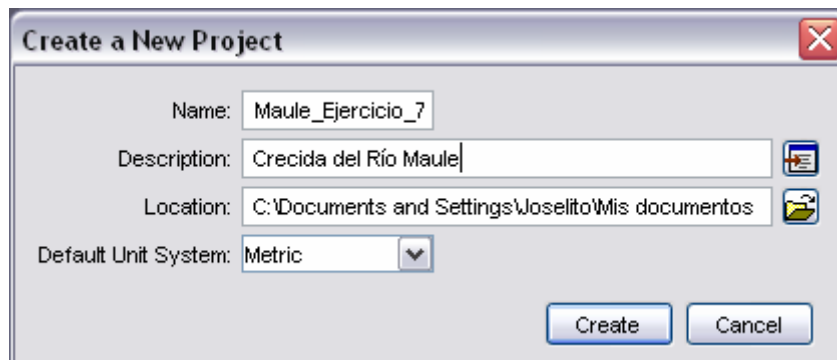


Figura 21: Crear un Proyecto

## DATOS DE ENTRADA

Para el desarrollo de este ejercicio se ingresará sólo la información de la crecida del Río Maule en Armerillo. Seleccione **Components** ⇒ **Paired Data** para después seguir los pasos descritos en el capítulo anterior (seleccione unit hydrograph curves). La Figura 22 muestra la ventana Watershed Explorer después de las acciones mencionadas.

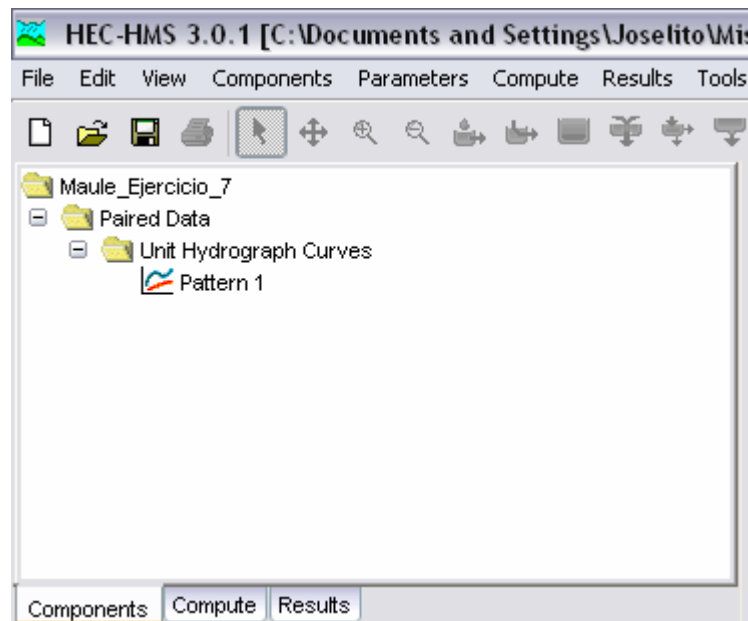


Figura 22: Esquema Watershed Explorer

## CREAR UN MODELO DE UNA CUENCA

Seleccionar **Components**  $\Rightarrow$  **Basin Model Manager** desde el menú principal. Posicionarse en el icono *Basin Models*  $\Rightarrow$  *Basin 1* ubicado en el Watershed Explorer. Seleccionar **View**  $\Rightarrow$  **Background Maps** y hacer click en la lengüeta *add* e ingresar los archivos generados con el programa WMS con extensión \*.shp que delimitan la cuenca en estudio (Figura 23).

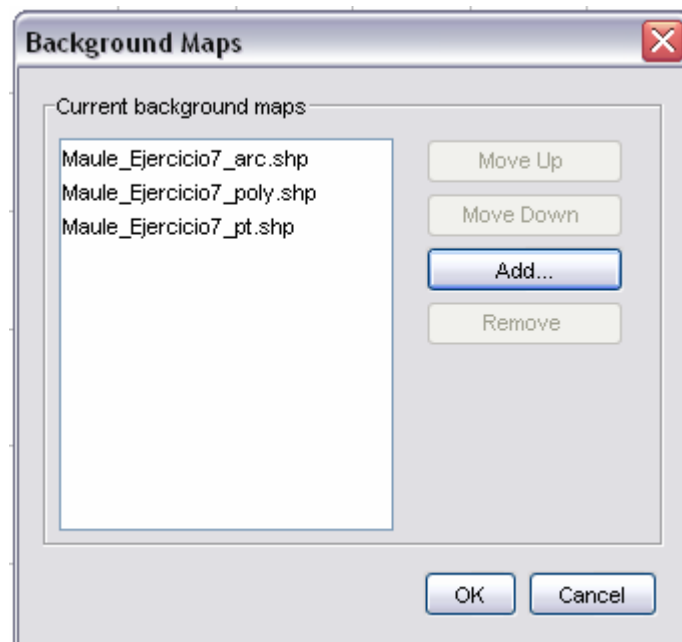


Figura 23: Incorporar archivos con la delimitación de la cuenca

Una vez aceptados los archivos en el Desktop se visualizará de la siguiente manera (Figura 24).

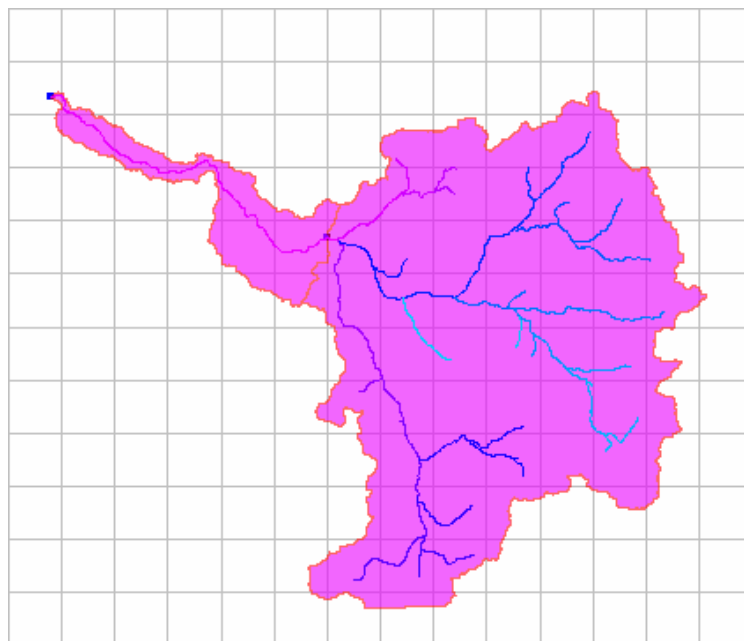


Figura 24: Mapa de la cuenca en el Desktop

Con el modelo de la cuenca creado se debe agregar los elementos que modelen el problema. Para este caso se implementarán un elemento Source, Reach y Junction. Los elementos se conectarán de la siguiente forma: Source aguas arriba de Reach y este aguas arriba de Junction. El esquema en el mapa es el que se presenta en la Figura 25.

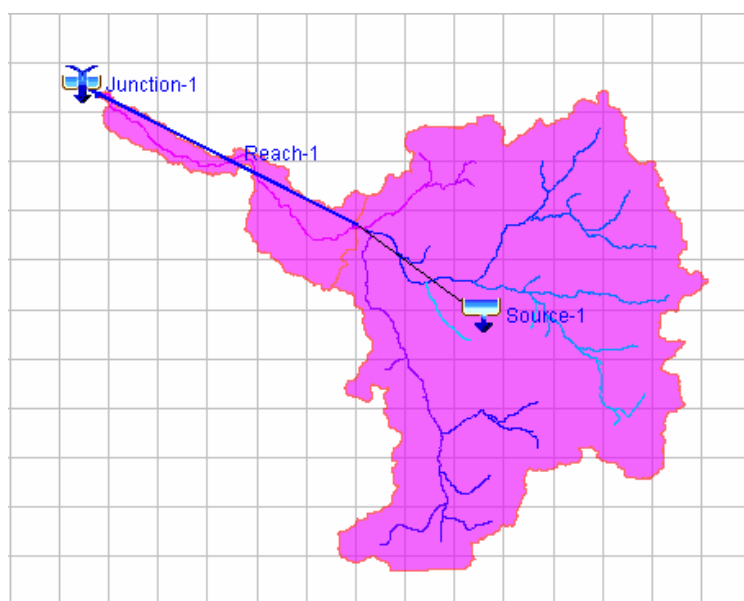


Figura 25: Mapa con elementos incluidos

## **CREAR UN MODELO METEOROLÓGICO**

Si bien se posee información de precipitaciones, para el desarrollo del problema se empleará una metodología distinta en la cual dicha información no es necesaria de ser ingresada. Sin embargo, para que se pueda crear una rutina de simulación es necesario adherir un modelo meteorológico aunque todas las opciones se deban poner “none”.

## ***DEFINIR ESPECIFICACIONES DE CONTROL***

Es necesario definir las especificaciones de control necesarias para la posterior ejecución de una rutina de simulación. En este caso se escogerá un paso de 1 hora para lo cual se deberán interpolar valores en la crecida registrada.

## ***CREAR Y COMPUTAR UNA RUTINA DE SIMULACIÓN***

Para poder generar una rutina de simulación es necesario seguir cada uno de los pasos descritos en el capítulo anterior.

## ***VISUALIZACIÓN DEL RESULTADO DEL MODELO***

Se realiza cada uno de los pasos explicados en el capítulo anterior y se determina si es necesario realizar algún cambio en el modelo implicando esto la realización o no de una nueva rutina de simulación.