

SWMM

MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES

5.0 vE

MANUAL DEL USUARIO

TRADUCIDO POR



GRUPO MULTIDISCIPLINAR
DE MODELACIÓN DE FLUIDOS

DISCLAIMER¹

The information in this document has been funded wholly or in part by the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). It has been subjected to the Agency's peer and administrative review, and has been approved for publication as an EPA document. Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement or recommendation for use.

Although a reasonable effort has been made to assure that the results obtained are correct, the computer programs described in this manual are experimental. Therefore the author and the U.S. Environmental Protection Agency are not responsible and assume no liability whatsoever for any results or any use made of the results obtained from these programs, nor for any damages or litigation that result from the use of these programs for any purpose.

DELIMITACIÓN DE RESPONSABILIDADES

La información contenida en este documento ha sido financiada totalmente o en parte por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Ha sido sometida a la inspección de la agencia y a la revisión administrativa, habiendo sido aprobada para su publicación como documento de la EPA. Las menciones realizadas a marcas o productores comerciales no constituyen un reconocimiento o recomendación para su uso.

Aunque se ha realizado un esfuerzo considerable para garantizar que los resultados obtenidos sean correctos, los programas de ordenador descritos en este manual son aún experimentales. Por consiguiente, ni el autor ni la U.S. Environmental Protection Agency se hacen responsables ni asumen ninguna relación con cualquiera de los resultados obtenidos con el programa, ni del uso que se haga de los mismos, ni tampoco de los daños o litigios que resultaran de la utilización de estos programas para cualquier fin.

¹ NdT: Se ha considerado adecuado mantener la versión íntegra original de los prólogos de la versión inglesa del manual, junto con una traducción de la misma.

FOREWORD

The U.S. Environmental Protection Agency is charged by Congress with protecting the Nation's land, air, and water resources. Under a mandate of national environmental laws, the Agency strives to formulate and implement actions leading to a compatible balance between human activities and the ability of natural systems to support and nurture life. To meet this mandate, EPA's research program is providing data and technical support for solving environmental problems today and building a science knowledge base necessary to manage our ecological resources wisely, understand how pollutants affect our health, and prevent or reduce environmental risks in the future.

The National Risk Management Research Laboratory is the Agency's center for investigation of technological and management approaches for reducing risks from threats to human health and the environment. The focus of the Laboratory's research program is on methods for the prevention and control of pollution to the air, land, water, and subsurface resources; protection of water quality in public water systems; remediation of contaminated sites and ground water; and prevention and control of indoor air pollution. The goal of this research effort is to catalyze development and implementation of innovative, cost-effective environmental technologies; develop scientific and engineering information needed by EPA to support regulatory and policy decisions; and provide technical support and information transfer to ensure effective implementation of environmental regulations and strategies.

Water quality impairment due to runoff from urban and developing areas continues to be a major threat to the ecological health of our nation's waterways. The EPA Stormwater Management Model is a computer program that can assess the impacts of such runoff and evaluate the effectiveness of mitigation strategies. The modernized and updated version of the model described in this document will make it a more accessible and valuable tool for researchers and practitioners engaged in water resources and water quality planning and management.

Sally C. Gutierrez, Acting Director
National Risk Management Research Laboratory

PRÓLOGO ORIGINAL DE LOS AUTORES DE LA VERSIÓN EN LENGUA INGLESA.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente es la encargada por el congreso de la protección de la tierra, aire y recursos de agua de la Nación. Bajo el mandato de las leyes medioambientales nacionales, la Agencia intenta establecer e implementar acciones lideradas por una compatibilidad permanente entre las actividades realizadas por el ser humano y la capacidad de los recursos naturales para soportar y nutrir la vida. Para cumplir con este mandato el programa de investigación de la EPA está aportando datos y soporte tecnológico para resolver los problemas medioambientales de hoy en día y construir la base de conocimiento científico necesaria para gestionar nuestros recursos naturales con prudencia, comprender como los contaminantes afectan a nuestra salud, y prevenir o reducir los riesgos medioambientales en el futuro.

El laboratorio de Investigación Nacional de Dirección del Riesgo es el encargado de la investigación de las aproximaciones tecnológicas y de la gerencia cuyo objetivo es reducir los riesgos de las amenazas a la salud humana y al medio ambiente. El objetivo del programa de investigación del laboratorio es obtener métodos para la prevención y el control de la contaminación en el aire, en la tierra, en el agua, y en los recursos subacuáticos; proteger la calidad del agua en sistemas públicos de agua, remediar los lugares contaminados así como el agua subterránea; y evitar y controlar la contaminación atmosférica en recintos interiores. El propósito de este esfuerzo es promover el desarrollo y la puesta en marcha de tecnologías ambientales innovadoras, rentables; desarrollar la información científica y de ingeniería necesaria por la EPA para apoyar decisiones políticas y de control y suministrar la ayuda técnica y la transmisión de información para asegurar la puesta en marcha eficaz de regulaciones y de estrategias ambientales.

El deterioro de la calidad del agua debido a la escorrentía en áreas urbanas y en desarrollo continua siendo una de las mayores amenazas para la salud de la ecología de los cursos acuáticos de nuestra nación. El programa Stormwater Management Model de la EPA es un programa de ordenador que puede calcular el impacto de esta escorrentía y evaluarla eficacia de las estrategias de atenuación. La versión modernizada y actualizada del programa descrita en este manual hará del mismo una herramienta más accesible y valorada para investigadores y profesionales encargados de la planificación y gestión de los recursos hídricos y la calidad de sus aguas.

Sally C. Gutierrez, Acting Director
National Risk Management Research Laboratory

ACKNOWLEDGEMENTS

The development of SWMM 5 was pursued under a Cooperative Research and Development Agreement between the Water Supply and Water Resources Division of the U.S. Environmental Protection Agency and the consulting engineering firm of Camp Dresser & McKee Inc.. The project team consisted of the following individuals:

US EPA

Lewis Rossman

Trent Schade

Daniel Sullivan (retired)

CDM

Robert Dickinson

Carl Chan

Edward Burgess

The team would like to acknowledge the assistance provided by Wayne Huber (Oregon State University), Dennis Lai (US EPA), and Michael Gregory (CDM). We also want to acknowledge the contributions made by the following individuals to previous versions of SWMM that we drew heavily upon in this new version: John Aldrich, Douglas Ammon, Carl W. Chen, Brett Cunningham, Robert Dickinson, James Heaney, Wayne Huber, Miguel Medina, Russell Mein, Charles Moore, Stephan Nix, Alan Peltz, Don Polmann, Larry Roesner, Charles Rowney, and Robert Shubinsky. Finally, we wish to thank Wayne Huber, Thomas Barnwell (US EPA), Richard Field (US EPA), Harry Torno (US EPA retired) and William James (University of Guelph) for their continuing efforts to support and maintain the program over the past several decades.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de SWMM 5 fue conseguido bajo un Acuerdo de Cooperación para la Investigación y el Desarrollo entre la División de Abastecimiento de Agua y Recursos Hídricos de la EPA (Water Supply and Water Resources Division) y la empresa consultora de ingeniería Camp Dresser & McKee Inc. El equipo de trabajo constó de los siguientes miembros:

US EPA

Lewis Rossman

Trent Schade

Daniel Sullivan (retirado)

CDM

Robert Dickinson

Carl Chan

Edward Burgess

El equipo desearía agradecer la ayuda proporcionada por Wayne Huber (Universidad del Estado de Oregón), Dennis Lai (US EPA) y Michael Gregory (CDM). Queremos agradecer además las contribuciones realizadas por las siguientes personas sobre la versión anterior de SWMM realizadas, las cuales han sido incluidas y mejoradas en esta nueva versión: John Aldrich, Douglas Ammon, Carl W. Chen, Brett Cunningham, Robert Dickinson, James Heaney, Wayne Huber, Miguel Medina, Russell Mein, Charles Moore, Stephan Nix, Alan Peltz, Don Polmann, Larry Roesner, Charles Rowney, and Robert Shubinsky. Por último, queremos dar las gracias a Wayne Huber, Thomas Barnwell (US EPA), Richard Field (US EPA), Harry Torno (US EPA retirado) y William James (Universidad de Guelph, Canadá) por sus continuos esfuerzos para apoyar y mantener el programa a lo largo de las últimas décadas.



INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN A EPA SWMM.....	1
1.1	¿QUÉ ES EL STORM WATER MANAGEMENT MODEL?	1
1.2	CARÁCTERÍSTICAS DEL MODELO HIDROLÓGICO.....	1
1.3	APLICACIONES TÍPICAS DE SWMM	3
1.4	INSTALACIÓN DE EPA SWMM.....	3
1.5	PASOS EN LA UTILIZACIÓN DE SWMM.....	4
1.6	SOBRE ESTE MANUAL.....	4
2	TUTORIAL.....	7
2.1	EJEMPLO DE ESTUDIO DE UN ÁREA.....	7
2.2	CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO.....	8
2.3	DIBUJO DE LOS OBJETOS.....	11
2.4	INTRODUCCIÓN DE LAS PROPIEDADES LOS OBJETOS.....	13
2.5	REALIZACIÓN DE UNA SIMULACIÓN	18
2.5.1	Introducción de las Opciones de Simulación.....	18
2.5.2	Realizando la Simulación.....	19
2.5.3	Revisión del Informe de Estado.....	20
2.5.4	Presentación de Resultados sobre el Mapa.....	22
2.5.5	Gráficos de Series Temporales.....	23
2.5.6	Gráficos de Perfiles Longitudinales.....	25
2.5.7	Realización de un Análisis mediante la Onda Dinámica Completa	26
2.6	SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	27
2.7	REALIZACIÓN DE UNA SIMULACIÓN CONTINUA.....	32
3	MODELO CONCEPTUAL UTILIZADO POR SWMM.....	36
3.1	INTRODUCCIÓN.....	36
3.2	COMPONENTES FÍSICOS (VISUAL OBJECTS).....	36
3.2.1	Pluviómetros (Rain Gages).....	37
3.2.2	Cuencas (Subcatchments).....	37
3.2.3	Nudos de Conexión.....	38
3.2.4	Nudos de Vertido (Outfall Nodes).....	39
3.2.5	Divisores de flujo.....	39
3.2.6	Sistemas de almacenamiento.....	40
3.2.7	Conductos.....	41
3.2.8	Bombas.....	42
3.2.9	Reguladores de Caudal (Flow Regulators).....	43
3.2.10	Rótulos del Mapa (Mapa Labels).....	46
3.3	OBJETOS VIRTUALES (SIN REPRESENTACIÓN GRÁFICA)	46
3.3.1	Climatología.....	46
3.3.2	Objetos de Modelación de Nieve (Snow Packs).....	48
3.3.3	Acuíferos.....	49
3.3.4	Hidrogramas Unitarios.....	49
3.3.5	Secciones Transversales.....	50
3.3.6	Aportes externos de caudal (External Inflows).....	51
3.3.7	Reglas de Control (Control Rules).....	52
3.3.8	Agentes contaminantes (Pollutants).....	53

3.3.9	Usos del Suelo (Land Uses)	53
3.3.10	Tratamiento (Treatment)	55
3.3.11	Curvas (Curves)	56
3.3.12	Series temporales de datos (Serie Temporal).....	57
3.3.13	Patrones de tiempo.....	57
3.4	MÉTODOS COMPUTACIONALES.....	58
3.4.1	Escorrentía superficial.....	58
3.4.2	Aguas subterráneas (Groundwater).....	60
3.4.3	Snowmelt.....	61
3.4.4	Modelo hidráulico de transporte (Flow Routing).....	62
3.4.5	Acumulación de agua en superficie (Surface Ponding).....	63
3.4.6	Modelo de calidad del agua (Water Quality Routing).....	64
4	VENTANA PRINCIPAL DE SWMM	66
4.1	VISTA GENERAL	66
4.2	EL MENÚ PRINCIPAL	67
4.2.1	Menú archivo.....	67
4.2.2	Menú edición.....	67
4.2.3	Menú ver.....	68
4.2.4	Menú proyectos	68
4.2.5	Menú informe.....	68
4.2.6	Menú ventana.....	69
4.2.7	Menú Ayuda.....	69
4.3	LAS BARRAS DE HERRAMIENTAS	69
4.3.1	Barra de herramientas estándar.....	70
4.3.2	Barra de Herramientas Mapa	70
4.3.3	Barra de Herramientas Objeto.....	70
4.3.4	Barra de Animación.....	71
4.4	LA BARRA DE ESTADO	71
4.5	EL MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	72
4.6	EL VISOR DE DATOS	73
4.7	EL VISOR DEL MAPA.....	73
4.8	EL EDITOR DE PROPIEDADES	74
4.9	FIJAR LAS PREFERENCIAS DEL PROGRAMA.....	75
4.9.1	Preferencias generales.....	76
4.9.2	Formato de números	77
5	TRABAJANDO CON PROYECTOS.....	78
5.1	CREAR UN NUEVO PROYECTO.....	78
5.2	ABRIR UN PROYECTO EXISTENTE	78
5.3	GUARDAR UN PROYECTO	78
5.4	CONFIGURAR VALORES POR DEFECTO DEL PROYECTO.	79
5.4.1	Identificativos por defecto.....	80
5.4.2	Propiedades por defecto de las cuencas.....	80
5.4.3	Propiedades por defecto de nudos y líneas	80
5.5	DATOS DE CALIBRACIÓN	81
5.5.1	Archivos de calibración	81
5.5.2	Registrando datos de calibración.....	81
5.6	VER TODOS LOS DATOS DEL PROYECTO.....	82

6	TRABAJANDO CON OBJETOS.....	84
6.1	TIPOS DE OBJETOS.....	84
6.2	AÑADIR UN OBJETO.....	84
6.2.1	Añadir un pluviómetro.....	84
6.2.2	Añadir un área de cuenca.....	85
6.2.3	Añadir un nudo.....	85
6.2.4	Añadir una línea.....	86
6.2.5	Añadir un rótulo al Mapa.....	86
6.2.6	Añadir un objeto no visible.....	86
6.3	SELECCIONAR Y MOVER OBJETOS.....	86
6.4	EDITAR OBJETOS.....	87
6.5	CONVERTIR OBJETOS.....	88
6.6	COPIAR Y PEGAR OBJETOS.....	88
6.7	DAR FORMA E INVERTIR A UNA LÍNEA.....	89
6.8	DAR FORMA A UNA CUENCA.....	89
6.9	BORRAR UN OBJETO.....	89
6.10	EDITAR O BORRAR UN GRUPO DE OBJETOS.....	90
7	TRABAJANDO CON EL MAPA.....	92
7.1	SELECCIONAR UN TEMA PARA EL MAPA.....	92
7.2	CONFIGURAR LAS DIMENSIONES DEL MAPA.....	92
7.3	UTILIZAR UN MAPA DE FONDO.....	93
7.4	ZOOM DEL MAPA.....	96
7.5	MOVER O ENCUADRAR EL MAPA.....	96
7.6	VER MAPA COMPLETO.....	97
7.7	BUSCAR UN OBJETO.....	97
7.8	REALIZAR UNA CONSULTA SOBRE EL MAPA.....	97
7.9	UTILIZAR LAS LEYENDAS DEL MAPA.....	98
7.10	UTILIZANDO EL MAPA DE VISTA COMPLETA.....	100
7.11	CONFIGURAR LA PRESENTACIÓN DEL MAPA.....	100
7.11.1	Áreas de cuenca.....	100
7.11.2	Opciones de nodos.....	101
7.11.3	Opciones de enlaces.....	101
7.11.4	Opciones de rótulos.....	101
7.11.5	Opciones de etiquetas.....	101
7.11.6	Opciones de símbolos.....	102
7.11.7	Opciones flechas de flujo.....	102
7.11.8	Opciones de fondo.....	102
7.12	EXPORTAR EL MAPA.....	102
8	PUESTA EN MARCHA DE UNA SIMULACIÓN.....	104
8.1	CONFIGURAR OPCIONES DE SIMULACIÓN.....	104
8.1.1	Opciones generales.....	105
8.1.2	Opciones de fecha.....	106
8.1.3	Opciones de Paso de tiempo.....	106
8.1.4	Opciones de onda dinámica.....	106
8.1.5	Opciones de Ficheros de Intercambio.....	107

8.2	COMENZAR UNA SIMULACIÓN	108
8.3	PROBLEMAS EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS	109
9	VISIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	112
9.1	VER UN INFORME DE ESTADO	112
9.2	VER RESULTADOS EN EL MAPA	112
9.3	VER RESULTADOS CON UN GRÁFICO.....	112
9.3.1	Diagrama de la serie de tiempo	114
9.3.2	Diagrama del perfil.....	115
9.3.3	Diagrama de dispersión	117
9.4	PERSONALIZAR LA APARIENCIA DE UN GRÁFICO.....	117
9.4.1	Opciones de gráfico.....	118
9.4.2	Opciones generales.....	118
9.4.3	Opciones de ejes	119
9.4.4	Opciones de leyenda.....	119
9.4.5	Opciones de series.....	119
9.4.6	Opciones para el perfil del terreno.....	120
9.5	VER RESULTADOS CON UNA TABLA	121
9.6	VER UN INFORME DE ESTADÍSTICAS.....	122
10	IMPRIMIR Y COPIAR.....	126
10.1	SELECCIONAR UNA IMPRESORA.....	126
10.2	CONFIGURAR EL FORMATO DE PÁGINA.....	126
10.3	VISTA PRELIMINAR DE LA PÁGINA.....	127
10.4	IMPRIMIR LA VENTANA ACTUAL.....	127
10.5	COPIAR LA VISTA ACTUAL	128
11	ARCHIVOS UTILIZADOS POR SWMM	130
11.1	ARCHIVOS DE PROYECTO	130
11.2	ARCHIVO DE INFORME Y DE RESULTADOS	130
11.3	ARCHIVOS DE LLUVIA.....	131
11.4	ARCHIVOS DE CLIMA.....	132
11.5	ARCHIVOS DE CALIBRACIÓN	132
11.6	ARCHIVOS DE SERIES TEMPORALES.....	133
11.7	ARCHIVOS DE INTERCAMBIO.....	134
11.7.1	Archivos de intercambio de escorrentía y de precipitaciones	134
11.7.2	Archivo de inicio (Hot-Start).....	134
11.7.3	Archivo de intercambio para infiltraciones en la red dependientes de la precipitación (RDII)	134
11.7.4	Archivo hidráulicos de intercambio.....	135

INDICE DE CONTENIDOS - APÉNDICES

APÉNDICE A TABLAS ÚTILES	137
A.1 Unidades de Medida.....	137
A.2 Características del Suelo.....	138
A.3 Definiciones de Tipo de Suelos según el NRCS.....	138
A.4 Número de Curva para escorrentía (CN) según el SCS.....	139
A.5 Valores Típicos de Almacenamiento en Depresión	140
A.6 Coeficiente n de Manning para Escorrentía Superficial	140
A.7 Valores del Coeficiente n de Manning para Flujo en Conductos Cerrados	141
A.8 Valores del Coeficiente n de Manning para Flujo en Canales Abiertos.....	141
A.9 Características de la Calidad del Agua de Escorrentía Urbana	142
APÉNDICE B PROPIEDADES DE LOS OBJETOS DE LA RED.....	143
B.1 Propiedades de los Pluviómetros	143
B.2 Propiedades de las Subcuencas.....	144
B.3 Propiedades de las Uniones	145
B.4 Propiedades de los Puntos de Vertido (Descargas).....	146
B.5 Propiedades de los Divisores de Flujo	147
B.6 Propiedades de los Depósitos.....	148
B.7 Propiedades de las Conducciones	149
B.8 Propiedades de las Bombas.....	150
B.9 Propiedades de los Orificios	150
B.10 Propiedades de los Vertederos	151
B.11 Propiedades de las Derivaciones	152
B.12 Propiedades de los Rótulos del Mapa.....	152
APÉNDICE C EDITORES DE PROPIEDADES ESPECÍFICOS.....	153
C.1 Editor de Acuíferos	153
C.2 Editor de Climatología.....	153
C.2.1 Datos de Temperatura	154
C.2.2 Datos de Evaporación.....	154
C.2.3 Datos de Velocidad del Viento	155
C.2.4 Datos de Deshielo de Nieve Acumulada.....	155
C.2.5 Datos de Reducción Superficial de la Capa de Nieve.....	156
C.3 Editor de Reglas de Control.....	157
C.3.1 Formato de una Regla de Control.....	157
C.3.2 Cláusulas de Condición.....	158
C.3.3 Cláusulas de Acción.....	159
C.4 Editor de Geometría	159
C.5 Editor de Curvas.....	160
C.6 Editor de Flujo Subterráneo	160
C.7 Editor de Infiltración	161

C.7.1	Parámetros de infiltración de Horton	162
C.7.2	Parámetros de infiltración de Green-Ampt.....	162
C.7.3	Parámetros de infiltración de del Número de Curva	163
C.8	Editor de Aportes a un Nudo.....	163
C.8.1	Aportes Directos.....	163
C.8.2	Aportes en Tiempo Seco.....	164
C.8.3	Aportes Irregulares Dependientes de la Precipitación (RDII).....	165
C.9	Editor de Acumulación Inicial.....	166
C.10	Editor de Usos del Suelo	166
C.10.1	Datos Generales.....	166
C.10.2	Datos de Acumulación.....	167
C.10.3	Datos de Arrastre.....	168
C.11	Editor de Asignación de Usos del Suelo	168
C.12	Editor de Contaminantes	169
C.13	Editor de Capa de Nieve	170
C.13.1	Parámetros de la Capa de Nieve	170
C.13.2	Parámetros de Retirada de Nieve.....	171
C.14	Editor de Patrones Temporales.....	172
C.15	Editor de Series Temporales	173
C.16	Editor de Título y Notas	174
C.17	Editor de Secciones Transversales	174
C.18	Editor de Tratamientos.....	176
C.19	Editor de Hidrogramas Unitarios.....	176
APÉNDICE D Formato del Archivo de datos de SWMM 5.....		178

1 INTRODUCCIÓN A EPA SWMM

1.1 ¿Qué es el Storm Water Management Model?

El *Stormwater Management Model* (modelo de gestión de aguas pluviales) de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El *módulo de escorrentía o hidrológico* de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía. El *módulo de transporte o hidráulico* de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Asimismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad del agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

SWMM se desarrolló por primera vez en 1971¹, habiendo experimentando desde entonces diversas mejoras². La edición actual, que corresponde a la 5ª versión del programa, es un código reescrito completamente a partir de ediciones anteriores. Funcionando bajo Windows, EPA SWMM 5 proporciona un entorno integrado que permite introducir datos de entrada para el área de drenaje, simular el comportamiento hidráulico, estimar la calidad del agua y ver todos estos resultados en una gran variedad de formatos. Entre estos, se pueden incluir mapas de contorno o *isolíneas* para el área de drenaje, gráficos y tablas de evolución a lo largo del tiempo, diagramas de perfil y análisis estadísticos de frecuencia.

La última revisión de SWMM ha sido realizada por la National Risk Management Research Laboratory de Estados Unidos, perteneciente a la agencia para la protección del medio ambiente, contándose con la colaboración de la consultoría CDM, Inc.³

1.2 Características del modelo hidrológico

SWMM considera distintos procesos hidrológicos que se producen en la salida de las aguas urbanas. Entre éstos se encuentran:

- ▶ Precipitaciones variables en el tiempo
- ▶ Evaporación de las aguas superficiales estancadas
- ▶ Acumulación y deshielo de nieve
- ▶ Intercepción de precipitaciones por almacenamiento en depresiones
- ▶ Infiltración de las precipitaciones en capas del suelo no saturadas
- ▶ Entrada del agua de la infiltración en acuíferos

¹ Metcalf & Eddy, Inc., University of Florida, Water Resources Engineers, Inc. “*Storm Water Management Model, Volume I – Final Report*”, 11024DOC07/71, Water Quality Office, Environmental Protection Agency, Washington, DC, Julio 1971.

² Huber, W.C. & Dickinson, R.E., “*Storm Water Management Model, Version 4: User’s Manual*”, EPA/600/3-88/001a, Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA, Octubre 1992.

³ Camp & Dresser McKee, Inc.

- ▶ Intercambio de flujo entre los acuíferos y el sistema de transporte
- ▶ Modelo de depósitos no lineales para el flujo superficial

La variabilidad espacial en todos estos procesos se alcanza dividiendo una determinada área de estudio en áreas de captación de agua más pequeñas y homogéneas (*N.d.T. denominadas cuencas*). Cada una de éstas contiene su propia fracción de subáreas permeables e impermeables. El flujo superficial puede producirse entre las distintas subáreas, entre las distintas cuencas o entre los puntos de entrada al sistema de drenaje.

Junto a esto, SWMM contiene un conjunto flexible de herramientas de modelación de características hidráulicas utilizado para analizar el flujo debido a la escorrentía superficial y los aportes externos de caudal a través de una red de tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, y demás estructuras. Estas herramientas incluyen la capacidad de:

- ▶ Manejar redes de tamaño ilimitado
- ▶ Utilizar una amplia variedad de geometrías para las conducciones, tanto abiertas como cerradas, así como los canales naturales
- ▶ Modelar elementos especiales como unidades de almacenamiento y tratamiento, divisores de flujo, bombas, vertederos y orificios.
- ▶ Aplicar caudales externos y concentraciones para determinar la calidad del agua de las aguas superficiales, intercambio de caudales con los acuíferos, caudales de infiltración en los colectores dependientes de la precipitación, caudales sanitarios en tiempo seco y aportes externos definidos por el usuario.
- ▶ Realizar el análisis hidráulico por distintos métodos como el flujo uniforme, la onda cinemática o la modelación completa por onda dinámica.
- ▶ Modelar distintos regímenes de flujo, como pueden ser remanso, entrada en carga, flujo inverso y acumulación en superficie.
- ▶ Aplicar controles dinámicos definidos por el usuario para simular el funcionamiento de las bombas, la abertura de los orificios o la posición de la cresta de un vertedero.

Además de modelar la generación y transporte de la escorrentía superficial, SWMM puede también estimar la producción y evolución de cargas contaminantes asociadas a dicha escorrentía. Se pueden modelar los siguientes procesos para cualquier número de sustancias asociados a la calidad del agua definidas por el usuario:

- ▶ Acumulación del contaminante durante tiempo seco para diferentes usos del suelo
- ▶ Arrastre del contaminante en determinados usos del suelo durante episodios de tormenta
- ▶ Contribución directa debida a la propia lluvia
- ▶ Reducción de la acumulación debida a la limpieza de calles en tiempo seco
- ▶ Reducción en cargas de arrastre debidas a BMPs⁴

⁴ Del inglés *Best Management Practices*, se traduciría como *Buenas Prácticas de Gestión*. Tanto en la traducción de este Manual como en el programa se han respetado las siglas originales en inglés.

- ▶ Entrada de flujos sanitarios en tiempo seco y otros aportes externos especificadas por el usuario en cualquier punto del sistema de drenaje
- ▶ Seguimiento de las sustancias asociadas a la calidad del agua a lo largo de todo el sistema
- ▶ Reducción en la concentración del contaminante por medio de tratamientos en depósitos o debido a procesos naturales en tuberías y canales

1.3 Aplicaciones típicas de SWMM

Desde su aparición, SWMM se ha utilizado en miles de redes de evacuación de aguas tanto residuales como pluviales. Entre las aplicaciones típicas se pueden mencionar:

- ▶ Diseño y dimensionamiento de componentes de la red de drenaje para prevenir inundaciones
- ▶ Dimensionamiento de estructuras de retención y accesorios correspondientes para el control de inundaciones y protección de la calidad de las aguas
- ▶ Delimitación de zonas de inundación en barrancos y cauces naturales
- ▶ Diseño de estrategias de control de la red para minimizar el número de descargas de sistemas unitarios
- ▶ Evaluación del impacto de aportes e infiltraciones en las descargas de sistemas de evacuación de aguas residuales
- ▶ Generar cargas de fuentes contaminantes no puntuales para estudios de acumulación de residuos
- ▶ Evaluar la eficacia de las BMPs para reducir las cargas contaminantes durante una tormenta

1.4 Instalación de EPA SWMM

La versión 5 del EPA SWMM está diseñada para trabajar en los sistemas operativos Windows 98/NT/ME/2000/XP para ordenadores compatibles con IBM/Intel. Se distribuye como un único fichero, **epaswmm5_setup.exe**, que contiene un programa de instalación automática. Para instalar EPA SWMM:

1. Seleccione **Ejecutar** desde el Menú de Inicio de Windows.
2. Introduzca la ruta completa donde se halla **epaswmm5_setup.exe** o pulse en el botón de **Examinar...** para localizar dicho archivo en su ordenador.
3. Pulse el botón de **Aceptar** para comenzar el proceso de instalación.

El programa de instalación le pedirá una carpeta donde instalar los archivos de SWMM. La carpeta por defecto es **C:\Archivos de Programa\EPA SWMM 5.0**. Una vez se ha completado la instalación el Menú Inicio contará con una nueva opción denominada **EPA SWMM 5.0**. Para iniciar SWMM, basta con seleccionar dicha pestaña y pulsar en la opción **EPA SWMM 5.0** que aparecerá en el submenú correspondiente. (El nombre del archivo ejecutable que arranca SWMM en Windows es **epaswmm5.exe**).

Si SWMM está siendo instalado en un entorno de red multiusuario, el administrador de la red puede desear crear un acceso directo a SWMM en el escritorio de cada usuario. En este acceso directo se

puede especificar la carpeta personal de cada usuario, en la cual se almacenará la configuración personal. Para ello, basta con añadir /s <usuario> detrás del nombre del archivo ejecutable. Un ejemplo podría quedar así:

“C:\Archivos de Programa\EPA SWMM 5.0\ epaswmm5.exe /s “C:\Usuarios\Usuario1\SWMM5

Esto permitirá que SWMM almacene configuraciones personales del programa en ubicaciones distintas de donde se instaló SWMM de manera que no se reemplazará ninguna configuración guardada previamente por otros usuarios.

Para desinstalar EPA SWMM del ordenador , deberá hacer lo siguiente:

1. Seleccione **Configuración** desde el Menú de Inicio de Windows.
2. Seleccione **Panel de Control** desde el Menú Configuración.
3. Pulse dos veces en la opción **Agregar o Quitar Programas**.
4. Seleccione **EPA SWMM 5.0** de la lista de programas que aparecerá.
5. Pulse el botón de **Agregar/Quitar**.

1.5 Pasos en la utilización de SWMM

Generalmente, cuando se rueda SWMM para modelar la escorrentía sobre un área de estudio se siguen los siguientes pasos:

1. Especificar un conjunto de opciones de trabajo y de propiedades de los objetos por defecto (véase la sección 4.2).
2. Dibujar una representación gráfica de los objetos físicos del sistema que se va a estudiar (véase la sección 5.2).
3. Editar las propiedades de los objetos que componen el sistema (véase la sección 5.4).
4. Seleccionar el conjunto de opciones para el análisis (véase la sección 7.1).
5. Ejecutar la simulación (véase la sección 7.2).
6. Ver los resultados de la simulación (véase el capítulo 8).

Otra alternativa es que el modelador desee convertir archivos de datos correspondientes a versiones anteriores de SWMM en lugar de proceder con los pasos 1 a 4 descritos anteriormente.

1.6 Sobre este manual

El Capítulo 2 del presente manual presenta un breve tutorial que ayudará al usuario a iniciarse en el manejo de EPA SWMM. Muestra cómo añadir objetos al proyecto de red de SWMM, cómo editar las propiedades de dichos objetos, cómo realizar la simulación de un episodio de lluvia tanto para el estudio hidrológico como el de calidad del agua, y por último cómo realizar una simulación continua de larga duración.

El Capítulo 3 proporciona material genérico sobre cómo SWMM modela la escorrentía superficial en el área drenada. Discute los distintos objetos que conforman la cuenca drenante y el sistema de evacuación junto con una descripción de cómo manipula otra información, como puede ser la cantidad de lluvia, el caudal en tiempo seco o los controles de regulación. Además, proporciona una visión general de cómo se lleva a cabo los análisis hidrológico, hidráulico y de calidad del agua.

El Capítulo 4 muestra cómo está organizada la interfaz gráfica de usuario de EPA SWMM. Describe la función de las distintas opciones de los menús y barras de herramientas. También describe cómo utilizar las tres ventanas principales del programa: el Mapa del Área de Estudio, el Visor y el Editor de Propiedades.

El Capítulo 5 describe los archivos que componen un proyecto y que almacenan toda la información correspondiente al sistema de drenaje de un modelo de SWMM. Muestra cómo crear, abrir y guardar estos ficheros, además de cómo fijar distintas opciones por defecto para el proyecto. Por último describe cómo utilizar los datos de calibración para la comparación entre la simulación con el programa y las mediciones reales.

El Capítulo 6 describe cómo avanzar en la construcción del modelo de la red con el programa EPA SWMM. Muestra cómo crear los distintos componentes físicos de la red (cuencas, tuberías y canales, bombas, rebosaderos, vertederos y orificios, depósitos, etc.), cómo editar las propiedades de estos objetos y cómo incluir los cambios a lo largo del tiempo de los aportes externos, las condiciones de contorno y los controles operativos para la regulación del sistema.

El Capítulo 7 explica cómo utilizar el Mapa del Área de Estudio, el cual proporciona una visión gráfica del sistema que estamos modelando. Muestra cómo presentar en el mapa mediante un código de colores distintos parámetros calculados o de diseño, cómo re-escalar, acercar, alejar o moverse en el mapa, cómo ubicar objetos en él, cómo utilizar imágenes de fondo y cuáles son las opciones disponibles para personalizar la apariencia del mapa.

El Capítulo 9 describe las distintas formas que hay de presentar los resultados de un análisis. Éstas incluyen diferentes vistas del Mapa del Área de Estudio, distintos tipos de tablas y gráficos y varios tipos distintos de informes especiales.

El Capítulo 10 explica cómo imprimir y copiar los resultados discutidos en el Capítulo 9.

El Capítulo 11 describe cómo EPA SWMM utiliza distintos tipos de archivos de intercambio que hacen las simulaciones más eficientes.

Por último, el manual incluye también varios apéndices:

- Apéndice A - Proporciona varias tablas útiles, con valores de distintos parámetros. Entre éstas se incluye una tabla con las unidades de trabajo para parámetros de diseño y calculados.
- Apéndice B - Lista de propiedades editables para todos los objetos visibles que pueden ser presentados y pueden ser editados pinchando sobre ellos en el Mapa.
- Apéndice C - Describe los editores especializados disponibles para fijar las propiedades de los objetos no visibles.
- Apéndice D - Proporciona instrucciones para rodar SWMM en su versión de línea de comandos e incluye una descripción detallada del formato del archivo de datos utilizado.
- Apéndice E - Lista todos los mensajes de error que SWMM puede producir y cuál es su significado.



2 TUTORIAL

Este capítulo contiene un tutorial del programa SWMM desarrollado por la EPA. Si no está familiarizado con los componentes que conforman un sistema de drenaje y cómo se representan en el modelo de red de SWMM deberá revisar antes el Capítulo 3.

2.1 Ejemplo de Estudio de un Área.

En el siguiente tutorial se analiza el sistema de drenaje correspondiente a un área de uso residencial de 4,86 ha. El trazado de la red se muestra en la Figura 2.1 y consta de tres cuencas⁵ (numeradas C-1, C-2 y C-3), cuatro tuberías (T-1 a T-4) y cuatro conexiones (P-1 a P-4). El sistema descarga en un barranco, marcado como D-1. Empezaremos creando los distintos objetos en el Plano del Área de Estudio de SWMM para después fijar las distintas propiedades de los mismos. Luego se simula la respuesta de la red en términos de cantidad (caudales) y calidad (concentraciones) para un episodio de lluvia de 76,2 mm y 6 horas de duración. Por último, se realiza una simulación a partir del registro de precipitaciones de varios años.

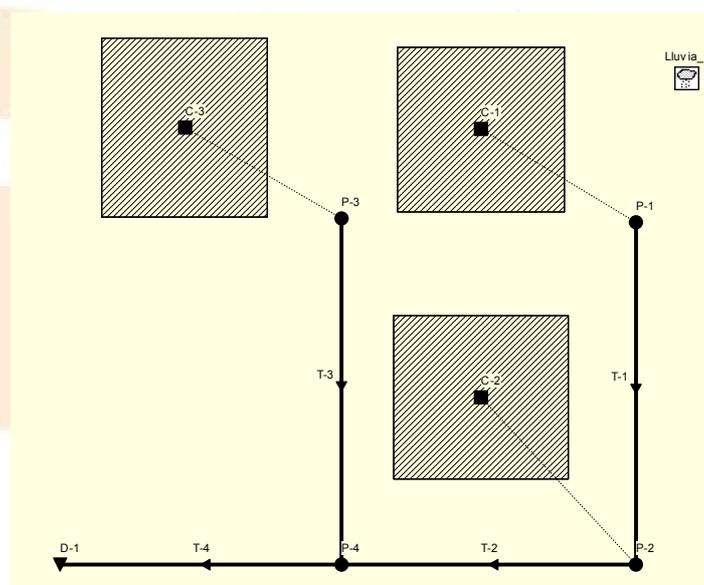


Figura 2.1. Área de Estudio del Ejemplo.

Tabla 2.1. Características de los Nudos.

Nudo	Cota (m)
D-1	25,91
P-1	29,26
P-2	27,43
P-3	28,34
P-4	26,82

Tabla 2.2. Características de las Conducciones.

Conducción	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coef. Manning, n
T-1	122	305	0,01
T-2	122	305	0,01
T-3	122	305	0,01
T-4	122	460	0,01

⁵ Una cuenca es una porción del terreno que contiene una mezcla de superficies permeables e impermeables las cuales drenan a un punto común de descarga. Dicho punto de descarga puede ser un nudo de la red de alcantarillado u otra cuenca.

Tabla 2.3. Características de las Cuencas.

Cuenca	Descarga	Área (ha)	Anchura (m)	% Imperm.
C-1	P-1	1,62	122	50
C-2	P-2	1,62	122	50
C-3	P-3	1,62	122	25

2.2 Configuración del Proyecto

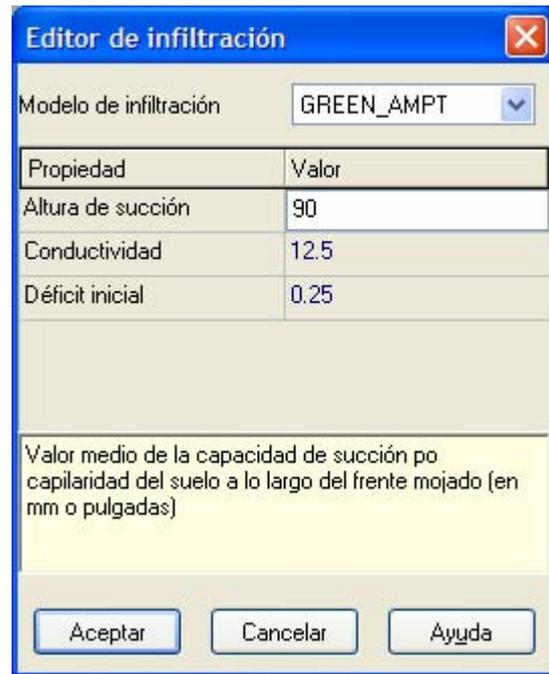
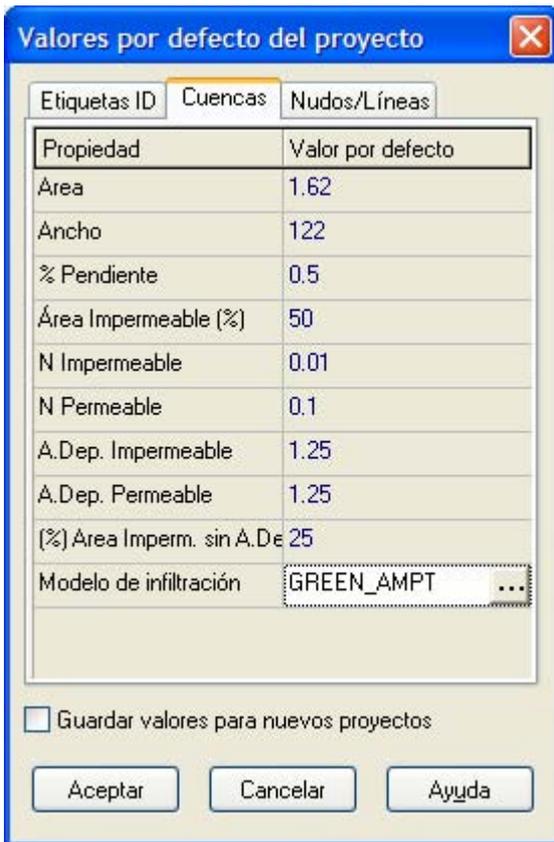
La primera tarea consiste en crear un nuevo proyecto SWMM y asegurar que ciertas opciones por defecto han sido establecidas. El uso de estas opciones por defecto puede simplificar notablemente la posterior tarea de introducción de datos.

1. Lanzar el programa EPA SWMM si aún no ha sido iniciado y seleccionar **Archivo**→**Nuevo** en la barra de Menú Principal para crear un nuevo proyecto.
2. Seleccionar la opción **Proyecto**→**Valores por defecto** para abrir el formulario de opciones por defecto del proyecto.
3. En la pestaña correspondiente a las Etiquetas ID, deben fijarse prefijos deseados, tal y como muestra en la Figura 2.2. Esto hará que SWMM etiquete automáticamente todos los objetos nuevos con números consecutivos después del prefijo correspondiente especificado.



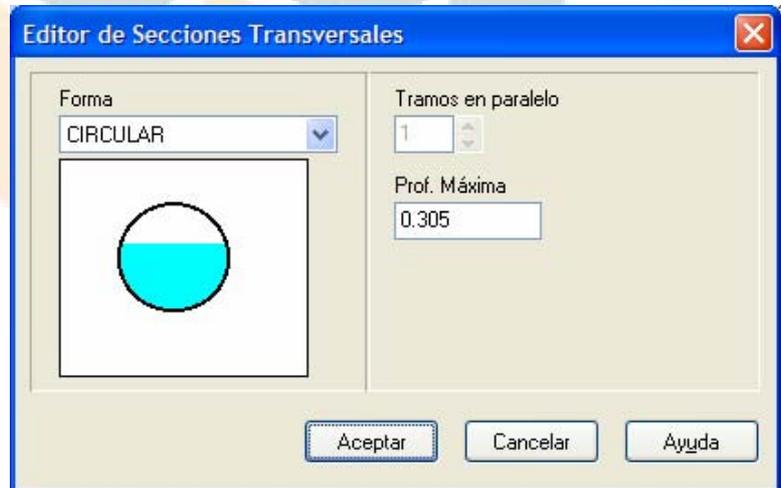
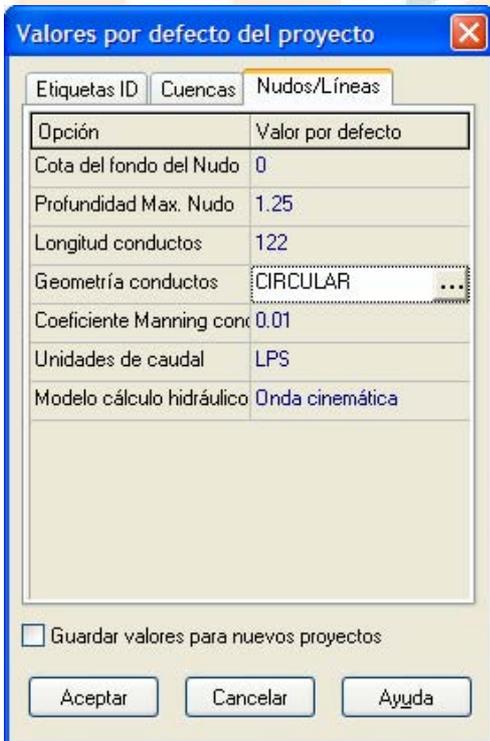
Figura 2.2. Etiquetado por defecto del ejemplo del tutorial.

4. En la pestaña correspondiente a las Cuencas fijar los siguientes valores:



Detalle de las opciones del Método de Infiltración empleado en la modelación.

5. En la pestaña de opciones Nudos/Líneas fijar los siguientes valores por defecto.



Detalle de la Geometría por defecto de los conductos.

6. Por último pulse el botón de Aceptar para fijar estas opciones y cerrar el formulario. Si se desea que todos los nuevos proyectos tomen estos valores por defecto, debe seleccionarse la casilla inferior (Guardar valores para nuevos proyectos) antes de aceptar.

A continuación, se fijan algunas opciones de presentación del mapa de modo que se muestren las etiquetas con el nombre de los elementos y los símbolos conforme se añaden nuevos objetos al mapa. También se selecciona la opción de presentar las flechas de dirección de flujo en las líneas.

1. Seleccionar la opción **Ver→Opciones del Plano** para presentar el formulario de opciones del mapa (ver Figura 2.3).
2. Seleccionar la página correspondiente a las cuencas y fijar el estilo de relleno en *Diagonal* y el tamaño del símbolo en 5.
3. A continuación seleccionar la pestaña de los nudos y fijar el tamaño del nudo a 5.
4. Seleccionar la pestaña de Etiquetas y marcar las opciones de presentación de los identificativos de Pluviómetros, Cuencas, Nudos y Líneas, dejando el resto sin marcar.
5. Finalmente, seleccionar la página de Flechas de Caudal y fijar el estilo en flecha rellena y fije el tamaño en 7.
6. Pulsar el botón de Aceptar para validar estas opciones y cerrar el formulario.



Figura 2.3. Formulario de opciones del Mapa.

Antes de empezar a colocar objetos en el dibujo, debemos fijar las dimensiones del mismo. Para ello:

1. Seleccionarla opción **Ver→Dimensiones** para presentar el formulario de Dimensiones del Plano.
2. Para el desarrollo de este ejemplo pueden dejarse las dimensiones que se presentan por defecto.

Finalmente hay que mirar la Barra de Estado en la parte inferior de la pantalla principal del programa y verificar que el cálculo de Longitud Automática esté desactivado o (Off). En el caso de que esté activado (On), debe seleccionarse con el botón derecho del ratón sobre la Barra de Estado y seleccionar la opción "Longitud Automática Off" en el menú emergente que aparece.

2.3 Dibujo de los Objetos

Seleccionadas las opciones de configuración del proyecto se está en condiciones para empezar a añadir los componentes de la red en el Plano del Área de Estudio⁶. Para ello en primer lugar se dibujan las cuencas.

1. En primer lugar seleccionar mediante el ratón la opción  de la Barra de Objeto. En el caso de que esta barra de herramientas no está visible debe seleccionarse la opción **Ver→Barras de Herramientas→Objeto**. Nótese como al seleccionar la opción de Cuencas el cursor del ratón se modifica y adquiere el aspecto de un lápiz.
2. Mover el ratón al punto del mapa donde se desea insertar una de las esquinas de la cuenca **C-1** y pulsar el botón izquierdo del ratón.
3. Realizar el mismo procedimiento para las siguientes dos esquinas y finalmente pulse el botón derecho del ratón (o bien pulse la tecla *Enter*) para cerrar el rectángulo que representa a la citada cuenca **C-1**. En cualquier momento puede presionarse la tecla *Esc* si se desea cancelar la cuenca parcialmente dibujada y comenzar de nuevo con el dibujo de la misma. No debe suponer un problema que el aspecto y la posición de la cuenca dibujada no sean exactamente los deseados. Posteriormente se mostrará como modificar tanto la posición como el aspecto.
4. Repetir el proceso para las cuencas **C-2** y **C-3**.

Al ir creando los elementos debe notarse como los identificativos (ID) se etiquetan de forma secuencial conforme se van añadiendo en el Mapa.

A continuación se añaden los nudos y el Nudo de Vertido de que consta la red de drenaje.

1. Para comenzar a añadir nudos, seleccione mediante el ratón el botón  en la Barra de Objeto.
2. Mover el ratón a la posición donde se debe insertar el nudo **P-1** y pulsar el botón izquierdo del ratón. Realizar el mismo procedimiento para los nudos **P-2** a **P-4**.
3. Para añadir una Descarga (o punto de Vertido), seleccione el botón  en la Barra de Objeto, desplace el ratón al punto de localización del vertido en el mapa y pulsar el botón izquierdo del ratón. Nótese como el nudo de vertido recibe de forma automática el nombre **D-1**.

A estas alturas el mapa de trabajo del programa debe tener un aspecto como el mostrado en la Figura 2.4.

⁶ El dibujo de los objetos sobre el Plano es una de las formas de crear objetos en el proyecto. Para crear proyectos de análisis de tamaño grande es más conveniente construir el archivo de proyecto de SWMM mediante una edición del archivo externa al programa. Los archivos de proyectos de SWMM son archivos de texto que describen cada objeto mediante un formato específico, tal como se describe en el Apéndice D de este manual. Los datos necesarios para construir dichos archivos pueden provenir de fuentes diversas, tales como dibujos realizados mediante programas de CAD o ficheros de GIS.

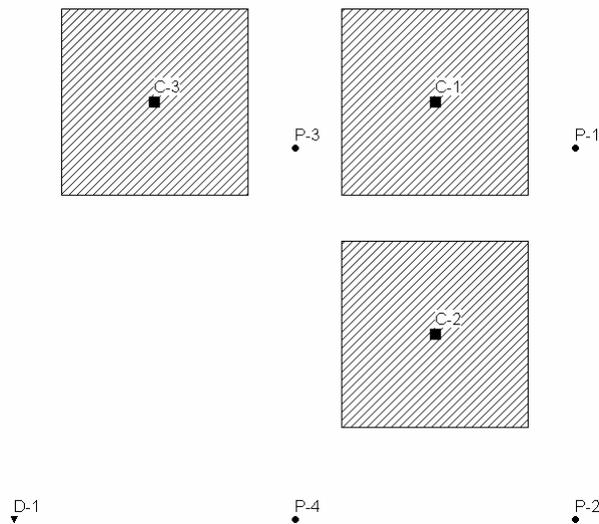


Figura 2.4. Cuencas y nudos del ejemplo.

A continuación se añaden los conductos del sistema de drenaje que conectan entre sí los diferentes nudos del sistema. (Antes de crear cualquier línea es necesario tener creados previamente los nudos extremos de la misma). Para ello se comienza con el conducto **T-1** que conecta los nudos **J-1** y **J-2**.

1. Seleccionar el botón  en la Barra de Objetos. El cursor del ratón cambia de aspecto representando una cruz.
2. Seleccione un clic del ratón sobre el nudo **P-1**. Nótese como el cursor del ratón se modifica y adquiere el aspecto de un lápiz.
3. Mover el ratón hacia el nudo **P-2** (nótese como mientras se desplaza el ratón se dibuja una línea representando la futura conducción que se está dibujando) y pulse el botón izquierdo del ratón para crear la conducción. En cualquier momento puede cancelarse esta operación, bien mediante el botón derecho del ratón, bien mediante la tecla *Esc*.

Aunque todas las conducciones de nuestro ejemplo se representan como líneas rectas, es posible dibujar líneas con curvas o vértices. Para ello no hay más que ir definiendo los diferentes vértices que definen el trazado de la conducción con el botón izquierdo del ratón antes de seleccionar el nudo final de la conducción.

Para terminar de construir el esquema de este ejemplo es necesario añadir el Pluviómetro.

1. Seleccionar el botón de Pluviómetro  en la Barra de Objetos.
2. Desplazar el ratón sobre el Plano del Área de Estudio del programa hasta el lugar donde se desea localizar el pluviómetro y posteriormente accionar el botón izquierdo del ratón.

En este momento se dispone de un dibujo completo del ejemplo estudiado. El programa debe tener en su mapa un aspecto como el mostrado en la Figura 2.1. Si el pluviómetro, o cualquiera de los nudos o cuencas se encuentran fuera de su lugar, pueden desplazarse de sitio mediante los siguientes pasos:

1. Si el botón  no se encuentra presionado debe seleccionarse con el botón izquierdo del ratón, para situar el mapa en el modo de Selección de Objetos.
2. Seleccionar mediante el botón izquierdo del ratón el objeto que se desea desplazar.

3. Arrastrar el objeto mientras se mantiene pulsado el botón izquierdo del ratón hasta su nueva posición.

Para redefinir el aspecto del contorno de una Cuenca:

1. Con el mapa en el modo de Selección de Objetos, seleccionar con el ratón el centroide de la Cuenca (representado mediante un cuadrado relleno de color negro en el interior de la misma).
2. Seleccionar el botón  en la Barra de Plano para colocar el mapa en el modo de Selección de Vértices.
3. Seleccionar uno de los vértices del contorno exterior de la Cuenca sin más que realizar un clic sobre el mismo con el botón izquierdo del ratón. Nótese como el vértice seleccionado queda representado mediante un cuadrado relleno).
4. Arrastrar el vértice a su nueva posición manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón en su desplazamiento.
5. En el caso de que sea necesario, pueden añadirse o borrarse vértices del contorno exterior de la Cuenca. Para ello no hay más que seleccionar la opción adecuada en el menú emergente que aparece al pulsar el botón derecho del ratón.
6. Cuando se finalice la edición del contorno de la Cuenca debe seleccionarse el botón  para volver el modo de Selección de Objetos.

Un procedimiento similar debe seguirse en el caso de querer modificar el aspecto de una de las líneas.

2.4 Introducción de las Propiedades los Objetos

Conforme se van añadiendo los objetos visuales en SWMM el programa les asigna una serie de propiedades y valores por defecto. Para modificar el valor de algunas de estas propiedades en uno de los objetos debe seleccionarse el Editor de Propiedades del objeto (ver Figura 2.5). Existen diferentes formas de realizar esto. Si el Editor de Propiedades está visible tan solo es necesario seleccionar con el ratón el objeto a editar o bien seleccionarlo desde la página de Datos del Panel de Navegación de la ventana principal del programa. Si el Editor no está visible puede hacerse que aparezca mediante una de las siguientes acciones:

- ▶ haciendo doble clic con el ratón sobre uno de los objetos del mapa,
- ▶ o haciendo clic con el botón derecho del ratón y seleccionando la opción Propiedades en el menú emergente que aparece,
- ▶ o seleccionando el objeto desde la página de Datos del Panel de Navegación y seleccionando entonces el botón .

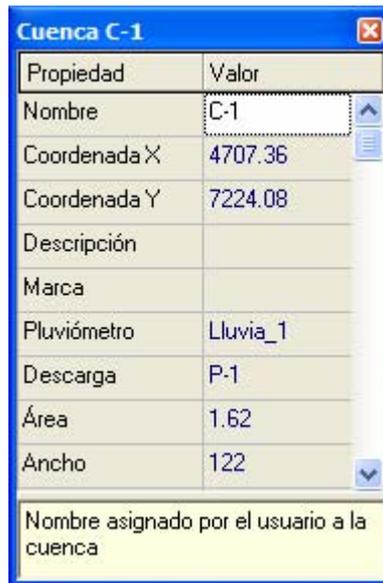


Figura 2.5. Ventana del Editor de Propiedades.

Siempre que el Editor de Propiedades tenga el foco de la aplicación se puede pulsar F1 para obtener una descripción más detallada de las propiedades incluidas en el mismo.

Las dos propiedades de las Cuencas del ejemplo que deben introducirse son el Indicativo de Lluvia (que recoge los datos de lluvia sobre la cuenca) y el nudo del sistema de drenaje donde se recogen las aguas provenientes de dicha cuenca. Dado que todas las cuencas de este ejemplo utilizan el mismo Indicativo de Lluvia, **Lluvia_1**, se puede emplear un atajo para asignar esta propiedad a todas las cuencas al mismo tiempo:

1. Seleccionar la opción **Editar**→**Seleccionar Todo** en el menú principal de la aplicación.
2. Seleccionar entonces la opción **Editar**→**Editar Grupo** para hacer que aparezca la ventana de diálogo del Editor de Grupos de Elementos, tal como muestra la Figura 2.6.
3. Seleccionar la opción Cuencas como el tipo de objeto que se pretende editar, Pluviómetro como la propiedad a editar y teclear **Lluvia_1** como el nuevo valor a introducir.
4. Seleccionar con el ratón el botón de Aceptar para cambiar el Pluviómetro de todas las cuencas. Aparecerá un mensaje pidiendo la confirmación de modificación de los datos de las tres cuencas. A continuación seleccionar la opción “No” cuando se realice la pregunta de si se desea continuar editando el grupo de elementos.

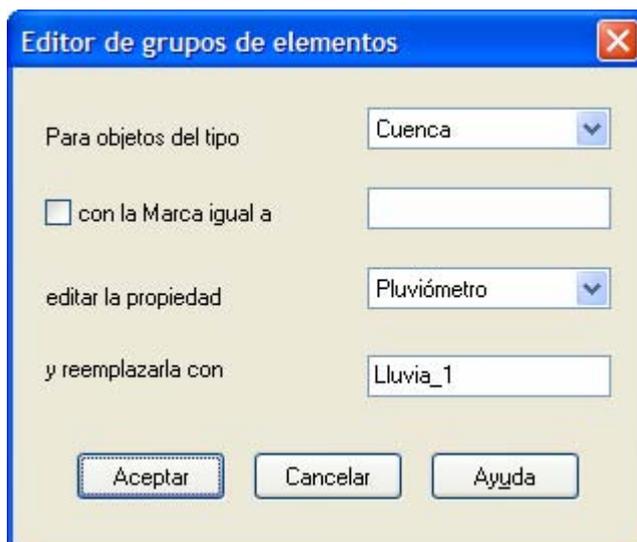


Figura 2.6. Ventana de diálogo del Editor de Grupos.

Dado que el nudo de descarga de cada una de las cuencas es diferente, este dato debe fijarse individualmente de acuerdo al procedimiento siguiente:

1. Hacer doble clic con el ratón en la cuenca **C-1** o bien seleccionar esta mediante la ventana de Datos del Visor y presionar posteriormente el botón  para abrir el Editor de Propiedades.
2. Teclar **P-1** en el campo Descarga y presionar *Enter*. Nótese como se dibuja una línea discontinua entre el centroide de la cuenca y el nudo indicado.
3. Seleccionar la cuenca **C-2** e introducir como nudo de descarga **P-2**.
4. Seleccionar la cuenca **C-3** e introducir como nudo de descarga **P-3**.

En este ejemplo se desea introducir también el hecho de que el área **C-3** está menos desarrollada que el resto de áreas. Para ello seleccionar la cuenca **C-3** e introducir en el Editor de Propiedades un valor del porcentaje de suelo impermeable de 25.

Tanto las conexiones como el nudo de vertido del sistema de drenaje requieren tener definida una cota de fondo. Por ello, tal como se realizó con las cuencas, se selecciona individualmente cada uno de estos nudos y en el Editor de Propiedades se introducen los valores de Cota de Fondo que se muestran en la tabla siguiente⁷.

Nudo	Cota (m)
D-1	25,91
P-1	29,26
P-2	27,43
P-3	28,34
P-4	26,82

⁷ Una forma alternativa de ir moviéndose de un elemento al siguiente (o al anterior) dentro del Editor de Propiedades es mediante las teclas Avanza Página y Retrocede Página.

Tan solo uno de los conductos del ejemplo tiene valores diferentes a los asignados por defecto en el programa. Se trata de la conducción **T-4**, la tubería de salida, cuyo diámetro debe ser 0'45 m en lugar de 0'3 m que tienen el resto. Para modificar este diámetro:

1. Seleccionar el conducto **T-4** en el Editor de Propiedades (bien haciendo doble clic con el ratón en cualquier punto del conducto o bien seleccionándolo en el Visor de Datos mediante el botón .
2. Seleccionar el campo Forma y pulsar la tecla *Enter* o bien pulsar directamente sobre el botón de dicho campo.
3. En la ventana de diálogo de Edición de la Sección Transversal que aparece (ver Figura 2.7) introducir como valor de la Profundidad Máxima el valor **0,46** y pulsar el botón **Aceptar**.



Figura 2.7. Ventana de diálogo del Editor de la Sección Transversal.

Para establecer en nuestro proyecto una determinada lluvia de entrada es necesario especificar las propiedades del Pluviómetro. Para ello seleccionar **Lluvia_1** en el Editor de Propiedades y seleccionar las siguientes propiedades:

Formato de Lluvia	INTENSITY
Intervalo de Lluvia	1:00
Origen de Datos	TIMESERIES
Nombre de la Serie	ST_1

Tal como se indicaba con anterioridad, se desea simular la respuesta del área estudiada a una tormenta de diseño de 6 horas y lluvia 76,2 mm. Para ello la serie temporal denominada **ST_1** contendrá las intensidades de lluvia en cada uno de los intervalos horarios definidos en esta tormenta. Por ello es necesario crear una serie temporal de datos y rellenar la misma de datos. Para hacer esto:

1. Desde el Visor de Datos seleccionar la categoría de objetos Series Temporales.
2. Hacer clic con el botón derecho del ratón sobre el botón  del Visor para abrir el Editor de Series Temporales, tal como muestra la Figura 2.8.
3. Introducir **ST_1** en el campo Nombre de la Serie Temporal.

- Introducir los valores mostrados en la Figura 2.8. en las columnas de Hora y Valor de la rejilla de datos. Nótese que debe mantenerse en blanco⁸ la columna de Fecha.
- Es posible visualizar el gráfico de los valores introducidos mediante el botón **Visualizar**. Para aceptar los valores de la serie de datos pulsar el botón **Aceptar**.

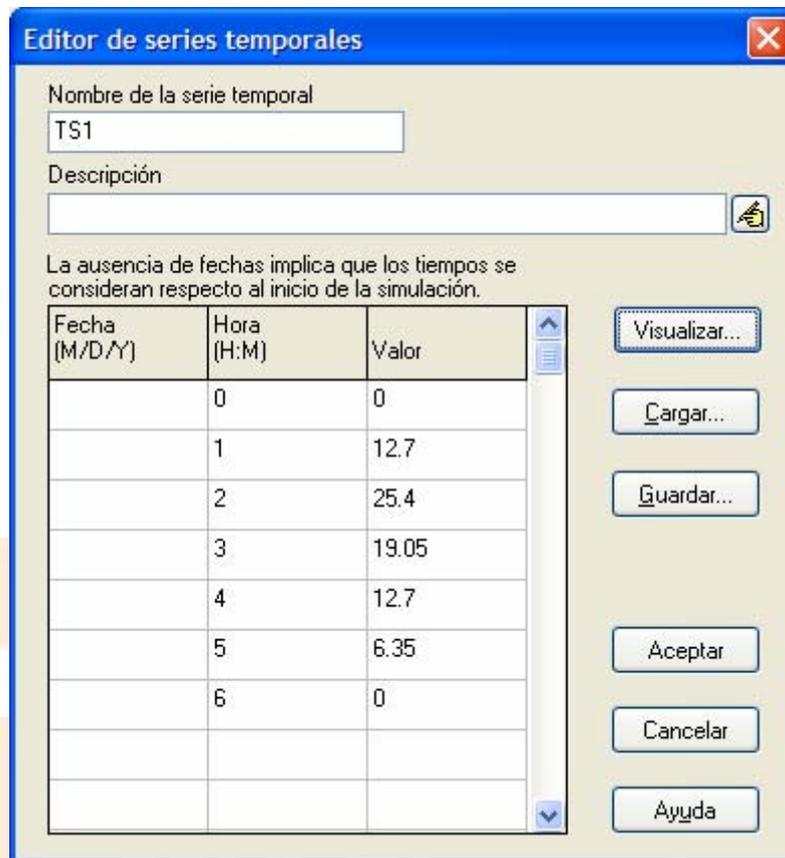


Figura 2.8. Ventana de diálogo del Editor de Series Temporales.

Una vez completado el diseño inicial del ejemplo puede ser una buena idea introducir un título del mismo así como grabar el trabajo realizado hasta el momento. Para ello:

- Seleccionar la categoría Títulos/Notas en el Visor de Datos y presionar el botón .
- En la ventana de diálogo Títulos/Notas que aparece (ver Figura 2.9), introducir el texto “Ejemplo del Tutorial” como título del proyecto y posteriormente pulsar el botón **Aceptar** para cerrar la ventana de diálogo.
- Desde la opción **Archivo** del menú principal acceder a la opción **Guardar como**.
- En la ventana de diálogo que aparece, seleccionar la carpeta y el nombre del archivo con el que se desea guardar los datos. Se sugiere denominar el archivo **Tutorial.inp**. En el caso de no añadir ninguna extensión al archivo el programa añadirá automáticamente la extensión .inp.
- Presionar el botón **Guardar** para almacenar la información del proyecto actual en el archivo seleccionado.

⁸ Al dejar en blanco la columna de Fecha, SWMM interpretará que los valores de tiempo son en horas y corresponden al tiempo indicado desde el inicio de la simulación. En caso contrario, la serie de datos temporales requiere que el usuario introduzca los valores de la fecha y hora.

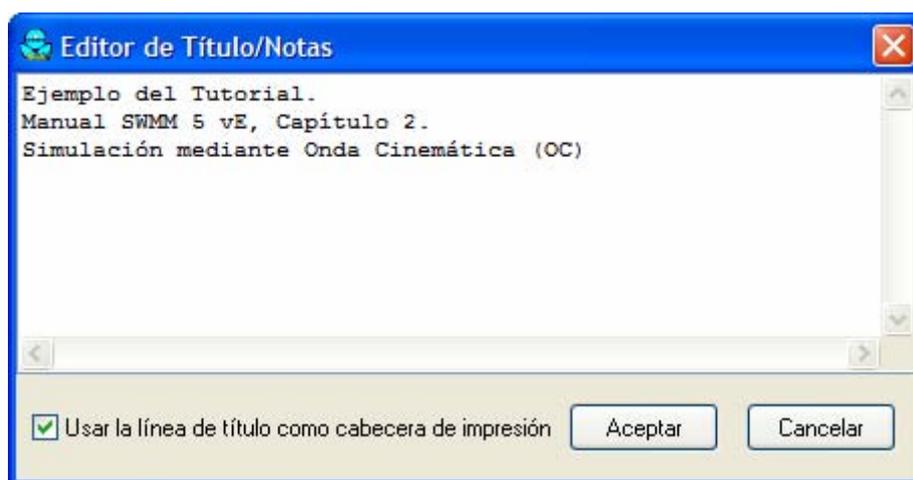


Figura 2.9. Ventana de diálogo del Editor de Títulos y Notas.

Los datos del proyecto se almacenan en un fichero editable en formato texto. Es posible visualizar este fichero mediante la opción **Proyecto**→**Detalles** del menú principal del programa. Para abrir este proyecto más adelante puede seleccionarse el comando **Abrir** desde el menú **Archivo**.

2.5 Realización de una Simulación

2.5.1 Introducción de las Opciones de Simulación

Antes de analizar el comportamiento de nuestro ejemplo de drenaje es necesario establecer algunas opciones para determinar en qué condiciones se realizará el análisis. Para hacer esto:

1. Seleccionar la categoría **Opciones** en el Visor de Datos y presionar el botón .
2. En la página General de la ventana de diálogo de las Opciones de Simulación que aparece (ver Figura 2.10), seleccionar la opción Onda Cimenática como método de análisis del flujo. Las unidades de caudal deben seleccionarse a **LPS** (litros por segundo) y el método de infiltración empleado será el método de Green-Ampt. La opción Permitir Estancamiento no debe estar seleccionada.
3. En la página Fechas del formulario, especificar como tiempo de fin de análisis las **12:00:00**⁹.
4. En la página de Intervalos de Tiempo, especificar el Intervalo de Tiempo de Análisis a **60** segundos.
5. Seleccionar el botón **Aceptar** para cerrar el formulario de edición de las Opciones de Simulación.

⁹ Esto es muy importante. SWMM, por defecto, pone el mismo instante de tanto para el comienzo como para la finalización de la simulación cuando se crea un nuevo proyecto. Esto conduce al error 191.

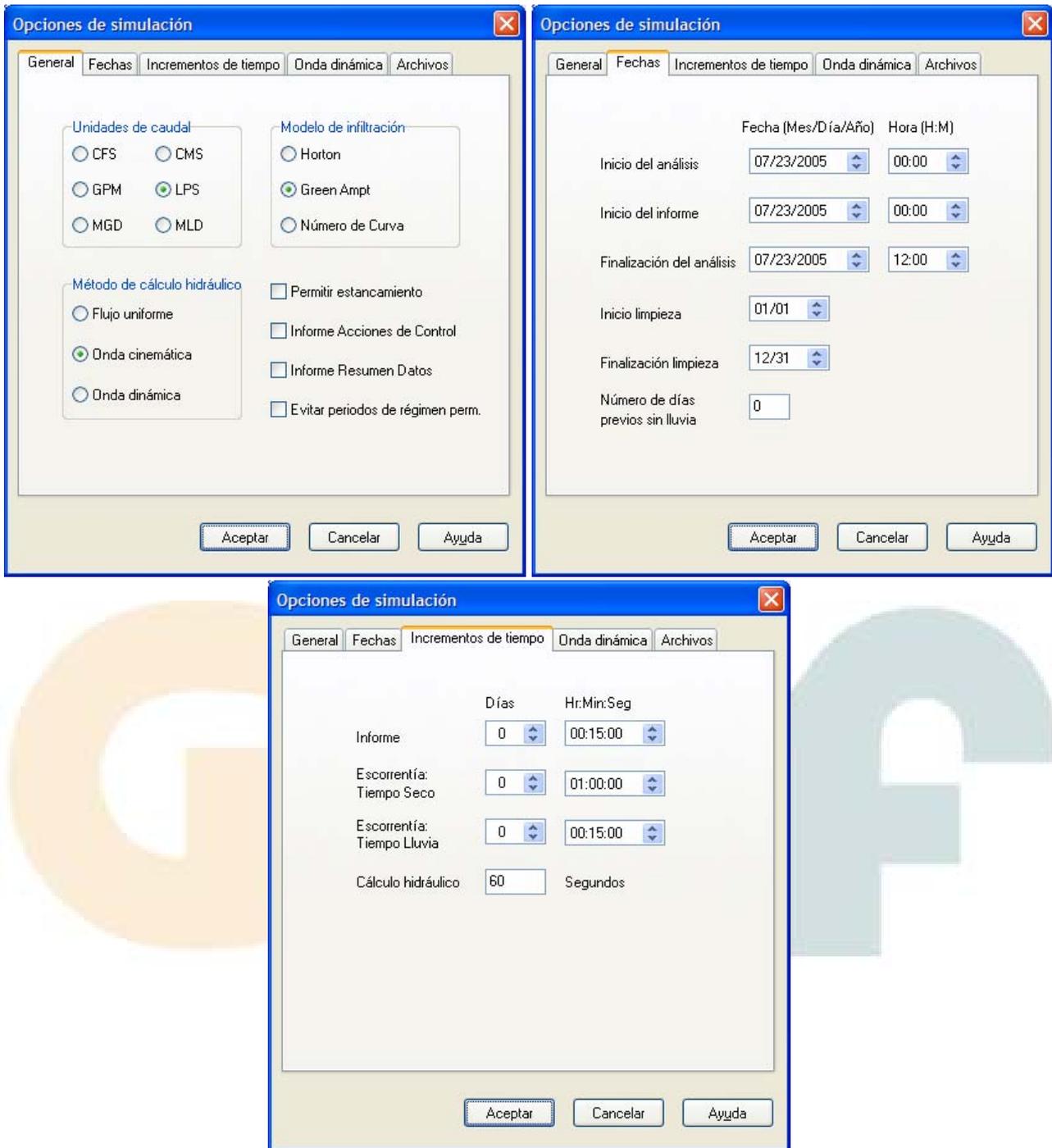


Figura 2.10. Ventana de diálogo para editar las Opciones de Simulación (Simulation Options).

2.5.2 Realizando la Simulación.

Después de los datos introducidos ya se está en condiciones de realizar la simulación. Para comenzar con la simulación debe seleccionarse la opción **Proyecto**→**Realizar Simulación** (o bien pulsar el botón ). En el caso de que se produzca algún tipo de problema durante la simulación, aparecerá un Informe de Estado describiendo los errores que han sucedido. Una vez se completa de forma exitosa la simulación, existen multitud de formas de visualizar los resultados de la simulación. A continuación se muestran algunas de éstas.

2.5.3 Revisión del Informe de Estado.

El Informe de Estado (Status Informe) contiene un resumen útil de información relacionada con los cálculos de la simulación. Para visualizar este informe, seleccionar la opción **Informe**→**Estado**. Una parte del informe para el ejemplo de simulación desarrollado es el que se muestra en la Figura 2.11. El informe completo recoge los siguientes aspectos:

- ▶ Determinar si la calidad de la simulación realizada es suficientemente buena. Para ello el error en la realización del balance de masas en el sistema tanto para la escorrentía como para el flujo deben ser despreciables. Para que la simulación sea correcta los errores máximos de escorrentía y flujo son -0,24% y -0,03% respectivamente.
- ▶ De los 76,2 mm de lluvia que caen sobre el área estudiada 44,369 mm se infiltran en el terreno y el resto se convierten en escorrentía (coeficiente de escorrentía medio del 41,5%).
- ▶ La tabla de Resumen de Nivel en los Nudos, no mostrado en la Figura 2.11., indica que existe una inundación interna en el sistema en el nudo **P-2**¹⁰.
- ▶ La tabla de Resumen de Caudales en los Conductos, no mostrado en la Figura 2.11, muestra que el conducto **T-2**, inmediatamente aguas abajo del nudo **P-2**, entra en carga y por lo tanto parece ligeramente infradimensionado.



¹⁰ En SWMM, la inundación ocurre cuando el nivel del agua en el nudo excede el valor máximo definido por la profundidad del nudo. Normalmente este exceso del nivel de agua es una pérdida en el sistema. También existe la opción de que esta agua se estanque en la parte superior del nudo y que puede entrar de nuevo en el sistema de drenaje cuando la capacidad del sistema lo permita. Esto último se decide mediante la opción Permitir Estancamiento en el Editor de Opciones de la Simulación.

```

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 vE (Build 5.0.005b-01)
Traducido por el Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos
Universidad Politécnica de Valencia
-----

Ejemplo del Tutorial.
Manual SWMM 5 vE, Capítulo 2.
Simulación mediante Onda Cinemática (OC)

*****
Opciones Análisis
*****
Unidades de Caudal ..... LPS
Método de Infiltración ... GREEN_AMPT
Método Cálculo Hidráulico. KINWAVE
Instante Inicio ..... JUL-23-2005 00:00:00
Instante Finalización ... JUL-23-2005 12:00:00
Inc. Tiempo Informe ..... 00:15:00
Inc. Tiempo Lluvia ..... 00:15:00
Inc. Tiempo Seco ..... 01:00:00
Inc. Tiempo Cálculo ..... 60.00 sec

*****
Balance Cont. Escorrentía          Volumen          Nivel
*****                          hectare-m          mm
*****                          -----          -----
Precipitación Total .....          0.370          76.200
Pér. Evaporación .....            0.000          0.000
Pér. Infiltración .....            0.216          44.369
Escor. Superf. ....            0.154          31.619
Sup. Final Almacenam .....          0.002          0.395
Error Continuidad (%) .....          -0.240

*****
Continuidad Calculo Hidr.          Volumen          Volumen
*****                          hectare-m          Mlitros
*****                          -----          -----
Aporte Tiempo Seco .....            0.000          0.000
Aporte Tiempo Lluvia .....           0.154          1.543
Aporte Ag. Subterránea ...            0.000          0.000
Aportes Irreg. RDII .....            0.000          0.000
Aportes Externos .....              0.000          0.000
Salida al Exterior .....            0.148          1.475
Inundación Superficial ...            0.007          0.068
Perdidas Evaporación .....           0.000          0.000
Vol. Almacenado Inicial ..            0.000          0.000
Vol. Almacenado Final .....           0.000          0.000
Error Continuidad(%) .....           -0.030

*****
Resumen Escorrentía Cuencas
*****

-----
Cuenca          Precip          Total          Total          Total          Total          Runoff
                Total          Runon          Evap          Infil          Runoff          Coeff
                mm           mm           mm           mm           mm
-----
C-1              76.200          0.000          0.000          38.021          37.910          0.498
C-2              76.200          0.000          0.000          38.021          37.910          0.498
C-3              76.200          0.000          0.000          57.065          19.036          0.250
-----
Totals          76.200          0.000          0.000          44.369          31.619          0.415
    
```

Figura 2.11. Fragmento del Informe de Estado para la simulación realizada.

2.5.4 Presentación de Resultados sobre el Mapa.

Existe la posibilidad de presentar mediante un código de colores sobre el mapa del área estudiada tanto los resultados de la simulación como algunos parámetros de diseño tales como el área de la cuenca, la cota de fondo de los nudos, la profundidad máxima de una línea, etc. Para representar una determinada variable de esta forma:

1. Seleccionar la página del Plano en el Visor.
2. Seleccionar las variables que se desean visualizar para las cuencas, nudos y líneas a partir de los desplegables que aparecen bajo las etiquetas Variables de Cuencas, Variables de Nudos y Variables de Líneas. En la Figura 2.12, se han seleccionado para representar la escorrentía de la cuenca y el caudal de las líneas.

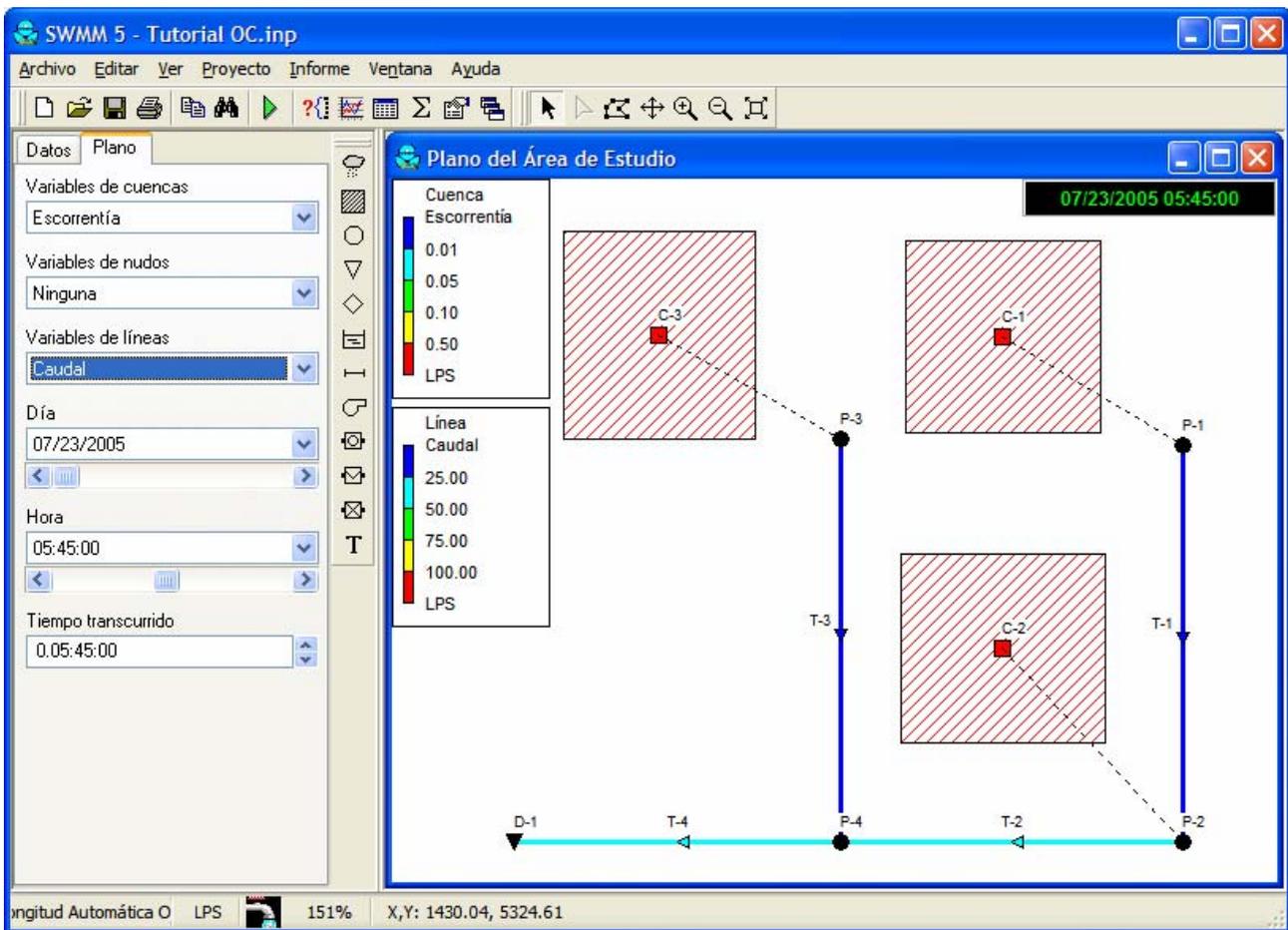


Figura 2.12. Ejemplo de visualización del código de colores con los resultados sobre el plano del área estudiada.

3. El código de colores de una cualquiera de las variables se representa mediante una leyenda incluida sobre el Mapa. Para cambiar la visualización o no visualización de la leyenda sobre el mapa debe seleccionarse la opción **Ver→Leyendas**.
4. Para desplazar la leyenda a otra posición, arrastrar ésta con el botón izquierdo del ratón pulsado y soltarlo cuando la leyenda se encuentre en su posición definitiva.
5. Para cambiar el código de colores y los valores límite de cada uno de los rangos, seleccionar la opción **Ver→Leyendas→Modificar** y después la clase de objeto correspondiente a la leyenda que se desea modificar. También puede accederse al mismo formulario accionando el botón derecho del ratón sobre la leyenda del mapa. Para

visualizar los valores numéricos de las variables representadas en el mapa, seleccionar **Ver→Opciones del Plano** y entonces seleccionar la página de Etiquetas del formulario de Opciones del Plano. Deben utilizarse las casillas de selección de Cuencas, Nudos y Líneas para especificar el tipo de etiqueta a añadir.

- Los controles de Día, Hora y Tiempo Transcurrido del Visor del Plano se pueden utilizar para desplazar los resultados presentados en diferentes instantes de tiempo. La Figura 2.12 representa los resultados a las 5 horas y 45 minutos de la simulación.
- Para realizar una animación de la representación del mapa a lo largo del tiempo, seleccionar **Ver→Barras de Herramientas→Animación** y utilizar los controles de la Barra de Animación para controlar la animación. Por ejemplo, presionando el botón  se obtiene una representación animada a lo largo del tiempo de los resultados de la simulación.



Figura 2.13. Barra de Herramientas de la Animación.

2.5.5 Gráficos de Series Temporales.

Para generar un gráfico de series temporales con los resultados de la simulación:

- Seleccionar **Informe→Gráfico→Series Temporales** o simplemente presionar sobre el botón  de la Barra de Herramientas Estándar y posteriormente seleccionar **Serie Temporal** en el menú emergente que aparece.
- A continuación aparecerá el formulario de Gráficos de Series Temporales. Este formulario se emplea para seleccionar los objetos y variable que se van a representar.

En el ejemplo desarrollado, la ventana de diálogo de Gráficos de Series Temporales se puede emplear para representar el caudal que circula por los conductos **T-1** y **T-2** mediante el procedimiento siguiente (referido a la Figura 2.14):

- Seleccionar **Líneas** como la categoría de objeto a representar.
- Seleccionar **Caudal** como variable a representar.
- Seleccionar con el ratón el conducto **T-1**, bien directamente sobre el mapa, bien en el Visor de Datos y posteriormente presionar el botón  en la ventana de diálogo para añadir el conducto a la lista de líneas a representar. Realizar el mismo procedimiento con el conducto **T-2**.
- Presionar **Aceptar** para generar el gráfico, que tendrá un aspecto similar al mostrado en la Figura 2.15.



Figura 2.14. Ventana de diálogo para el Gráfico de Series Temporales.

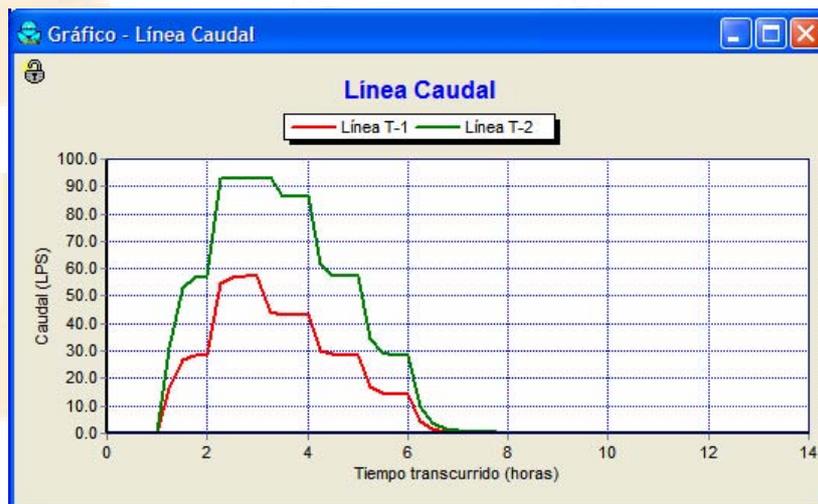


Figura 2.15. Ventana de diálogo para el Gráfico de Series Temporales.

Una vez creado el gráfico es posible:

- ▶ Personalizar el aspecto del gráfico. Para ello debe seleccionarse **Informe**→**Opciones** o bien accionar el botón derecho del ratón sobre el gráfico.
- ▶ Copiar el gráfico en el portapapeles y pegarlo posteriormente en otra aplicación. Para ello se selecciona la opción **Editar**→**Copiar a** o bien se pulsa el botón  de la Barra de Herramientas Estándar.
- ▶ Imprimir el gráfico. Para ello seleccionar **Archivo**→**Imprimir** o **Archivo**→**Vista Preliminar** (utilizar la opción **Archivo**→**Configuración de Página** para establecer los márgenes, orientación, etc.).

2.5.6 Gráficos de Perfiles Longitudinales.

SWMM puede generar gráficos que muestren perfiles longitudinales y gráficos mostrando como evoluciona el nivel de agua a lo largo de un determinado camino de nudos y líneas conectados entre sí. A continuación se indica cómo debe crearse un gráfico de este tipo que conecte el nudo de conexión **P-1** y el Nudo de Vertido **D-1** del ejemplo estudiado:

1. Seleccionar la opción **Informe**→**Gráfico**→**Perfil longitudinal** o simplemente presionar sobre el botón de la Barra de Herramientas Estándar y luego seleccionar Perfil longitudinal desde el menú desplegable que aparece.
2. En la ventana de diálogo de los Gráficos de Perfiles introducir **P-1** en el campo **Nudo Inicial**, tal como muestra la Figura 2.16. También puede realizarse el mismo procedimiento seleccionando el nudo directamente en el mapa o a través del Visor de Datos y posteriormente presionando el botón junto al campo que se desea rellenar.
3. Realizar el mismo procedimiento para el Nudo de Vertido **D-1** en el campo correspondiente al **Nudo Final**.
4. Seleccionar el botón **Buscar Camino**. Aparece entonces una lista ordenada de líneas que componen el camino entre el Nudo Inicial y el Nudo Final. Si se desea se pueden modificar las líneas que definen el camino.



Figura 2.16. Ventana de diálogo para los Gráficos de Perfil Longitudinal.

5. Pulsar el botón **Aceptar** para crear el gráfico que muestra el perfil del nivel de agua a lo largo del camino de acuerdo a los resultados de la simulación realizada. Los resultados que se presentan son los que corresponden al instante de tiempo seleccionado en el Visor del Mapa (ver Figura 2.17).

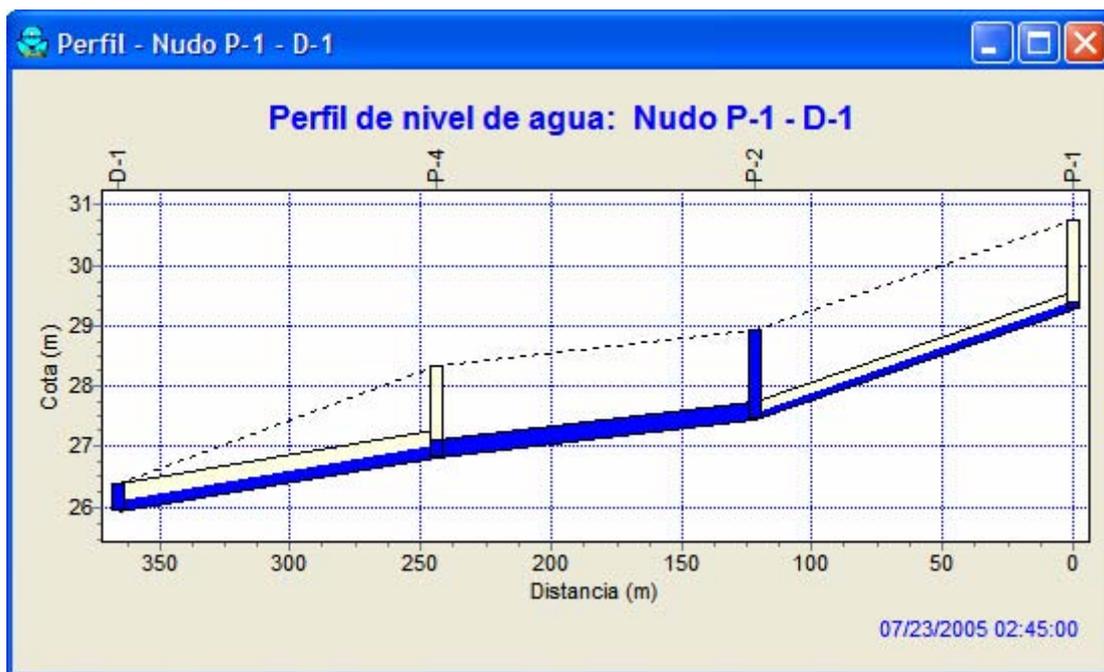


Figura 2.17. Ejemplo de un Gráfico de Perfil Longitudinal.

Conforme se mueve el instante de tiempo actual, bien a través del Visor de Mapa o bien con el control de Animación, el nivel de agua en el gráfico se actualiza. Nótese como el nudo **P-2** presenta niveles de inundación entre las 2:00 horas y las 3:15 horas del evento de lluvia seleccionado¹¹. La apariencia del gráfico puede personalizarse, así como también puede copiarse e imprimirse mediante el mismo procedimiento que el descrito para los gráficos de series temporales.

2.5.7 Realización de un Análisis mediante la Onda Dinámica Completa

En el análisis que se acaba de realizar en los apartados anteriores se ha seleccionado el método de la Onda Cinemática para la simulación hidráulica de la red de transporte. Se trata de un método aproximado, simplificado que no puede representar el comportamiento de fenómenos tales como: remansos, flujo a presión, flujo inverso y distribuciones no ramificadas del sistema (sistemas mallados). El programa SWMM incluye también como método de simulación hidráulica el método de la Onda Dinámica, que permite representar todo este tipo de condiciones. Este procedimiento de cálculo requiere, no obstante, más tiempo de cálculo dado que los incrementos de tiempo requerido para mantener la estabilidad del sistema son menores.

Muchos de los efectos descritos con anterioridad no son de aplicación en este ejemplo. No obstante, se dispone de un conducto, **T-2**, que se encuentra completamente lleno y genera algún tipo de inundación en el nudo aguas arriba (**P-2**). Podría ocurrir que este conducto se encontrara actualmente presurizado y pudiera conducir más caudal del que se calculó mediante el método de la Onda Cinemática. Por ello a continuación se analiza qué ocurre cuando se emplea el método de la Onda Dinámica.

Para realizar el análisis mediante el método de la Onda Dinámica:

¹¹ En la tabla de Resumen de Profundidades en los Nudos del Informe de Estado es posible obtener información más precisa de este hecho. En este caso, dicha tabla nos informa que el nudo P-2 permanece 63 minutos en condiciones de inundación. Este tiempo se alarga en apariencia a los 75 minutos debido a que el intervalo de presentación de resultados es de 15 minutos.

1. Seleccionar la categoría Opciones en el Visor de Datos y pulsar el botón .
2. Aparecerá la ventana de diálogo de Opciones de Simulación. Sobre dicho formulario debe seleccionarse como método de cálculo de caudales el método de la Onda Dinámica.
3. En la página de Onda Dinámica de la ventana de diálogo, emplear las opciones mostradas en la Figura 2.18 ¹².
4. Pulsar sobre el botón **OK** para cerrar el formulario y seleccionar **Proyecto**→**Realizar Simulación** (o bien pulsar sobre el botón ) para realizar de nuevo el análisis.

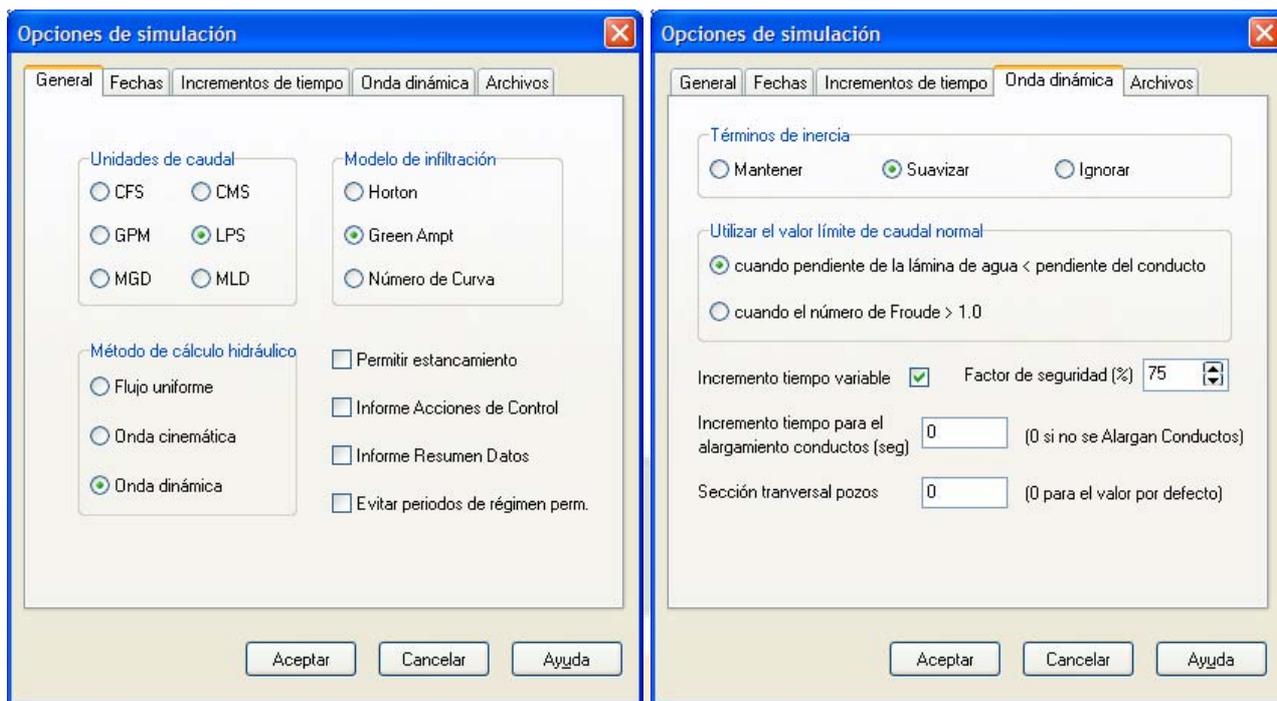


Figura 2.18. Opciones de simulación del método de la Onda Dinámica.

Si se analiza el Informe de Estado de este análisis, es posible detectar que el caudal punta transportado por el conducto **T-2** se incrementa desde 93,24 l/s (para el modelo de OC) a 115,16 l/s (para el modelo de OD) y además no existe ningún nudo en el que se produzca inundación.

2.6 Simulación de la Calidad del Agua

En la siguiente parte de este manual se analiza la calidad del agua en el ejemplo definido. SWMM tiene la capacidad de analizar la acumulación, arrastre, transporte y tratamiento de cualquier número de constituyentes de la calidad del agua. Los pasos necesarios para realizar un análisis de este tipo son:

1. Identificar los contaminantes que se desean analizar.
2. Definir las categorías de usos del suelo que generan estos contaminantes.
3. Seleccionar los parámetros de las funciones de acumulación y arrastre que determinan la calidad derivada de la escorrentía de cada tipo de uso del terreno.

¹² Normalmente cuando se realiza una simulación mediante el método de la Onda Dinámica, puede desearse reducir el incremento de tiempo de cálculo en la página de Incrementos de Tiempo. En el ejemplo desarrollado en este manual se continuará empleando como incremento de tiempo de cálculo 1 minuto.

4. Asignar la mezcla de usos del terreno de cada una de las cuencas.
5. Definir las funciones de eliminación de contaminantes en aquellos nudos del sistema de drenaje que tengan capacidad de tratamiento de éstos.

En el ejemplo desarrollado¹³ en este tutorial se van a aplicar todos los pasos descritos con anterioridad, a excepción del número 5.

En el ejemplo se definen dos tipos de contaminantes: la cantidad total de sólidos en suspensión (TSS), medidos en mg/l, y la concentración de plomo (Pb), medida en µg/l. Además, se especificará que la concentración de plomo en la escorrentía se fija como una fracción (0,25) de la concentración TSS. Para añadir estos contaminantes en el proyecto desarrollado:

1. En el Visor de Datos seleccionar la categoría **Calidad** y posteriormente la subcategoría **Contaminantes** que deriva de ella.
2. Pulsar sobre el botón  para añadir un nuevo contaminante al proyecto.
3. En el Editor de Contaminantes que aparece, ver Figura 2.19, introducir **TSS** como nombre del contaminante y dejar el resto de valores con los valores por defecto que asigna el programa.



Propiedad	Valor
Nombre	TSS
Unidades	MG/L
Concen. en Lluvia.	0.0
Concen. en Ag. Sub.	0.0
Concen. en Aportes I&I	0.0
Coef. Decaimiento	0.0
Solo nieve	NO
Co-Contaminante	
Co-Fracción	
Nombre asignado por el usuario al contaminante.	
Aceptar Cancelar Ayuda	

Propiedad	Valor
Nombre	Pb
Unidades	UG/L
Concen. en Lluvia.	0.0
Concen. en Ag. Sub.	0.0
Concen. en Aportes I&I	0.0
Coef. Decaimiento	0.0
Solo nieve	NO
Co-Contaminante	TSS
Co-Fracción	0.25
Nombre asignado por el usuario al contaminante.	
Aceptar Cancelar Ayuda	

a) Edición del contaminante TSS (Concentración total de sólidos en suspensión).

b) Edición del contaminante Plomo (Pb).

Figura 2.19. Ventana de diálogo para la Edición de Contaminantes.

¹³ Además de la escorrentía superficial, SWMM permite considerar la entrada de contaminantes en los nudos del sistema de drenaje a través de series temporales de aportes externos, caudales en tiempo seco, intercambio de caudales con el flujo subterráneo, y los aportes irregulares dependientes de la precipitación (RDII).

4. Pulsar el botón **Aceptar** para cerrar el editor.
5. Pulsar de nuevo el botón  del Visor de Datos para añadir otro contaminante.
6. En el Editor de Contaminantes, introducir **Plomo** como nombre del contaminante, seleccionar $\mu\text{g}/\text{l}$ (presentado como **UG/L**) para las unidades de la concentración, introducir **TSS** como nombre del contaminante asociado, e introducir el valor **0,25** como valor de la fracción de dicho contaminante.
7. Pulsar el botón **Aceptar** para cerrar el editor.

En el programa SWMM, los contaminantes asociados a la escorrentía se generan mediante los usos específicos del suelo asignados en cada una de las cuencas. En el ejemplo, se definen dos categorías diferentes para el uso del suelo: Residencial y Rústico. Para añadir estos usos del suelo al proyecto:

1. Seleccionar la subcategoría **Usos del Suelo** que se encuentra asociada a la categoría **Calidad** del **Visor de Datos** y posteriormente pulsar el botón .
2. En la ventana de diálogo del Editor de Usos del Suelo, tal como muestra la Figura 2.20, introducir **Residencial** en el campo **Nombre** y posteriormente pulsar el botón **Aceptar**.
3. Repetir a continuación los pasos 1 y 2 para crear la categoría de uso del suelo denominada **Rústico**.

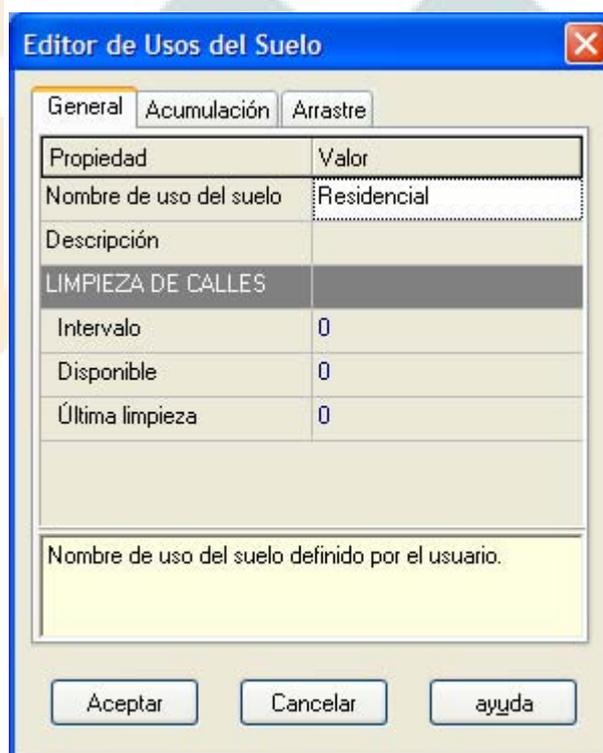


Figura 2.20. Ventana de diálogo para Editar los Usos del Suelo.

A continuación es necesario definir las funciones de acumulación y arrastre de contaminantes para TSS en cada uno de los usos del suelo. Las funciones para Pb no es necesario introducirlas ya que la concentración de su escorrentía se define como una fracción fija de la concentración de TSS. Normalmente la definición de estas funciones requiere una calibración in-situ para determinar los parámetros de las mismas.

En el ejemplo se asume que los sólidos en suspensión en las áreas de edificios definidos bajo la categoría de uso Residencial se acumulan a razón de 1 kg por ha y día hasta que se alcanza un valor límite de 50 kg por ha. Para el suelo Rústico se asume que la acumulación de TSS es como máximo la mitad de este valor. Para la función de arrastre de contaminantes, se asume un evento constante cuya concentración media es 100 mg/l para suelo Residencial y de 50 mg/l para suelo Rústico. Cuando ocurre la escorrentía, estas concentraciones se mantienen hasta que la acumulación disponible se agota. Para definir estas funciones para el suelo de uso Residencial:

1. Seleccionar la categoría de uso del suelo denominada **Residencial** desde el Visor de Datos y pulsar el botón .
2. En la ventana de diálogo de Edición de Usos del Suelo, desplazarse hasta la página Acumulación, tal como muestra la Figura 2.21.
3. Seleccionar el contaminante **TSS** y **POW** (para función potencial) como el tipo de función a emplear.
4. Asignar a la función un valor máximo de acumulación de **50**, a una razón constante de **1**, una potencia de **1** y seleccionar **AREA** como normalizador (normalizer).
5. Desplazarse a continuación hasta la página de Washoff (arrastre) de la ventana de diálogo y seleccionar el contaminante **TSS**. Seleccionar también **EMC** como tipo de función e introducir un valor de **100** para el coeficiente. Rellenar el resto de campos con el valor **0**.
6. Pulsar el botón OK para aceptar los valores introducidos.

A continuación realizar el mismo procedimiento para el uso del suelo Rústico, con la excepción de emplear un valor máximo de acumulación (buildup) de **25**, un ratio de acumulación constante (buildup rate) de **0.5**, una potencia de la función de acumulación de **1**, y un EMC de arrastre (washoff) de **50**.

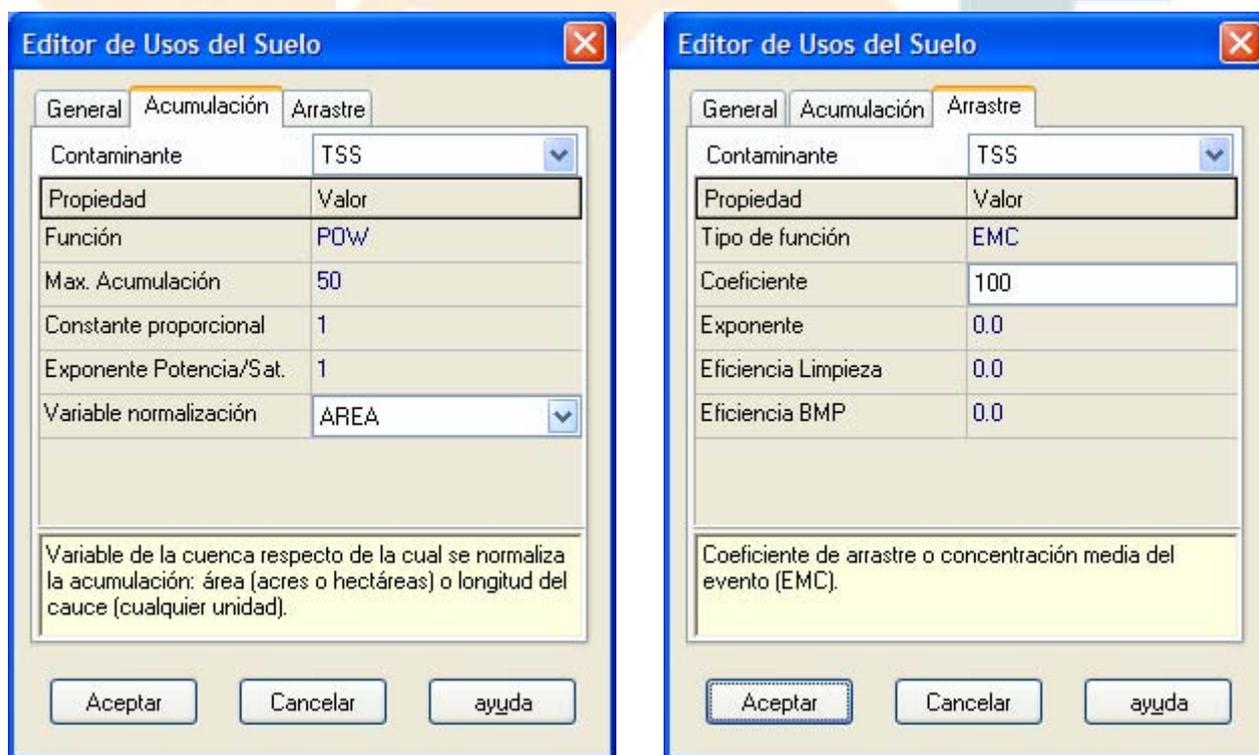


Figura 2.21. Definición de la función de acumulación y arrastre de TSS para el uso del suelo Residencial.

El paso final para tener completamente definido el ejemplo de calidad es asignar una mezcla de usos del suelo a cada una de las cuencas:

1. Seleccionar la cuenca **C-1** en el Editor de Propiedades.
2. Seleccionar la propiedad de Usos del Suelo y pulsar el botón adjunto (bien presionar la tecla *Enter*)
3. En la ventana de diálogo que aparece de Asignación de Usos del Suelo, introducir **75** para el porcentaje de área Residencial y **25** para el porcentaje de uso del suelo Rústico (ver Figura 2.22).
4. Repetir los mismos pasos para la cuenca **C-2**.
5. Repetir el mismo procedimiento para la cuenca **C-3**, excepto que se asignará un uso del suelo Residencial del **25%** y un **75%** para el suelo Rústico.

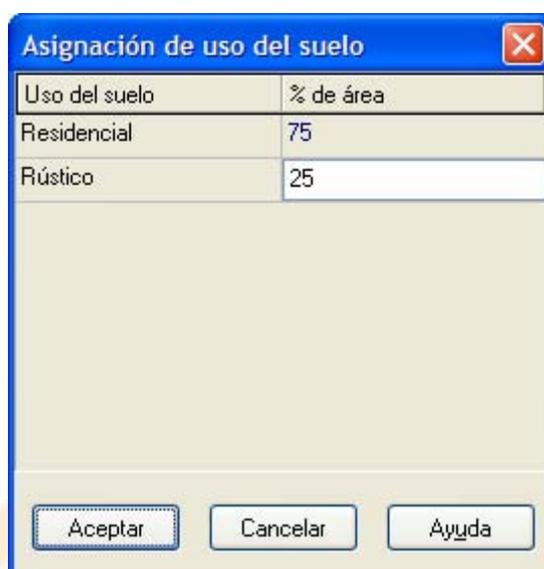


Figura 2.22. Ventana de diálogo de Asignación de Usos del Suelo.

Antes de simular las concentraciones de TSS y Plomo (Pb) derivadas de la escorrentía en el área de estudio, es necesario definir una acumulación inicial de TSS, de forma que puede ser arrastrada durante el episodio de lluvia. Puede especificarse bien el número de días de clima seco anteriores a la simulación o por el contrario especificar la masa acumulada en cada una de las cuencas. En el ejemplo desarrollado se empleará la primera de las opciones:

1. Desde la categoría **Opciones** del Visor de Datos, seleccionar la subcategoría Dates (Fechas) y pulsar el botón .
2. En la ventana de diálogo de las Opciones de Simulación, introducir el valor **5** en el campo Número de días previos sin lluvia.
3. Dejar el resto de las opciones de simulación con el mismo valor que se dejaron cuando se realizó el análisis mediante el método de la onda dinámica.
4. Pulsar el botón **OK** para cerrar la ventana de diálogo.

Realizar ahora una nueva simulación seleccionando la opción **Proyecto**→**Realizar Simulación** o bien pulsando el botón  en la Barra de Herramientas Estándar.

Cuando la simulación ha sido completada, puede analizarse el Informe de Estado (Status Informe). Nótese que dos nuevas secciones han aparecido en dicho informe, para determinar la Ecuación de Continuidad en la Calidad de la Escorrentía y la Ecuación de Continuidad en el Trazado de la Calidad. En la tabla de Continuidad en la Calidad de la Escorrentía pueden verse los resultados del valor inicial de almacenamiento de TSS en el área estudiada y un almacenamiento adicional añadidos durante el periodo seco previo a la simulación. La cantidad de Plomo arrastrada es un porcentaje (25% multiplicado por 0,001 para convertir de mg a μg) del valor TSS, tal como se había especificado anteriormente.

Si se representa la concentración de escorrentía de TSS para la cuencas C-1 y C-3 conjuntamente en el mismo gráfico de series temporales, tal como muestra la Figura 2.15, se pueden ver las diferencias de concentración resultantes de las diferentes mezclas de uso del terreno en estas dos áreas. También puede apreciarse como la duración durante la cual los contaminantes se arrastran es mucho más corta que la duración de la escorrentía completa de la lluvia empleada (por ejemplo, 1 hora frente a 6 horas).

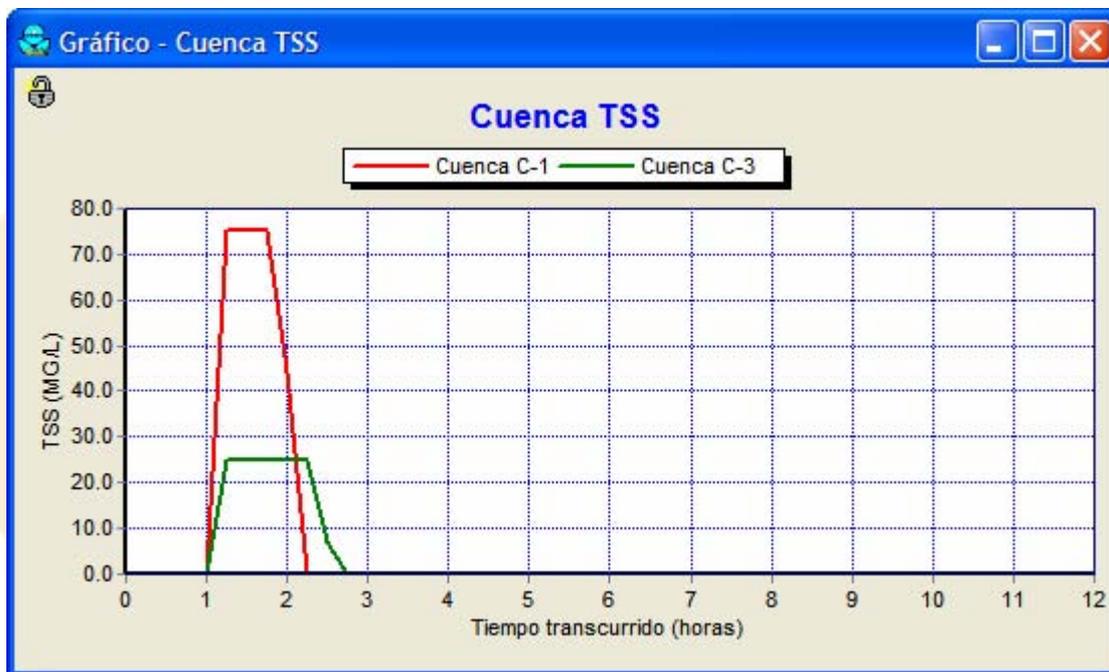


Figura 2.23. Concentración de TSS de la escorrentía en diferentes cuencas.

2.7 Realización de una Simulación Continua

Como ejercicio final de este tutorial se mostrará a continuación como realizar una simulación continua a lo largo del tiempo utilizando un registro histórico de lluvia. Al mismo tiempo se mostrará cómo realizar un análisis de frecuencia estadístico de los resultados. El registro de lluvia se obtendrá de un archivo denominado sta310301.dat que se recoge junto los ejemplos suministrados junto al programa SWMM. Este archivo contiene los datos de lluvia de algunos años comenzando en Enero de 1998 y con intervalos de tiempo de 1 hora. Los datos están almacenados en el formato DSI 3240 del Centro Nacional de Datos Climáticos de EEUU (Nacional Climatic Data Center). Este formato puede ser reconocido directamente por el programa SWMM.

Para realizar una simulación continua con un registro de lluvias:

1. Seleccionar el Pluviómetro **Lluvia_1** en el Editor de Propiedades.

2. Cambiar la opción de Origen de Datos a la opción **FILE** (Archivo).
3. Seleccionar el campo Nombre del Archivo y presionar el botón adjunto  (o presionar la tecla *Enter*) para abrir una ventana estándar de Windows que permite la selección del archivo con los datos de lluvia.
4. Navegar a través del formulario de selección de archivos hasta localizar donde se encuentra almacenado el fichero denominado **sta310301.dat** y pulsar la opción **Abrir** para seleccionar el archivo y cerrar la ventana de diálogo.
5. En el campo N° Estación del Editor de Propiedades introducir el valor **310301**.
6. Seleccionar la categoría **Opciones** en el Visor de Datos y pulsar el botón  para abrir el formulario de Opciones de Simulación.
7. En la página **General** del formulario, seleccionar el método de la **Onda Cinemática** para resolución del flujo (esto ayudará a aumentar la velocidad de los cálculos).
8. En la página **Fechas** del formulario, fijar las fechas tanto el Inicio del Análisis e Inicio del Informe en el valor **01/01/1998** y fijar la fecha del Fin del Análisis en el día **01/01/2000**.
9. En la página **Intervalos de Tiempo** del formulario, introducir como valor para el Cálculo Hidráulico en el valor **300** segundos (5 minutos).
10. Cerrar las Opciones de Simulación presionando el botón **Aceptar** y comenzar con la simulación seleccionando la opción **Proyecto→Realizar Simulación** o bien pulsando el botón  en la Barra de Herramientas Estándar.

Después de terminar la simulación continua se puede realizar un análisis de frecuencia estadístico de cualquiera de las variables que se calculan y suponen una salida del módulo de cálculo. Por ejemplo, puede determinarse la distribución de volúmenes de lluvia dentro de cada uno de los periodos de tormenta a lo largo del periodo de dos años simulado:

1. Seleccionar **Informe→Estadísticas** o pulsar el botón  de la Barra de Herramientas Estándar.
2. En la ventana de diálogo de Selección de Estadísticas que aparece, debe introducirse los valores mostrados en la Figura 2.24.
3. Pulsar el botón **Aceptar** para cerrar el formulario.

Los resultados de esta consulta es un formulario con un Informe Estadístico (ver Figura 2.25) que contiene tres páginas diferentes: una página de Resumen, una página de Eventos que contienen una lista de cada uno de los eventos ordenados según su rango, y una página de Histograma que contiene un gráfico de la frecuencia de ocurrencia frente a la magnitud del evento.

La página Resumen muestra que existe un total de 213 eventos de lluvia. La página de Eventos muestra otros datos estadísticos obtenidos durante la simulación. De hecho, el Informe de Estado de esta simulación continua indica que no había incidentes de inundación o tramos que entren en carga a lo largo del periodo de simulación.

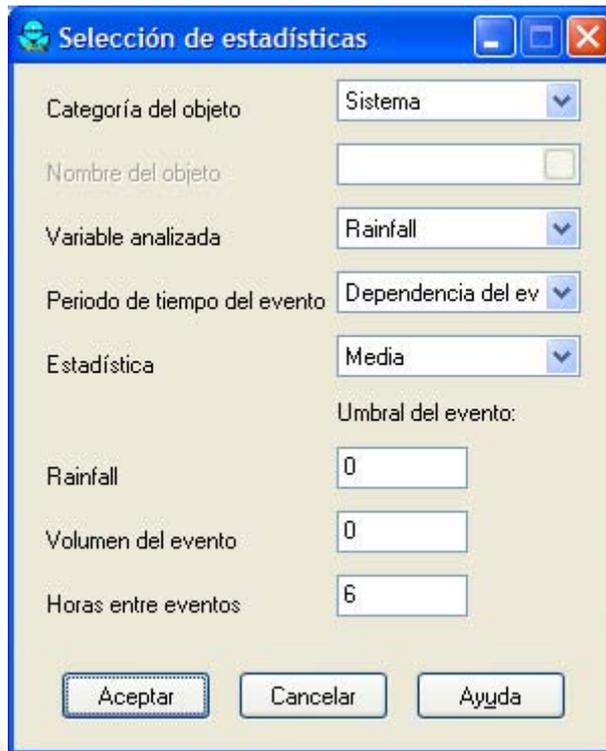


Figura 2.24. Ventana de diálogo de Selección de Estadísticas.

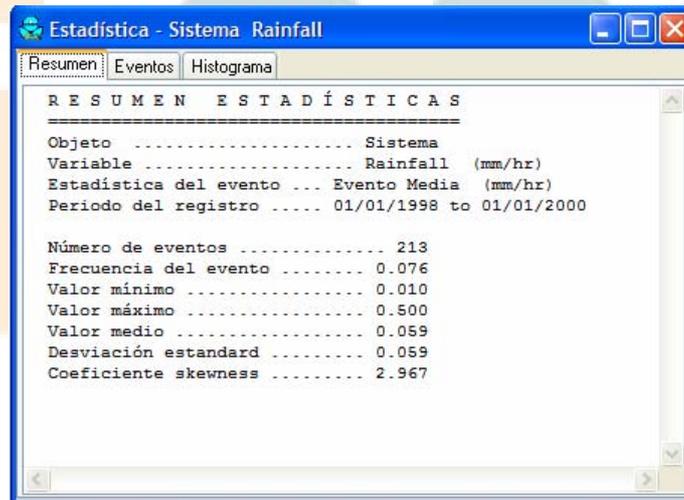


Figura 2.25. Informe del Análisis Estadístico.

A lo largo de este apartado tan sólo se han visto de forma superficial las capacidades del programa SWMM. Otras características del programa que pueden ser útiles son:

- ▶ Utilización de otros tipos adicionales de elementos de drenaje, tales como depósitos, divisores de caudal, bombas y reguladores, que permiten modelar sistemas más complejos.
- ▶ Utilización de reglas de control para simular la operación en tiempo real de bombas y elementos de regulación.
- ▶ El empleo de diferentes tipos de entradas de caudal en los nudos del sistema de drenaje impuestas de forma externa, tales como hidrogramas de entrada en los nudos, entradas de caudal en tiempo seco y flujos derivados de la infiltración y aportes en los conductos relacionados con la intensidad de lluvia.

- ▶ Modelación de la interacción entre los acuíferos contenidos en el interior de la cuenca y los nudos del sistema de drenaje.
- ▶ Modelación de la acumulación de nieve en las cuencas y el posterior deshielo.
- ▶ La capacidad de añadir datos de calibración al proyecto de forma que puedan compararse los resultados de la simulación con los valores realmente medidos.
- ▶ Utilización de un plano, un callejero de fondo o un mapa georreferenciado que permite ayudar a la introducción de los elementos del sistema al mismo tiempo que ayuda a informar de la localización real de los resultados obtenidos.

Puede encontrarse más información sobre estas y otras características del programa en el resto de capítulos de este manual.



3 MODELO CONCEPTUAL UTILIZADO POR SWMM

Este capítulo describe cómo SWMM modela los objetos y parámetros operacionales que constituyen un sistema de drenaje de aguas pluviales. Los detalles acerca de cómo se introduce la información en el programa se describirá en capítulos posteriores. Se aborda en el capítulo también una visión general de los fundamentos de cálculo computacional que SWMM utiliza para simular los fenómenos hidrológicos, hidráulicos y del comportamiento y transporte de la calidad del agua de un sistema de drenaje.

3.1 Introducción

SWMM representa el comportamiento de un sistema de drenaje mediante una serie de flujos de agua y materia entre los principales módulos que componen un análisis medioambiental. Estos módulos y sus correspondientes objetos de SWMM son los siguientes:

- ▶ El Módulo Atmosférico, desde la cual se analiza la lluvia caída y los contaminantes depositados sobre la superficie del suelo, que se analiza en el Módulo de Superficie del Suelo. SWMM utiliza el objeto Pluviómetro (**Rain Gage**) para representar las entradas de lluvia en el sistema.
- ▶ El Módulo de Superficie del Suelo, que se representa a través de uno o más objetos cuenca (**Subcatchment**). Estos objetos reciben la precipitación del Módulo Atmosférico en forma de lluvia o nieve; y generan flujos de salida en forma de infiltración para el Módulo de Aguas Subterráneas y también como escorrentía superficial y cargas de contaminantes para el Módulo de Transporte.
- ▶ El Módulo de Aguas Subterráneas recibe la infiltración del Módulo de Superficie del Suelo y transfiere una parte de la misma como flujo de entrada para el Módulo de Transporte. Esta módulo se modela utilizando los objetos **Aquifers** (Acuíferos).
- ▶ El Módulo de Transporte contiene una red con elementos de transporte (canales, tuberías, bombas y elementos de regulación) y unidades de almacenamiento y tratamiento que transportan el agua hacia los Nudos de Vertido (outfall) o las estaciones de tratamiento. Los flujos de entrada de este Módulo pueden provenir de la escorrentía superficial, de la interacción con el flujo subterráneo, de los caudales sanitarios correspondientes a periodos sin lluvia, o de hidrogramas de entrada definidos por el usuario. Los componentes del Módulo de Transporte se modelan con los objetos Nudos y Líneas.

En un determinado modelo de SWMM no es necesario que aparezcan todos los Módulos descritos anteriormente. Por ejemplo, un modelo puede tener tan solo el Módulo de Transporte, utilizando como entradas unos hidrogramas previamente definidos.

3.2 Componentes Físicos (Visual Objects).

La Figura 3.1 representa los componentes físicos que pueden presentarse en un sistema de drenaje de aguas pluviales. Estos componentes u objetos pueden representarse dentro del mapa de SWMM. Los siguientes apartados describen cada uno estos objetos.

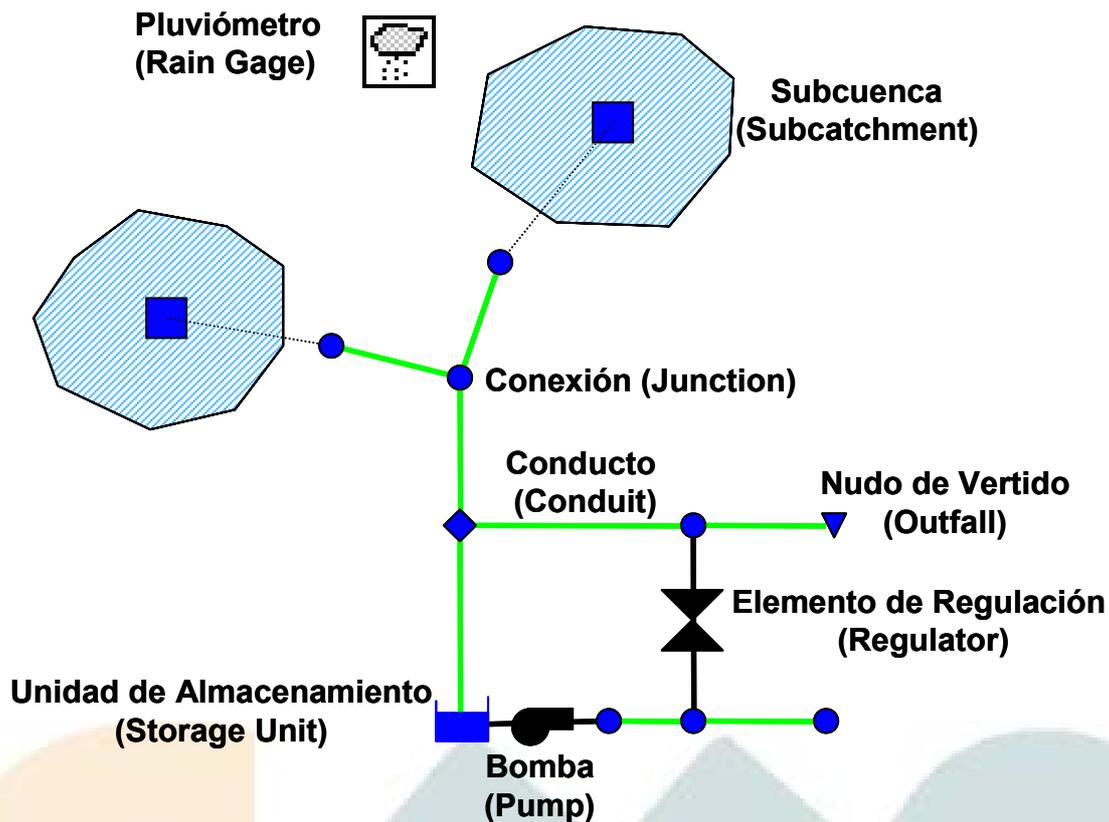


Figura 3.1. Ejemplo de los Componente Físicos empleados en el modelo de un sistema de drenaje.

3.2.1 Pluviómetros (Rain Gages).

Los Pluviómetros (Rain Gages) suministran los datos de entrada de las precipitaciones que ocurren sobre una o varias de las cuencas definidas en el área de estudio. Los datos de lluvia pueden ser definidos por el usuario mediante series temporales de datos o provenir de un archivo externo al programa. En la actualidad SWMM dispone de diferentes formatos de archivos de datos de lluvia, así como un formato estándar definido por el usuario.

Las propiedades principales de entrada de un pluviómetro son:

- ▶ Tipo de datos de lluvia (por ejemplo, intensidad de lluvia, volumen o volumen acumulado).
- ▶ Intervalo de tiempo de los datos (por ejemplo, cada hora, cada 15 minutos, etc.).
- ▶ Origen de los datos de lluvia (especificando si es una serie temporal o un archivo externo).
- ▶ Nombre del origen de datos de lluvia.

3.2.2 Cuencas (Subcatchments).

Las cuencas son unidades hidrológicas de terreno cuya topografía y elementos del sistema de drenaje conducen la escorrentía directamente hacia un punto de descarga. El usuario del programa es el encargado de dividir el área de estudio en el número adecuado de cuencas e identificar el punto de salida (outlet) de cada una de ellas. Los puntos de salida (outlet) de cada una de las cuencas pueden ser bien nudos del sistema de drenaje o bien otras cuencas.

Las cuencas pueden dividirse en subáreas permeables y subáreas impermeables. La escorrentía superficial puede infiltrarse en la parte superior del terreno de las subáreas permeables, pero no a través de las subáreas impermeables. Las áreas impermeables pueden dividirse a su vez en dos subáreas: una que contiene el almacenamiento en depresión y otra que no lo contempla. El flujo de escorrentía desde un subárea de la cuenca puede fluir hacia otra subárea o por el contrario dos subáreas pueden drenar directamente hacia la salida de la cuenca.

La infiltración de lluvia de las zonas permeables de una determinada cuenca sobre la parte superior del suelo no saturado puede describirse utilizando tres modelos diferentes:

- ▶ El modelo de infiltración de Horton.
- ▶ El modelo de infiltración de Green-Ampt.
- ▶ El modelo de infiltración basado en el Número de Curva del SCS.

Para modelar la acumulación, redistribución y deshielo de las precipitaciones que caen en forma de nieve en una cuenca, es necesario crear un objeto de Modelación de Nieve (Snow Pack object). Para modelar el flujo de aguas subterráneas entre un acuífero situado por debajo de la cuenca y un nudo del sistema de drenaje, es necesario establecer los parámetros de Aguas Subterráneas (Groundwater parameters) de la cuenca. La acumulación y el arrastre de contaminantes desde las cuencas pueden asociarse con los Usos del Suelo (Land Uses) asignados a la cuenca.

El resto de los parámetros principales de entrada de una cuenca son:

- ▶ El pluviómetro asignado.
- ▶ El nudo o la cuenca donde descarga la cuenca representada.
- ▶ Los usos del suelo asignados.
- ▶ Las áreas y superficies tributarias.
- ▶ El porcentaje de impermeabilidad.
- ▶ La pendiente de la cuenca.
- ▶ La anchura característica del flujo en superficie.
- ▶ Valor del coeficiente de Manning n para el flujo superficial tanto para áreas permeables como para áreas impermeables.
- ▶ El almacenamiento en depresión tanto para áreas permeables como áreas impermeables.
- ▶ El porcentaje de suelo impermeable carente de almacenamiento en depresión.

3.2.3 Nudos de Conexión.

Las conexiones son nudos del sistema de drenaje donde se conectan diferentes líneas entre sí. Físicamente pueden representar la confluencia de canales superficiales naturales, pozos de registro (manholes) del sistema de drenaje, o elementos de conexión de tuberías. Los aportes externos de caudal entran en el sistema a través de las conexiones. El exceso de agua en un nudo se traduce en un flujo parcialmente presurizado mientras las conducciones conectadas se encuentren en carga. Este exceso de agua puede perderse completamente del sistema o por el contrario estancarse en la parte superior para posteriormente volver a entrar de nuevo en la conexión.

Los parámetros principales de entrada de una conexión son:

- Cota de fondo o fondo del pozo que puede encontrarse en la conexión.
- Profundidad del pozo.
- Área superficial del área estancada cuando se produce un fenómeno de inundación. Es un parámetro opcional de entrada.
- Datos de aportes externos de caudal. Es también otro parámetro opcional.

3.2.4 Nudos de Vertido (Outfall Nodes)

Los Nudos de Vertido son nudos terminales del sistema de drenaje utilizados para definir las condiciones de contorno finales aguas abajo del sistema en el caso de utilizar el modelo de flujo de la Onda Dinámica (Dynamic Wave). Para otros tipos de flujo, los nudos de vertido se comportan como conexiones. Una restricción del modelo es que solo es posible conectar una línea con un Nudo de Vertido.

Las condiciones de contorno en los Nudos de Vertido pueden describirse mediante una de las siguientes relaciones:

- El calado crítico o el calado uniforme en la conexión con el conducto.
- Un nivel fijo de agua.
- El nivel de mareas representado como los diferentes niveles de la misma a lo largo del día.
- Una serie temporal que represente el nivel de agua en el punto de descarga a lo largo del tiempo.

Los parámetros de entrada principales de un Nudo de Vertido son:

- La cota de fondo.
- La descripción del tipo y estado de la condición de contorno.
- La presencia de una válvula de compuerta (flat valve) para prevenir el flujo inverso desde el Nudo de Vertido.

3.2.5 Divisores de flujo.

Los divisores de flujo son nudos del sistema de transporte utilizados para dividir el flujo en dos conductos de salida de modo definido por el usuario. Estos divisores de caudal tan solo pueden tener dos conductos en la descarga de los mismos. Se encuentran activos tan solo cuando se analiza el fenómeno mediante el modelo de la Onda Cinemática (Kinematic Wave) y se tratan como simples nudos cuando se emplea el modelo de la Onda Dinámica (Dynamic Wave).

Existen cuatro tipos de divisores, definido cada uno de ellos a partir del modo en que se reparten los caudales de entrada:

Divisor de Corte (Cutoff Divider) Deriva todos los caudales de entrada por encima

de un determinado valor de corte especificado.

<i>Divisor de Exceso (Overflow Divider)</i>	Deriva todos los caudales de entrada por encima de la capacidad del caudal del conducto no derivado.
<i>Divisor Tabular (Tabular Divider)</i>	Utiliza una tabla definida por el usuario para expresar la relación entre el caudal derivado en función del caudal total de entrada.
<i>Aliviadero (Weir Divider)</i>	Utiliza la ecuación característica de un aliviadero para derivar el caudal de entrada.

El flujo derivado a través de un Divisor de tipo Aliviadero se calcula mediante la ecuación

$$Q_{\text{div}} = C_w (f \cdot H_w)^{1.5}$$

donde Q_{div} es el caudal derivado, C_w es el coeficiente del aliviadero, H_w es la altura de agua en el aliviadero y f es un factor que se calcula mediante la expresión

$$f = \frac{Q_{\text{in}} - Q_{\text{min}}}{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}}$$

donde Q_{in} es el caudal de entrada en el divisor, Q_{min} es el caudal a partir del cual comienza la división de caudales y Q_{max} se calcula mediante la expresión

$$Q_{\text{max}} = C_w \cdot H_w^{1.5}$$

Los parámetros que el usuario debe especificar para determinar un divisor de tipo aliviadero son Q_{min} , H_w y C_w .

Los principales parámetros de entrada para un divisor de caudal son:

- Los mismos datos necesarios para representar una conexión, tal como se mostró en apartados anteriores.
- El nombre de la línea que recibe los caudales derivados.
- El método empleado para calcular la cantidad de caudal derivado.

3.2.6 Sistemas de almacenamiento.

Los sistemas de almacenamiento con nudos del sistema de drenaje con la capacidad para almacenar determinados volúmenes de agua. Físicamente pueden representar desde sistemas de almacenamiento pequeños como reducidas cuencas hasta sistemas grandes como lagos. Las propiedades volumétricas de un sistema de almacenamiento se representan como una tabla o una función que indica la superficie de almacenamiento en función de la altura del mismo.

Los principales parámetros de entrada de un sistema de almacenamiento son:

- La cota de fondo.

- La altura máxima del mismo.
- La tabla de datos que relaciona la altura del sistema de almacenamiento con la superficie del mismo.
- La proporción de evaporación que se produce en el sistema de almacenamiento.
- Superficie de almacenamiento del agua estancada cuando se produce inundación. Es un parámetro opcional que depende de si se encuentra activada o no la opción **Allow Ponding** (Permitir Inundación).
- Los datos de aportes externos de caudal. Es otro dato opcional.

3.2.7 Conductos

Los conductos son tuberías o canales por los que se desplaza el agua desde un nudo a otro del sistema de transporte. Es posible seleccionar la sección transversal las distintas variedades de geometrías abiertas y cerradas definidas en el programa. Asimismo el programa permite también definir áreas de sección transversal irregular permitiendo representar con ello cauces naturales.

SWMM emplea la ecuación de Manning para establecer la relación entre el caudal que circula por el conducto (Q), la sección del mismo (A), su radio hidráulico (R_h) y la pendiente (S) tanto para canales abiertos como para conductos cerrados parcialmente llenos. En unidades anglosajonas la ecuación de Manning se escribe

$$Q = \frac{1.49}{n} AR_h^{2/3} \sqrt{S}$$

Asimismo dicha ecuación en unidades del Sistema Internacional se expresa como

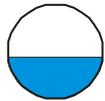
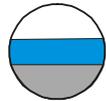
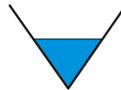
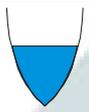
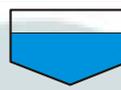
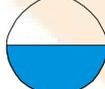
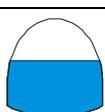
$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} \sqrt{S}$$

donde n es el coeficiente de rugosidad de Manning. Para el caso del Flujo Uniforme (Steady Flow) y para el caso del Análisis mediante la Onda Cinemática (Cinematic Wave) S se interpreta como la pendiente de la conducción. En el caso de emplear el Modelo de la Onda Dinámica (Dynamic Wave) se interpreta como la pendiente hidráulica del flujo (es decir, la pérdida por unidad de longitud).

Los principales parámetros de entrada para las conducciones son:

- Nombres de los nudos de entrada y salida.
- Alturas del conducto respecto de la cota de fondo de los nudos inicial y final.
- Longitud del conducto.
- Coeficiente de Manning.
- Geometría de la sección transversal del conducto.
- Coeficiente de pérdidas tanto para la entrada como para la salida del conducto.
- Presencia de una válvula de compuerta para prevenir el flujo inverso.

Tabla 3.1. Diferentes secciones transversales de conductos disponibles.

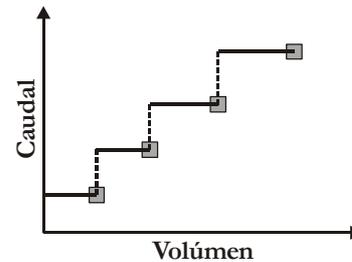
Nombre	Parámetros	Forma	Nombre	Parámetros	Forma
Circular	Profundidad		Circular Relleno	Profundidad, profundidad del relleno	
Rectangular Cerrado	Profundidad, ancho		Rectangular Abierto	Profundidad, ancho	
Trapezoidal	Profundidad, ancho en la parte superior, pendiente lateral		Triangular	Profundidad, ancho en la parte superior	
Elipse Horizontal	Profundidad		Elipse Vertical	Profundidad	
Arco	Profundidad		Parabólica	Profundidad, ancho en la parte superior	
Potencial	Profundidad, Ancho en la parte superior, exponente		Rectangular – Triangular	Profundidad, ancho	
Rectangular Redondeada	Profundidad, ancho		Cesta de mano modificada	Profundidad, ancho	
Huevo	Profundidad		Huella de caballo	Profundidad	
Gótico	Profundidad		Catenaria	Profundidad	
Semiéptica	Profundidad		Cesta de mano	Profundidad	
Semicircular	Profundidad				

3.2.8 Bombas

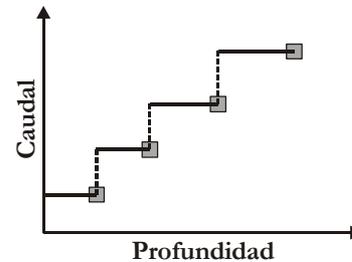
Las bombas son líneas elementos incluidos en el sistema de drenaje para elevar el agua. Se representan en el programa como un tipo de líneas con una curva característica. La curva de la bomba describe la relación que existe entre el caudal en la bomba y las condiciones de contorno en los nudos de entrada y salida de la misma. Existen cuatro formas diferentes de representar el comportamiento de una bomba:

Tipo I.

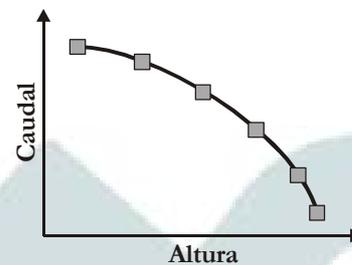
Una bomba no instalada en línea en el sistema. La bomba aspira de un pozo de aspiración de forma que el caudal aumenta en relación al volumen de agua disponible en el pozo.

Tipo II.

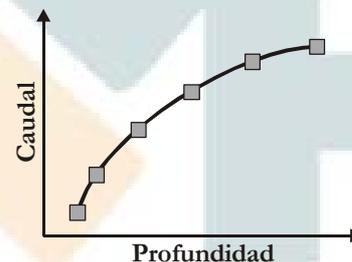
Una bomba instalada en serie en el sistema donde el caudal aumenta en función de la profundidad del agua (nivel) en el nudo de entrada (aspiración).

Tipo III.

Una bomba instalada en serie en el sistema donde el caudal varía de forma continua con la diferencia de alturas entre los nudos de entrada y salida. Su representación es la curva característica de la bomba.

Tipo IV.

Una bomba de velocidad variable instalada en serie en el sistema de forma que el caudal varía de forma continua con la profundidad del agua (nivel) del nudo de entrada (aspiración).



La puesta en marcha y parada de las bombas puede ser controlada dinámicamente a través de las Reglas de Control (Control Rules) definidas por el usuario.

Los principales parámetros de entrada de una bomba son:

- Nombres de los nudos de entrada y salida.
- Nombre de la Curva que representa el comportamiento de la bomba.
- Estado inicial (en marcha o parada) de la bomba.

3.2.9 Reguladores de Caudal (Flow Regulators).

Los Reguladores de Caudal (Flow Regulators) son estructuras y dispositivos utilizados para controlar y derivar los caudales dentro del sistema de transporte. Físicamente se emplean para:

- Control de las emisiones desde las unidades de almacenamiento.
- Prevención de fenómenos de entrada en carga inaceptables de conductos.

- Derivación de caudales para su tratamiento en los sistemas de intercepción.

Los elementos reguladores de caudal que puede modelar SWMM son los siguientes:

- Orificios (Orifices).
- Vertederos (Weirs).
- Descargas (Outlets).

Orificios (Orifices).

Los orificios se emplean para modelar descargas y estructuras de derivación en los sistemas de drenaje. Estos elementos normalmente son aperturas en las paredes de los pozos de registro, sistemas de almacenamiento o compuertas de control. Estos elementos en SWMM se representan como una línea que conecta dos nudos entre sí. Un orificio puede tener bien una forma circular o bien una forma rectangular, estar localizado bien en la parte superior o bien en el nudo aguas arriba del conducto, y eventualmente puede disponer de una válvulas de compuerta para prevenir el flujo inverso.

Los orificios se pueden utilizar como sistemas de descarga de las unidades de almacenamiento en cualquiera de los modelos hidráulicos contemplados en el programa. A menos que estos elementos se encuentren vinculados a un nudo con unidad de almacenamiento, este tipo de elementos solo puede emplearse en sistemas de drenaje cuando se emplea el modelo hidráulico de la Onda Dinámica (Dynamic Wave).

El flujo a través de un orificio completamente sumergido se puede calcular como

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

donde Q es el caudal, C es el coeficiente de descarga, A la sección del orificio, g la aceleración de la gravedad, y h la diferencia de alturas a través del orificio. El área de apertura de un orificio puede controlarse de forma dinámica a través de las Reglas de Control (Control Rules) definidas por el usuario.

Los principales parámetros de entrada de un orificio son:

- Nombre de los nudos de entrada y salida del orificio.
- Configuración, definiendo si el orificio se encuentra en la parte superior o en un lateral.
- Forma del orificio, indicando si es circular o rectangular.
- Altura del orificio sobre la cota de fondo del nudo.
- Coeficiente de descarga del orificio.

Vertederos (Weirs).

Los vertederos, al igual que los orificios, se emplean para modelar descargas y estructuras de separación del flujo en sistemas de drenaje. Los vertederos se localizan normalmente en los pozos de registro, a lo largo de uno de los lados de uno de los conductos o canales, o bien en los sistemas de almacenamiento. Internamente se representan en SWMM como una línea que une dos nudos, donde el vertedero en si

mismo se ubica en el nudo aguas arriba. Estos elementos pueden incluir también una válvula de compuerta para prevenir el flujo inverso.

El modelo SWMM contempla cuatro tipos diferentes de vertederos, cada uno de los cuales representa una expresión diferente del flujo a lo largo del vertedero, tal como muestra la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Diferentes tipos de aliviaderos disponibles.

Tipo de aliviadero	Forma de la sección transversal	Expresión
Transversal (Transverse)	Rectangular	$Q = C_w \cdot L \cdot h^{3/2}$
Descarga lateral (Side Flow)	Rectangular	$Q = C_w \cdot L \cdot h^{5/3}$
En V (V-notch)	Triangular	$Q = C_w \cdot S \cdot h^{5/2}$
Trapezoidal	Trapezoidal	$Q = C_w \cdot L \cdot h^{3/2} + C_{ws} \cdot S \cdot h^{5/2}$
C_w = coeficiente de descarga del vertedero, L = longitud del vertedero, S = pendiente del lado del vertedero en V o del vertedero trapezoidal, h = diferencia de alturas en el vertedero, C_{ws} = coeficiente de descarga a través de los lados de un vertedero trapezoidal.		

Los vertederos se pueden utilizar como descargas de las unidades de almacenamiento en cualquiera de los modelos hidráulicos contemplados en el programa. A menos que estos elementos se encuentren vinculados a un nudo con unidad de almacenamiento, este tipo de elementos solo puede emplearse en sistemas de drenaje cuando se emplea el modelo hidráulico de la Onda Dinámica (Dynamic Wave).

La altura de cresta del vertedero respecto de la cota de fondo del nudo de entrada puede controlarse dinámicamente mediante las Reglas de Control (Control Rules) definidas por el usuario. Este aspecto distintivo puede utilizarse para modelar presas inflables.

Los principales parámetros de entrada de un vertedero son:

- Nombre de los nudos de entrada y salida del vertedero.
- Forma y geometría del vertedero.
- Altura de la cresta del vertedero sobre la cota del fondo del nudo de entrada.
- Coeficiente de descarga.

Descargas (Outlets).

Las descargas (outlets) son dispositivos de control del caudal que se emplean de forma habitual para controlar los caudales de descarga de las unidades de almacenamiento. Se emplean para modelar sistemas con relaciones especiales entre la altura y el caudal de descarga que no pueden ser caracterizadas mediante bombas, orificios y vertederos. Las descargas se representan internamente en SWMM mediante una línea conectada entre dos nudos. Asimismo cualquiera de las descargas puede disponer de una válvula de compuerta que impide el flujo en una de las direcciones.

Las descargas vinculadas a unidades de almacenamiento están presentes en cualquiera de los tres modelos hidráulicos definidos en el programa. En el caso de que los orificios no estén vinculados a unidades de almacenamiento, tan solo puede utilizarse con el modelo hidráulico de la Onda Dinámica (Wave Dynamic).

El flujo a través de la descarga se especifica mediante una tabla definida por el usuario que recoge el flujo de caudal en función de la altura de diferencias en la misma.

Los principales parámetros de una descarga son:

- Nombre de los nudos de entrada y salida de la descarga.
- Altura sobre la cota de fondo del nudo de entrada.
- Función o tabla que relaciona la relación entre la altura y el caudal descargado por el vertedero.

3.2.10 Rótulos del Mapa (Mapa Labels).

Las etiquetas del Mapa son textos de tipo opcional que pueden añadirse al Mapa de Trabajo de SWMM para poder identificar los objetos o regiones del mapa. Las etiquetas pueden dibujarse mediante cualquiera de las fuentes de Windows, editarlas libremente y arrastrarlas a cualquier posición del mapa.

3.3 Objetos Virtuales (sin representación gráfica)

Además de los objetos físicos que pueden ser visualizados en el mapa, EPA SWMM utiliza las siguientes categorías de objetos virtuales para describir cada proceso, así como sus características adicionales dentro de un área de estudio.

3.3.1 Climatología

Temperatura.

Los datos de temperatura del aire se emplean para simular los procesos de caída y deshielo de la nieve durante los cálculos de escorrentía. En el caso de no simular este tipo de procesos no es necesario introducir los datos de temperatura. Estos datos de temperatura se suministran al programa SWMM mediante una de las siguientes formas:

- Una serie de valores a lo largo del tiempo definidos por el usuario, de forma que los valores para intervalos de tiempo intermedios se interpolan.
- Un fichero externo con los datos de climatología que contiene los valores máximo y mínimo diarios. SWMM ajusta una curva senoidal que pase por los puntos especificados dependiendo del día del año.

Para las series temporales de datos las temperaturas se expresan en °F para unidades IS (americanas) y en grados centígrados °C para unidades del sistema métrico. El archivo externo de datos climatológicos puede emplearse también para introducir los datos de evaporación y de velocidad del viento.

Evaporación.

La evaporación se puede dar para aguas estancadas en las superficies de las cuencas, para el agua subterránea contenida en los acuíferos, y para el agua acumulada en las unidades de almacenamiento. La cantidad de agua evaporada se puede definir de las siguientes formas:

- ▶ Un único valor constante.
- ▶ Un sistema de valores medios mensuales.
- ▶ Una serie temporal de valores diarios definidos por el usuario.
- ▶ Valores diarios leídos desde un archivo de datos climatológicos externo.

Si se utiliza un archivo de datos climatológico es necesario introducir también un juego de valores mensuales para poder convertir los datos de evaporación en valores de superficie libre del agua.

Velocidad del viento.

La velocidad del viento es una variable climatológica opcional que se emplea tan solo en los cálculos de deshielo de nieve. SWMM puede emplear bien un juego de valores medios mensuales de la velocidad o bien los valores de datos de la velocidad del aire contenidos en el mismo archivo de datos climatológicos empleado para las temperaturas máximas y mínimas diarias.

Deshielo de la nieve (snowmelt).

Los parámetros de deshielo de la nieve son variables de tipo climático que se aplican a lo largo del área de estudio cuando se simula tanto la caída como el deshielo de nieve. Esto incluye:

- ▶ La temperatura del aire a partir de la cual las precipitaciones se producen en forma de nieve.
- ▶ Las propiedades de intercambio de calor de la superficie de nieve.
- ▶ La corrección de a longitud, latitud y elevación del área de estudio.

Reducción del área de nieve (areal depletion).

La Reducción del Área de Nieve (Areal Depletion) se refiere a la tendencia de la nieve acumulada a deshacerse de forma no uniforme sobre la cuenca. Conforme se produce el proceso de deshielo, el área cubierta por la nieve se reduce. Este comportamiento se describe mediante una curva de Reducción del área de nieve que representa la fracción respecto del área total que permanece cubierto de nieve respecto de la relación entre la profundidad instantánea de nieve y la profundidad de cuando se admite que la nieve cubre el 100%. Una curva típica de este tipo de fenómeno es la que recoge, para un área natural, la Figura 3.2. En el programa SWMM pueden introducirse dos curvas de este tipo, una para áreas de tipo impermeable y otra para áreas permeables.

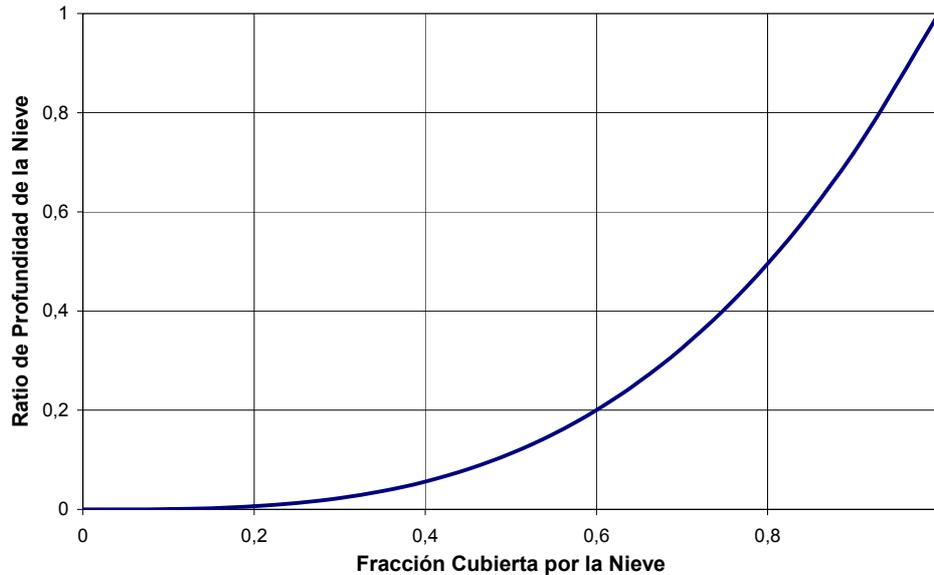


Figura 3.2. Curva de Reducción del Área de Nieve para un área natural.

3.3.2 Objetos de Modelación de Nieve (Snow Packs).

Los objetos de Modelación de Nieve (Snow Packs) contienen parámetros que caracterizan la acumulación, eliminación y deshielo de la nieve en los tres tipos de sub-áreas que se definen en una cuenca:

- ▶ El área de nieve acumulada en surcos (Plowable Snow Pack Area), que consiste en una fracción definida por el usuario del total del área impermeable. Pretende representar áreas tales como calles, aparcamientos donde puede realizarse la eliminación tanto de nieve como de surcos o montones de nieve.
- ▶ El área de nieve acumulada impermeable (Impervious Snow Pack Area) que permanece cubriendo el área impermeable de la cuenca.
- ▶ El área de nieve acumulada permeable (Pervious Snow Pack Area) que abarca la totalidad del área permeable de una cuenca.

Cada una de estas tres áreas se caracteriza mediante los siguientes parámetros:

- ▶ Coeficientes de deshielo de nieve máximos y mínimos.
- ▶ Temperatura de aire mínima a partir de la cual ocurre el deshielo de la nieve.
- ▶ Profundidad de nieve por encima de la cual queda cubierta el 100% del área.
- ▶ La profundidad inicial de nieve.
- ▶ El contenido de agua libre inicial y máximo en las acumulaciones de nieve.

Además, es posible asignar una serie de parámetros para la eliminación de la nieve en el área con surcos de nieve (Plowable Area). Estos parámetros son la profundidad a partir de la cual comienza la eliminación de la nieve y las fracciones de nieve desplazadas hacia otras áreas.

El objeto de modelación de nieve a cada una de las cuencas se asigna a través de la propiedad **Snow Pack** de las mismas. Un único objeto de modelación de la nieve puede aplicarse a un amplio número de cuencas. La asignación de un módulo de nieve a una cuenca establece los parámetros de deshielo y las condiciones iniciales de la nieve en cada una de las cuencas. Internamente, SWMM crea un módulo de nieve físico para cada una de las cuencas, que analiza la acumulación de nieve y el deshielo de la misma para una determinada cuenca basada en los parámetros de su módulo de nieve, las áreas permeables e impermeables, y los valores históricos de precipitación.

3.3.3 Acuíferos

Los acuíferos son áreas subsuperficiales de agua subterránea utilizadas para modelar el movimiento vertical del agua infiltrada desde las cuencas que se encuentran en la parte superior. Del mismo modo, también permiten la infiltración de las aguas subterráneas en el sistema de transporte o la exfiltración de las aguas superficiales del sistema de transporte, dependiendo esto del gradiente hidráulico existente. El mismo objeto acuífero puede ser compartido por diferentes cuencas. Los acuíferos son necesarios únicamente en modelos en los que se contempla la posibilidad de intercambio de volúmenes de agua entre las aguas subterráneas y el sistema de drenaje o bien en sistemas en los que se establecen los caudales básicos y las curvas de retroceso de cauces naturales y sistemas no urbanos.

Los acuíferos se representan utilizando dos zonas, una zona insaturada y otra zona saturada. Su comportamiento se caracteriza utilizando parámetros tales como la porosidad del suelo, la conductividad hidráulica, la profundidad de evapotranspiración, la cota de la parte superior del acuífero, y las pérdidas en función de la profundidad del pozo. Además debe introducirse como datos una tabla con los datos de nivel inicial e mezcla inicial de la zona insaturada.

Los acuíferos se conectan con las cuencas y los nudos del sistema de drenaje tal como se describe en la propiedad **Groundwater Flow** de la cuenca. Esta propiedad también contiene parámetros que controlan el caudal de aguas subterráneas entre la zona saturada del acuífero y el nudo del sistema de drenaje.

3.3.4 Hidrogramas Unitarios.

Los Hidrogramas Unitarios (UHs) se utilizan para estimar las infiltraciones y entradas de caudal en conductos dependientes de la precipitación (RDII). Un hidrograma unitario contiene hasta tres de estos hidrogramas, uno para la respuesta a corto plazo, otro para la respuesta a medio plazo y otro para la respuesta a largo plazo. Un grupo de hidrogramas unitarios puede tener hasta 12 hidrogramas unitarios diferentes, uno para cada uno de los meses del año. Cada grupo de hidrogramas unitarios se considera como un objeto individual en SWMM, al cual se asigna un nombre único con el nombre del indicativo de lluvia que contiene los datos de precipitaciones necesarios.

Cada hidrograma unitario, tal como muestra la Figura 3.3., se define mediante tres parámetros:

- ▶ R: fracción del volumen de lluvia que se incorporan al sistema de alcantarillado.
- ▶ T: tiempo transcurrido desde el inicio de la lluvia hasta que se alcanza el valor máximo del hidrograma unitario en horas.

- K: la relación entre el tiempo de anulación de los valores del hidrograma unitario y el tiempo que tarda en ocurrir el valor máximo.

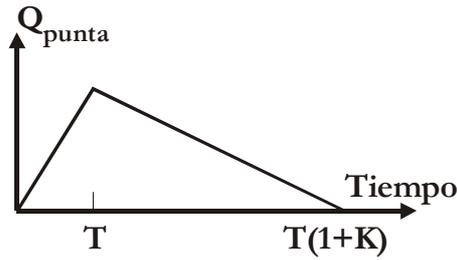


Figura 3.3. Un hidrograma unitario del fenómeno RDII.

Para generar un caudal RDII en uno de los nudos del sistema de drenaje, el nudo debe identificar (a través de la propiedad **Inflows**) el grupo de hidrogramas unitarios y el área de infiltración de los alrededores que contribuye con el caudal RDII.



Una alternativa al empleo de hidrogramas unitarios para definir el caudal RDII es crear un fichero RDII externo que contiene una serie de datos temporales de dicho fenómeno.

3.3.5 Secciones Transversales

Las secciones transversales se refieren a datos geométricos que describen como varía la cota de fondo del conducto en función de la distancia a lo largo de una sección longitudinal de un cauce natural o de un conducto de sección irregular. La Figura 3.4 representa un ejemplo de Sección Transversal para un cauce natural.

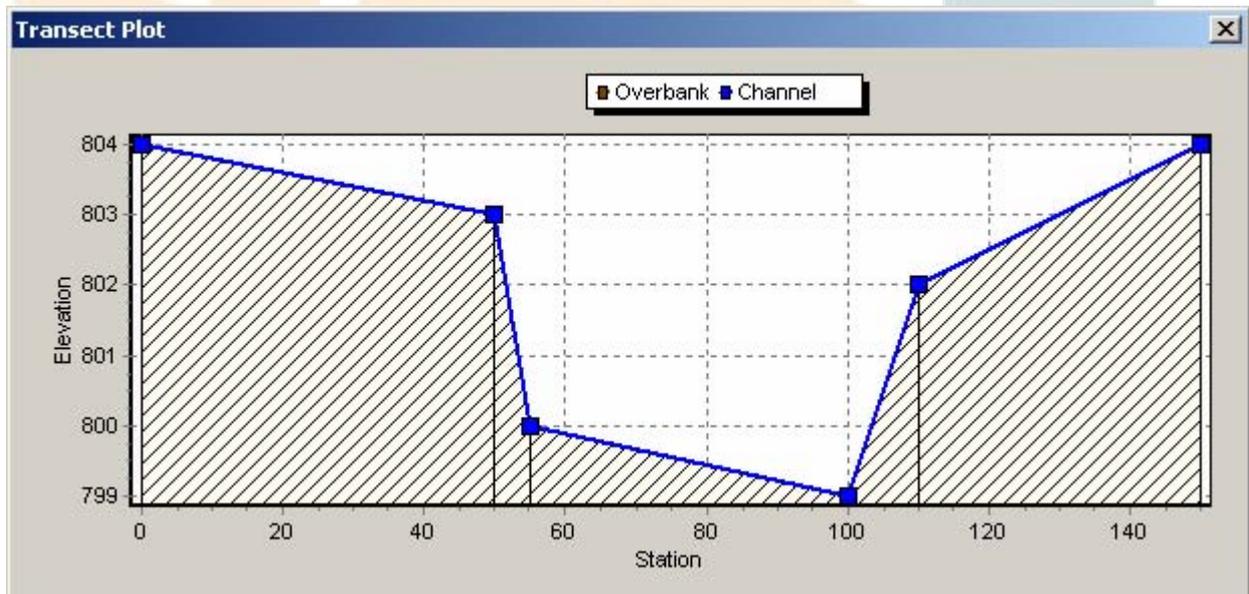


Figura 3.4. Ejemplo de la Sección Transversal de un cauce natural.

Cada sección transversal tiene que poseer su propio nombre de identificación, de modo que pueda ser referida por los conductos cuya forma queda representada por la sección. Para la edición de este tipo de secciones se dispone de un Editor de Secciones Transversales que permite introducir los datos de cotas de cada uno de los puntos definidos en la sección. SWMM internamente convierte estos datos en

tablas de área, ancho en la parte superior, y radio hidráulico en función de la profundidad del cauce. Además, tal como muestra la figura anterior, cada sección transversal puede tener una sección lateral cuyo coeficiente de rugosidad de Manning puede ser diferente que para el canal principal. Este hecho permite realizar estimaciones más realistas del transporte en canales bajo condiciones de gran caudal.

3.3.6 Aportes externos de caudal (External Inflows).

Además de las entradas de caudal provenientes de la escorrentía y de las aguas subterráneas de las cuencas, los nudos del sistema de drenaje pueden recibir otros tres tipos de aportes externos de caudal:

- ▶ Aportes directos de caudal (Direct Inflows). Se trata de series temporales de valores de caudales que entran directamente en el nudo definidos por el usuario. Pueden utilizarse para representar el modelo hidráulico de caudales y calidad de agua en ausencia de cálculos de escorrentía (tal como puede ocurrir en sistemas en los que no se definen cuencas).
- ▶ Caudales de tiempo seco (Dry Weather Inflows). Existen continuas entradas de caudal que reflejan las contribuciones que los caudales de aguas negras realizan al sistema de drenaje. Puede considerarse estos caudales como unos caudales de referencia de los conductos o canales. Estos caudales se representan mediante un caudal de entrada medio que puede ajustarse de forma periódica, bien mensualmente, diariamente y de hora en hora mediante la aplicación de unos patrones (**Time Pattern**) que multiplican el valor introducido como referencia.
- ▶ Entradas e Infiltraciones relacionados con las Lluvias (Rainfall-Derived Infiltration/Inflow, RDII). Se trata de caudales que provienen de las aguas de lluvia que se introducen en los sistemas de saneamiento (bien unitarios bien separativos) debido a aportes directos en las conexiones con los pozos de registro, en los colectores de bombeos, en el fondo de los sistemas de drenaje, etc.; así como de las infiltraciones de aguas subsuperficiales a través de roturas en las conducciones, fugas en las conexiones, malas conexiones de los pozos de registro, etc. Los caudales RDII pueden calcularse para los datos de una determinada lluvia basándose en una serie de hidrogramas unitarios que establecen la respuesta a corto plazo, medio plazo y largo plazo en cada uno de los períodos de tiempo de la lluvia definida. Los caudales RDII pueden también definirse como ficheros externos de caudales RDII.

Las entradas de caudal de aporte directo, de tiempo seco y de RDII son propiedades asociadas a cada tipo de nudo del sistema de saneamiento (conexiones, nudos de vertido, divisores de caudal, y unidades de almacenamiento) y puede especificarse al editarse las propiedades del nudo. También es posible emplear los caudales de salida generados de un determinado sistema de saneamiento situado aguas arriba como entrada de otro sistema situado aguas abajo. Para ello es necesario utilizar archivos como interface de intercambio de dicha información. Más detalles acerca de este punto pueden verse en el apartado 11.8 de este manual.

3.3.7 Reglas de Control (Control Rules).

Las Reglas de Control (Control Rules) determinan el comportamiento de las bombas y elementos de regulación del sistema de drenaje a lo largo de la simulación. Algunos ejemplos de este tipo de reglas son:

Control simple temporal de una bomba.

```
RULE R1
IF SIMULATION TIME
THEN PUMP 12 STATUS = ON
ELSE PUMP 12 STATUS = OFF
```

Control múltiple del estado de una compuerta.

```
RULE R2A
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 100
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0.5
```

```
RULE R2B
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 200
THEN ORIFICE R55 SETTING = 1.0
```

```
RULE R2C
IF NODE 23 DEPTH <= 12
OR LINK 165 FLOW <= 100
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0
```

Funcionamiento de una Estación de Bombeo.

```
RULE R3A
IF NODE N1 DEPTH > 5
THEN PUMP N1A STATUS = ON
```

```
RULE R3B
IF NODE N1 DEPTH > 7
THEN PUMP N1B STATUS = ON
```

```
RULE R3C
IF NODE N1 DEPTH <= 3
THEN PUMP N1A STATUS = OFF
AND PUMP N1B STATUS = OFF
```

El Apéndice C.3 describe con más detalle el formato que deben tener estas reglas de control y el funcionamiento del editor especial empleado para ello.

3.3.8 Agentes contaminantes (Pollutants).

El programa SWMM permite estudiar la generación, entrada y transporte de cualquier número de contaminantes definidos por el usuario. La información necesaria para cada uno de estos agentes contaminantes es:

- ▶ Nombre del agente contaminante.
- ▶ Unidades de concentración (es decir, miligramos/litro, microgramos/litro, o unidades/litro).
- ▶ Concentración del contaminante en las aguas provenientes de la lluvia.
- ▶ Concentración del contaminante en las aguas subterráneas.
- ▶ Concentración del contaminante en los procesos de entrada directa o de infiltración.
- ▶ Coeficiente de decaimiento para la reacción de primer orden.

En el programa SWMM es posible definir también agentes contaminantes asociados (co-pollutants). Por ejemplo, un contaminante X puede tener un contaminante asociado Y, lo que significa que la concentración de X en la escorrentía tiene una fracción fija de la concentración de escorrentía de Y añadida a la misma.

La acumulación y arrastre de contaminantes desde las áreas de las cuencas se determinan a partir de los usos del suelo asignados a dichas áreas. Es posible también introducir cargas de contaminante en el sistema de saneamiento mediante series temporales de caudales de entrada, así como mediante los caudales de tiempo seco.

3.3.9 Usos del Suelo (Land Uses).

Los usos del suelo son categorías de las actividades desarrolladas o bien características superficiales del suelo asignadas a las cuencas. Algunos ejemplos de posibles usos del suelo son: uso residencial, industrial, comercial y no urbanizado. Las características superficiales del suelo incluyen parámetros tales como césped, pavimentos, terrazas, suelos sin uso, etc. Los usos del suelo se utilizan únicamente para considerar los fenómenos de acumulación y arrastre de contaminantes en las cuencas.

El usuario de SWMM dispone de múltiples opciones para definir los usos del suelo y asignar los mismos a las áreas de las cuencas. Una aproximación consiste en asignar una mezcla de usos del suelo para cada cuenca, lo que origina que todos los usos del suelo de la cuenca tengan las mismas características permeables e impermeables. Otra aproximación consiste en crear cuencas que tengan tan solo un único uso del suelo, de forma que se pueden especificar características de las áreas permeables e impermeables diferentes en cada cuenca y lógicamente en cada uso del suelo.

Los procesos que definen cada uno de los usos del suelo son:

- ▶ Acumulación de contaminante.
- ▶ Arrastre de contaminante.
- ▶ Limpieza de calles.

Acumulación de agentes contaminantes.

La acumulación de contaminantes dentro de uno de los usos del suelo se describe como la masa por unidad de área de la cuenca. La masa se expresa en libras (pounds) en unidades US (americanas) y el kilogramos en unidades del sistema internacional. La cantidad contaminante acumulado es una función del número de días de clima seco previos a la lluvia y puede calcularse mediante una de las expresiones siguientes:

- ▶ Función Potencial. La acumulación de contaminantes (B) es proporcional al tiempo (t) elevado a una cierta potencia, hasta que se alcanza un determinado valor máximo

$$B = \text{Min}(C_1, C_2 t^{C_3})$$

donde C_1 es la acumulación máxima posible (masa por unidad de área), C_2 es la constante de crecimiento del contaminante acumulado, y C_3 es el exponente del tiempo.

- ▶ Función Exponencial. La acumulación sigue un crecimiento exponencial que se aproxima asintóticamente a un determinado valor máximo

$$B = C_1(1 - e^{-C_2 \cdot t})$$

donde C_1 es la acumulación máxima posible (masa por unidad de área) y C_2 es la constante de crecimiento del contaminante acumulado (1/día).

- ▶ Función Saturación. La acumulación comienza de forma lineal y progresivamente disminuye a lo largo del tiempo hasta que se alcanza un determinado valor de saturación

$$B = \frac{C_1 \cdot t}{C_2 + t}$$

donde C_1 es la acumulación máxima posible (masa por unidad de área) y C_2 es la constante semi-saturación (número de días necesario para alcanzar la mitad de la máxima acumulación posible).

Arrastre de agentes contaminantes.

El arrastre de agentes contaminantes para una determinada categoría de uso del suelo ocurre durante los periodos secos (sin lluvia) y puede describirse mediante una de las siguientes formas:

- ▶ Arrastre Exponencial (Exponential Washoff). La carga de arrastre (W) en unidades de masa por hora es proporcional al producto de la escorrentía elevado a una cierta potencia y a la cantidad de contaminante acumulado

$$W = C_1 \cdot q^{C_2} \cdot B$$

donde C_1 es el coeficiente de arrastre, C_2 el exponente de arrastre, q la escorrentía por unidad de área (pulgadas/hora o mm/hora), y B es la acumulación de contaminante (libras o kg) por unidad de área. Las unidades de masa de arrastre son las mismas que las utilizadas para expresar las concentraciones de contaminantes (miligramos, microgramos o unidades).

- ▶ Curva de Flujo de Arrastre (Rating Curve Washoff). El flujo de arrastre (W) en unidades de masa por segundo es proporcional al caudal de escorrentía elevado a una cierta potencia

$$W = C_1 \cdot Q^{C_2}$$

donde C_1 es el coeficiente de arrastre, C_2 el exponente de arrastre, y Q la escorrentía en las unidades definidas por el usuario.

- ▶ Concentración Media del Episodio (Event Mean Concentration). Se trata de un caso especial de curva para determinar el flujo de arrastre donde el exponente es 1.0 y el coeficiente C_1 representa la concentración de contaminante arrastrado en unidades de masa por litro. Nótese que la conversión entre las unidades de caudal definidas por el usuario para la escorrentía y los litros se realiza internamente en SWMM.

Nótese que en cualquiera de los tres casos la acumulación de contaminante disminuye conforme se procede el fenómeno de arrastre. De esta forma el fenómeno de arrastre finaliza cuando no existe más contaminante acumulado.

Las cargas de arrastre para un determinado contaminante y uso del suelo pueden reducirse en un porcentaje fijo sin más que especificar el Rendimiento de Eliminación (Renoval Efficiency) BMP. Este valor refleja la efectividad de cualquiera de los controles BMP asociados con el uso del suelo. También es posible utilizar la opción **Event Mean Concentration**, sin necesidad de modelar ninguna acumulación de contaminante.

Limpieza de calles (Street Sweeping).

La limpieza de la calle se puede utilizar periódicamente en todos los tipos de suelo para reducir la acumulación de determinados agentes contaminantes. Los parámetros que describen la limpieza de calles son:

- ▶ Días entre dos limpiezas consecutivas.
- ▶ Días desde la última limpieza y el principio de la simulación.
- ▶ La fracción de los contaminantes acumulados que es posible eliminar mediante la limpieza de calles.
- ▶ La fracción de los contaminantes acumulados que se elimina mediante la limpieza.

Nótese que estos parámetros pueden ser diferentes para cada tipo de suelo, y el último parámetro puede variar también dependiendo del contaminante.

3.3.10 Tratamiento (Treatment).

La eliminación de los contaminantes del flujo que entra en uno de los nudos de un sistema de saneamiento se modela asignando una serie de funciones de tratamiento a las características del nudo. Una función de tratamiento puede ser cualquier expresión matemática que incluya:

- ▶ La concentración de contaminante de la mezcla de cualquier caudal que entra en el nudo (utilizar el nombre del contaminante para representar la concentración del mismo).

- ▶ Las cantidades eliminadas de otros contaminantes. Para ello utilizar el prefijo **R_** delante del contaminante cuya eliminación se desea representar.
- ▶ Cualquiera de las variables de proceso siguientes:
 - **FLOW** para el caudal que entra en el nudo (en las unidades de caudal definidas por el usuario).
 - **DEPTH** para el calado de agua respecto de la cota de fondo del nudo (en pies o metros).
 - **AREA** para la superficie del nudo (en pies cuadrados o metros cuadrados).
 - **DT** para del incremento de tiempo del módulo hidráulico (routing time), expresado en segundos.
 - **HRT** para el tiempo hidráulico de permanencia (expresado en horas).

El resultado de una función de tratamiento puede ser bien una concentración (denotada mediante la letra **C**) o bien la fracción del contaminante eliminada (denotada mediante la letra **R**). Por ejemplo, una expresión de decaimiento de primer orden para la DBO proveniente de un almacenamiento podría expresarse de la siguiente forma:

$$C = \text{BOD} * \exp(-0.05 * \text{HRT})$$

Otro ejemplo podría ser la eliminación del mismo contaminante proporcionalmente a la eliminación de sólidos en suspensión (TSS):

$$R = 0.75 * R_{\text{TSS}}$$

3.3.11 Curvas (Curves)

Las curvas son objetos definidos en SWMM para establecer la relación entre dos cantidades. Los diferentes tipos de curvas disponibles en SWMM son:

- ▶ Curvas de Almacenamiento (Storage Curves), que describen como varía la superficie de una unidad de almacenamiento representada en un nudo con la profundidad de agua en el mismo.
- ▶ Curvas de División (Diversión Curves), que permiten representar el caudal de salida dividido respecto del caudal de entrada en uno de los Divisores de Caudal.
- ▶ Curvas de Marea (Tidal Curves) que describen como varían las condiciones de un Nudo de Vertido a lo largo del día.
- ▶ Curvas de Bombas (Pump Curves) que relacionan el caudal que impulsa la bomba bien con la profundidad o volumen de agua en el nudo aguas arriba de la misma, bien con la altura suministrada (curva característica) por la propia bomba.
- ▶ Curvas de Descarga (Rario Curves) que relacionan el caudal a través de una de las líneas de descarga (outlets) con la diferencia de alturas en la misma.

Cada una de las curvas debe tener su propio nombre identificativo que ha de ser único dentro de un mismo proyecto de SWMM. A cada una de estas curvas se le puede asignar tantos datos como se desee.

3.3.12 Series temporales de datos (Serie Temporal).

Las series temporales de datos (Serie Temporal) son objetos definidos en SWMM para describir determinadas propiedades de algunos de los objetos del proyecto que varían con el tiempo. Estas series temporales pueden utilizarse para introducir:

- ▶ Los datos de temperatura.
- ▶ Los datos de evaporación.
- ▶ Los datos de lluvia.
- ▶ Los niveles en los nudos de descarga.
- ▶ Hidrogramas externos de entrada de caudal al sistema de saneamiento a través de los nudos.
- ▶ Poluto gramas externos de entrada al sistema de saneamiento a través de los nudos.

Cada una de las Series temporales de datos debe tener su propio nombre identificativo que ha de ser único dentro de un mismo proyecto de SWMM. A cada una de estas curvas se le puede asignar tantos datos como se desee. El tiempo se puede especificar bien en horas desde el inicio de la simulación o bien como una referencia absoluta a una fecha y hora concretas.



Para las series temporales de lluvia solo es necesario introducir los periodos en los que la lluvia es no nula. SWMM interpreta que el valor de la lluvia introducida es constante a lo largo del intervalo especificado en el pluviómetro (**Rain Gage**) que emplea dicha serie temporal. Para el resto de tipos de series temporales SWMM realiza una interpolación para estimar los valores en instantes de tiempo intermedios a los introducidos.



Para valores de tiempo que caen fuera del rango definido por la serie temporal, SWMM utiliza bien el valor 0 para las series temporales de lluvia y de aportes externos de caudal (inflow) bien el primero o el último de los valores de la serie para el caso de datos de temperatura, evaporación y nivel en los nudos de descarga.

3.3.13 Patrones de tiempo

Los Patrones de tiempo permiten que el flujo externo en periodos de tiempo seco (DWF) varíe de una forma periódica. Se trata de coeficientes multiplicadores de los valores de referencia introducidos como caudal de tiempo seco (DWF) o como concentración de contaminante. Los diferentes tipos de patrones de tiempo son:

- ▶ Patrones Mensuales (Monthly) que definen un multiplicador para cada uno de los meses del año.
- ▶ Patrones Diarios (Daily) que definen un multiplicador para cada uno de los días de la semana.

- ▶ Patrones Horarios (Hourly) que definen un multiplicador para cada hora del día entre las 12 AM y las 11 PM.
- ▶ Patrones Fin de Semana (Weekend) que definen los multiplicadores horarios de los días correspondientes al fin de semana.

Cada patrón de tiempos (Time Pattern) debe tener un único nombre de identificación, no existiendo límite en el número de patrones que se pueden crear. Cada uno de los flujos de entrada en periodo seco (tanto flujo de caudal como flujo de contaminantes) puede disponer de cuatro patrones asociados, uno para cada uno de los tipos definidos anteriormente.

3.4 Métodos Computacionales

SWMM es un modelo de simulación basado en fenómenos físicos, que utiliza una solución discreta en el tiempo del fenómeno. En su formulación emplea los principios de conservación de la masa, de la energía y de la cantidad de movimiento siempre que es posible. En este apartado se describen brevemente los diferentes métodos empleados por SWMM para modelar tanto la cantidad como la calidad de la escorrentía derivada de la lluvia a lo largo de los siguientes procesos físicos:

- ▶ Escorrentía superficial.
- ▶ Infiltración.
- ▶ Aguas subterráneas.
- ▶ Deshielo de nieves.
- ▶ Comportamiento hidráulico del sistema.
- ▶ Inundaciones en la superficie del terreno.
- ▶ Comportamiento y evolución de la calidad del agua.

3.4.1 Escorrentía superficial

La visión conceptual del fenómeno de la escorrentía utilizado por SWMM se ilustra en la Figura 3.5. Cada una de las cuencas se trata como un depósito no lineal. Los aportes de caudal provienen de los diferentes tipos de precipitación (lluvia, nieve) y de cualquier otra cuenca situada aguas arriba. Existen diferentes caudales de salida tales como la infiltración, la evaporación y la escorrentía superficial. La capacidad de este “depósito” es el valor máximo de un parámetro denominado almacenamiento en depresión, que corresponde con el máximo almacenamiento en superficie debido a la inundación del terreno, el mojado superficial de la superficie del suelo y los caudales interceptados en la escorrentía superficial por las irregularidades del terreno. La escorrentía superficial por unidad de área, Q , se produce únicamente cuando la profundidad del agua en este “depósito” excede el valor del máximo almacenamiento en depresión, dp , en cuyo caso el caudal de salida se obtiene por aplicación de la ecuación de Manning. La profundidad o calado de agua en la cuenca (d expresado en pies) se actualiza continuamente en cada uno de los instantes de cálculo (con el tiempo expresado en segundos) mediante la resolución numérica del balance de caudales en la cuenca.

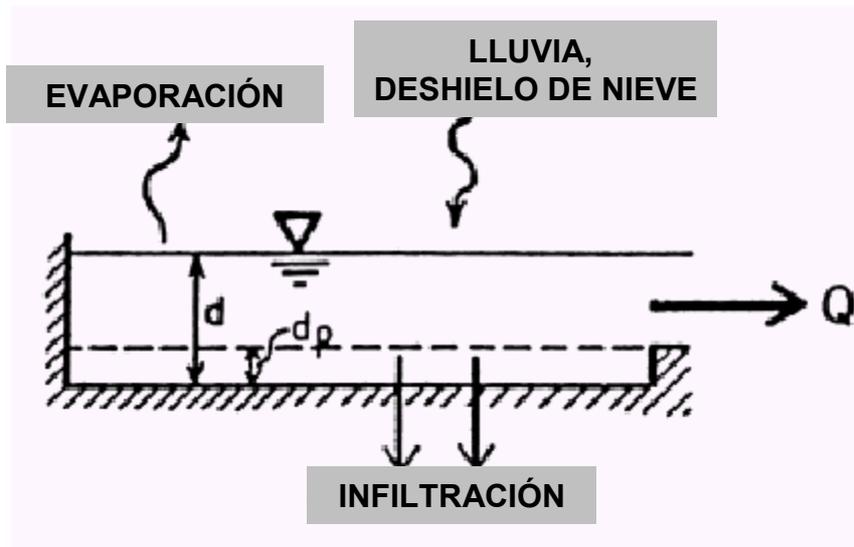


Figura 3.5. Visión Conceptual del fenómeno de la escorrentía en SWMM.

Infiltración (Infiltration).

La infiltración es el fenómeno por el cual el agua de lluvia penetra la superficie del terreno de los suelos no saturados de las áreas permeables de la cuenca. SWMM permite seleccionar tres modelos diferentes de infiltración:

- ▶ La ecuación de Horton. Este método se basa en observaciones empíricas y propone que la infiltración decrece exponencialmente desde un valor inicial máximo hasta un cierto valor mínimo a lo largo del evento de lluvia. Los parámetros de entrada necesarios para este modelo son los valores de infiltración máxima y mínima, el coeficiente de decaimiento que describe lo rápido que se produce la disminución de la infiltración a lo largo del tiempo, y el tiempo necesario para saturar completamente un suelo que inicialmente estaba completamente seco.
- ▶ El método Green-Ampt. Para modelar el fenómeno de la infiltración este método asume la existencia de un frente húmedo brusco (sharp wetting front) en el suelo que separa el suelo con un determinado contenido inicial de humedad del suelo completamente saturado de la parte superior. Los parámetros necesarios son el valor del déficit inicial de humedad del suelo, la conductividad hidráulica del suelo y la altura de succión en el frente húmedo.
- ▶ El método del Número de Curva. Este método es una aproximación adoptada a partir del denominado número de Curva de NRCS (SCS) para estimar la escorrentía. Se asume así que la capacidad total de infiltración del suelo puede encontrarse en una tabla de Números de Curva tabulados. Durante un evento de lluvia esta capacidad se representa como una función de la lluvia acumulada y de la capacidad de infiltración restante. Los parámetros de entrada para este método son el número de curva, la conductividad hidráulica del suelo (utilizada para estimar un tiempo de separación mínimo entre los distintos eventos de lluvia) y el tiempo que tarda el suelo en saturarse completamente cuando inicialmente era un suelo completamente seco.

3.4.2 Aguas subterráneas (Groundwater).

La figura 3.6 muestra de forma esquemática el modelo de aguas subterráneas de dos zonas utilizado por SWMM. La parte superior es una zona no saturada en la cual existe un contenido de mezcla variable de valor θ . La parte inferior se encuentra completamente saturada y por ello su contenido de mezcla es fijo para una determinada porosidad del suelo ϕ . Los flujos diferentes flujos, mostrados en la figura, expresados en volumen por unidad de área y de tiempo, son los siguientes:

f_I Infiltración desde la superficie.

f_{EU} Evapotranspiración desde la zona superior, que es una fracción fija de la evaporación superficial no usada

f_U Filtración desde la zona superior a la inferior, que depende del contenido de humedad de la zona superior θ y de la profundidad d_U .

f_{EL} Evapotranspiración desde la zona inferior, que es una función de la profundidad de la zona superior d_U .

f_L Filtración desde la zona inferior hacia las aguas subterráneas profundas que depende de la profundidad de la zona inferior d_L .

f_G Interacción lateral de las aguas subterráneas con el sistema de saneamiento, que depende de la profundidad de la zona inferior d_L , así como del calado en el conducto o nudo receptor.

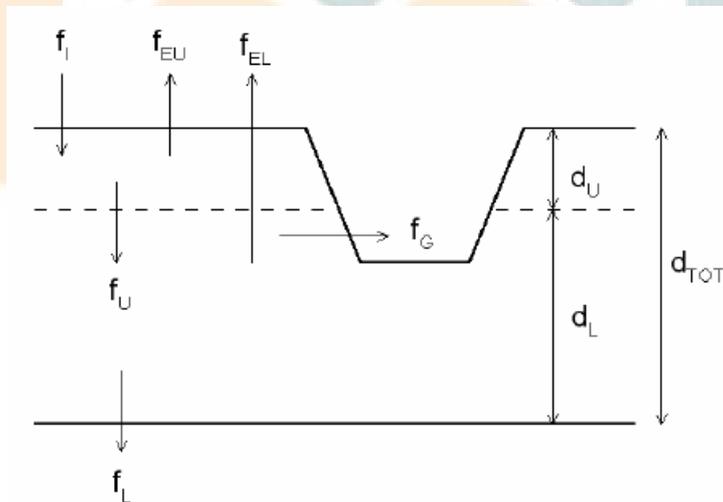


Figura 3.6. Modelo de aguas subterráneas de dos zonas.

Después de calcular los flujos de agua que se producen en un determinado instante de tiempo, se realiza un balance de masa para cambiar los volúmenes acumulados en cada una de las zonas de forma que puede calcularse en el siguiente instante de tiempo una nueva tabla de valores de la profundidad y del contenido de humedad de la zona no saturada.

3.4.3 Snowmelt

Las rutinas para el cálculo del deshielo de nieve en SWMM forman parte del proceso de modelación de la escorrentía. Para ello se actualiza el estado del módulo de nieve asociado con cada cuenca mediante la contabilización de la acumulación de nieve experimentada, la nueva redistribución de nieve derivada de la reducción de área de nieve y de las operaciones de eliminado de la misma, y los fenómenos de deshielo mediante balances térmicos. Cualquiera de los flujos de agua de salida del módulo de nieve se considera como entradas de lluvia adicional de la cuenca a la que se encuentra asociada.

En cada uno de los instantes de cálculo de la escorrentía se realizan los siguientes cálculos computacionales:

1. Se actualizan los coeficientes de temperatura del aire y el deshielo de acuerdo a la fecha del calendario del instante de cálculo.
2. Cualquier precipitación que se produzca en forma de nieve se añade al módulo de nieve.
3. Cualquier exceso de la profundidad de nieve en la zona de nieve acumulada en surcos (plowable area) se redistribuye de acuerdo a los parámetros de eliminación definidos en el módulo.
4. Se reducen las áreas cubiertas de nieve tanto de la zona permeable como de la zona impermeable de acuerdo con la curva de variación de la superficie de nieve en función de la profundidad de la misma.
5. La cantidad de nieve dentro del módulo que se derrite y se convierte en agua líquida se determina mediante:
 - a. Una ecuación de intercambio de energía durante los periodos de lluvia, donde la velocidad con que se derrite la nieve aumenta con la temperatura y velocidad del aire, así como con la intensidad de la lluvia.
 - b. Una ecuación de grados-día durante los periodos sin lluvia, en los cuales la velocidad con la que se derrite la nieve es igual al producto del coeficiente de deshielo y de la diferencia de temperaturas entre el aire y la temperatura de deshielo del montón de nieve.
6. Si no ocurre ningún efecto derivado de la nieve al derretirse, se ajusta el valor de la temperatura del montón de nieve con el producto de la diferencia de temperaturas del aire entre el valor actual y el valor anterior y el coeficiente de deshielo ajustado. Si por el contrario ocurre un fenómeno de deshielo de la nieve, la temperatura del montón de nieve se aumenta en un calor equivalente al necesario para alcanzar la temperatura de deshielo de la base. Cualquier cantidad de líquido generada durante este proceso se convierte en escorrentía de salida del montón de nieve.
7. La cantidad de deshielo de nieve se reduce entonces en una cantidad igual a la capacidad de mantener agua libre en el montón de nieve. El deshielo estante se trata de forma simular a como si fuese una lluvia que cae sobre una cuenca.

3.4.4 Modelo hidráulico de transporte (Flow Routing).

El transporte de agua por el interior de cualquiera de los conductos representados en SWMM está gobernado por las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento tanto para el flujo gradualmente variado como para el flujo transitorio (es decir, las ecuaciones de Saint Venant). El usuario de SWMM puede seleccionar el nivel de sofisticación con que desea resolver estas ecuaciones. Por ello existen tres modelos hidráulicos de transporte:

- ▶ El Flujo Uniforme.
- ▶ La Onda Cinemática.
- ▶ La Onda Dinámica.

Modelo de Flujo Uniforme (Steady State Routing).

El modelo de flujo uniforme representa la forma más simple de representar el comportamiento del agua en el interior de los conductos. Para ello se asume que en cada uno de los incrementos de tiempo de cálculo considerados el flujo es uniforme. De esta forma el modelo simplemente traslada los hidrogramas de entrada en el nudo aguas arriba del conducto hacia el nudo final del mismo, con un cierto retardo y cambio en el aspecto del mismo. Para relacionar el caudal con el área y el calado en el conducto se emplea la ecuación de Manning.

Este tipo de modelo hidráulico no puede tener en cuenta el almacenamiento de agua que se produce en los conductos, los fenómenos de resalto hidráulico, las pérdidas a la entrada y salida de los pozos de registro, el flujo inverso o los fenómenos de flujo presurizado. Solo puede utilizarse en sistemas ramificados, donde cada uno de los nudos tiene únicamente una única línea hacia la que vierte sus aguas (a menos que el nudo sea un divisor en cuyo caso requiere de dos tuberías de salida). Este modelo de análisis es insensible al incremento de tiempo seleccionado y únicamente es apropiado para realizar análisis preliminares utilizando simulaciones continuas de escalas de tiempo grandes.

Modelo de la Onda Cinemática (Kinematic Wave).

Este modelo hidráulico de transporte resuelve la ecuación de continuidad junto con una forma simplificada de la ecuación de cantidad de movimiento en cada una de las conducciones. Esta última requiere que la pendiente de la superficie libre del agua sea igual a la pendiente de fondo del conducto.

El caudal máximo que puede fluir por el interior de un conducto es el caudal a tubo lleno determinado por la ecuación de Manning. Cualquier exceso de caudal sobre este valor en el nudo de entrada del conducto se pierde del sistema o bien puede permanecer estancado en la parte superior del nudo de entrada y entrar posteriormente en el sistema cuando la capacidad del conducto lo permita.

El modelo de la onda cinemática permite que tanto el caudal como el área varíen tanto espacial como temporalmente en el interior del conducto. Esto origina una cierta atenuación y retraso en los hidrogramas de salida respecto de los caudales de entrada en los conductos. No obstante, este modelo de transporte no puede considerar efectos como el resalto hidráulico, las pérdidas en las entradas o salidas de los pozos de registro, el flujo inverso o el flujo presurizado, así como su aplicación está restringida únicamente a redes ramificadas. Como práctica general puede mantener una estabilidad numérica adecuada con incrementos de tiempo de cálculo relativamente grandes, del orden de 5 a 15 minutos. Si algunos de los efectos especiales mencionados con anterioridad no se presentan en el

sistema o no son significativamente importantes en el mismo el modelo de la onda cinemática es una alternativa suficientemente precisa y eficiente para el modelo de transporte con tiempos de simulación largos.

Modelo de la Onda Dinámica (Dynamic Wave).

El modelo de transporte de la Onda Dinámica (Dynamic Wave Routing) resuelve las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant y por tanto teóricamente genera los resultados más precisos. Estas ecuaciones suponen la aplicación de la ecuación de continuidad y de cantidad de movimiento en las conducciones y la continuidad de los volúmenes en los nudos.

Con este tipo de modelo de transporte es posible representar el flujo presurizado cuando una conducción cerrada se encuentra completamente llena, de forma que el caudal que circula por la misma puede exceder del valor de caudal a tubo completamente lleno obtenido mediante la ecuación de Manning. Las inundaciones ocurren en el sistema cuando la profundidad (calado) del agua en los nudos excede el valor máximo disponible en los mismos. Este exceso de caudal bien puede perderse o bien puede generar un estancamiento en la parte superior del nudo y volver a entrar al sistema de saneamiento posteriormente.

El modelo de transporte de la Onda Dinámica puede contemplar efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos, las pérdidas en las entradas y salidas de los pozos de registro, el flujo inverso y el flujo presurizado. Dado que resuelve de forma simultánea los valores de los niveles de agua en los nudos y los caudales en las conducciones puede aplicarse para cualquier tipo de configuración de red de saneamiento, incluso en el caso de que contengan nudos con múltiples divisiones del flujo aguas abajo del mismo o incluso mallas en su trazado. Se trata del método de resolución adecuado para sistemas en los que los efectos de resalto hidráulico, originados por las restricciones del flujo aguas abajo y la presencia de elementos de regulación tales como orificios y vertederos, sean importantes. El precio que generalmente es necesario pagar por el empleo de este método es la necesidad de utilizar incrementos de tiempo de cálculo mucho más pequeños, del orden de 1 minuto o menos. Durante el cálculo SWMM reducirá automáticamente el incremento de tiempo de cálculo máximo definido por el usuario si es necesario para mantener la estabilidad numérica del análisis.

3.4.5 Acumulación de agua en superficie (Surface Ponding).

Normalmente, en los modelos de transporte, cuando el caudal en una de los pozos de registro del sistema excede la capacidad máxima del sistema de transporte situado aguas abajo, se produce un exceso de caudal en el sistema que generalmente se pierde. Una opción que presenta el programa consiste en almacenar este exceso de volumen en la parte superior del nudo, en forma de un almacenamiento o estancamiento del agua, de forma que entra de nuevo en el sistema de saneamiento cuando la capacidad del sistema lo permite. En los modelos de Flujo Uniforme y de la Onda Cinemática, el agua estancada simplemente se almacena como un exceso de volumen. En el caso del modelo de la Onda Dinámica, que está condicionado por los niveles de agua en los nudos, este exceso de volumen se asume como una inundación en la parte superior del nudo con un área superficial de la misma constante. Esta área superficial es un parámetro de entrada suministrado en el nudo.

En lugar de esto, el usuario puede desear representar el flujo que ocurre en la superficie de forma explícita. En el caso de canales abiertos esto puede suponer la inundación de carreteras en túneles o cruces de alcantarillados, así como la aparición de nuevas zonas de almacenamiento por inundación. En los conductos cerrados, las inundaciones superficiales pueden ocurrir en las calles y callejones más bajos del sistema, o en otros flujos superficiales disponibles en las proximidades de los imbornales del sistema de saneamiento. Las inundaciones superficiales también pueden fluir hacia depresiones de la superficie del terreno tales como aparcamientos, sótanos, trasteros, y áreas similares.

3.4.6 Modelo de calidad del agua (Water Quality Routing).

El modelo de calidad del agua en el interior de los conductos asume que éste se comporta como un tanque de mezcla completa (Continuously Stirred Tank Reactor, CSTR). Aunque la consideración de un reactor de flujo en pistón pueda parecer una suposición más realista, las diferencias entre ambos modelos son pequeñas si los tiempos de viaje del agua a lo largo del conducto son del mismo orden de magnitud que el incremento de tiempo del modelo hidráulico de transporte. La concentración de un determinado constituyente en el extremo final de un conducto en un determinado instante de tiempo se obtiene mediante la integración de la ecuación de conservación de la masa, utilizando valores medios para las magnitudes que varían a lo largo del tiempo, tales como el caudal y el volumen de agua en el conducto.

La modelación de la calidad del agua dentro de los nudos con unidades de almacenamiento emplean las mismas aproximaciones que las realizadas para los cálculos en conductos. Para otros tipos de nudos que no tienen volumen, la calidad del agua que sale del nudo es simplemente la mezcla de concentraciones de agua que entre en el mismo.



4 VENTANA PRINCIPAL DE SWMM

Este capítulo comenta las características generales del espacio de trabajo de SWMM. Describe el menú principal, las barras de herramientas, la barra de estado y las tres ventanas de uso más frecuente: el visor, el mapa y el editor de propiedades. También muestra cómo fijar las preferencias del programa.

4.1 Vista General

La ventana principal de EPA SWMM presenta el aspecto mostrado en la Figura 4.1. Ésta consiste en los siguientes elementos de interacción con el usuario: un Menú Principal, varias Barras de Herramientas, una Barra de Estado, un Mapa del Área de Estudio, un Visor y el Editor de Propiedades. A continuación se proporciona una descripción más detallada de estos elementos en las siguientes secciones.

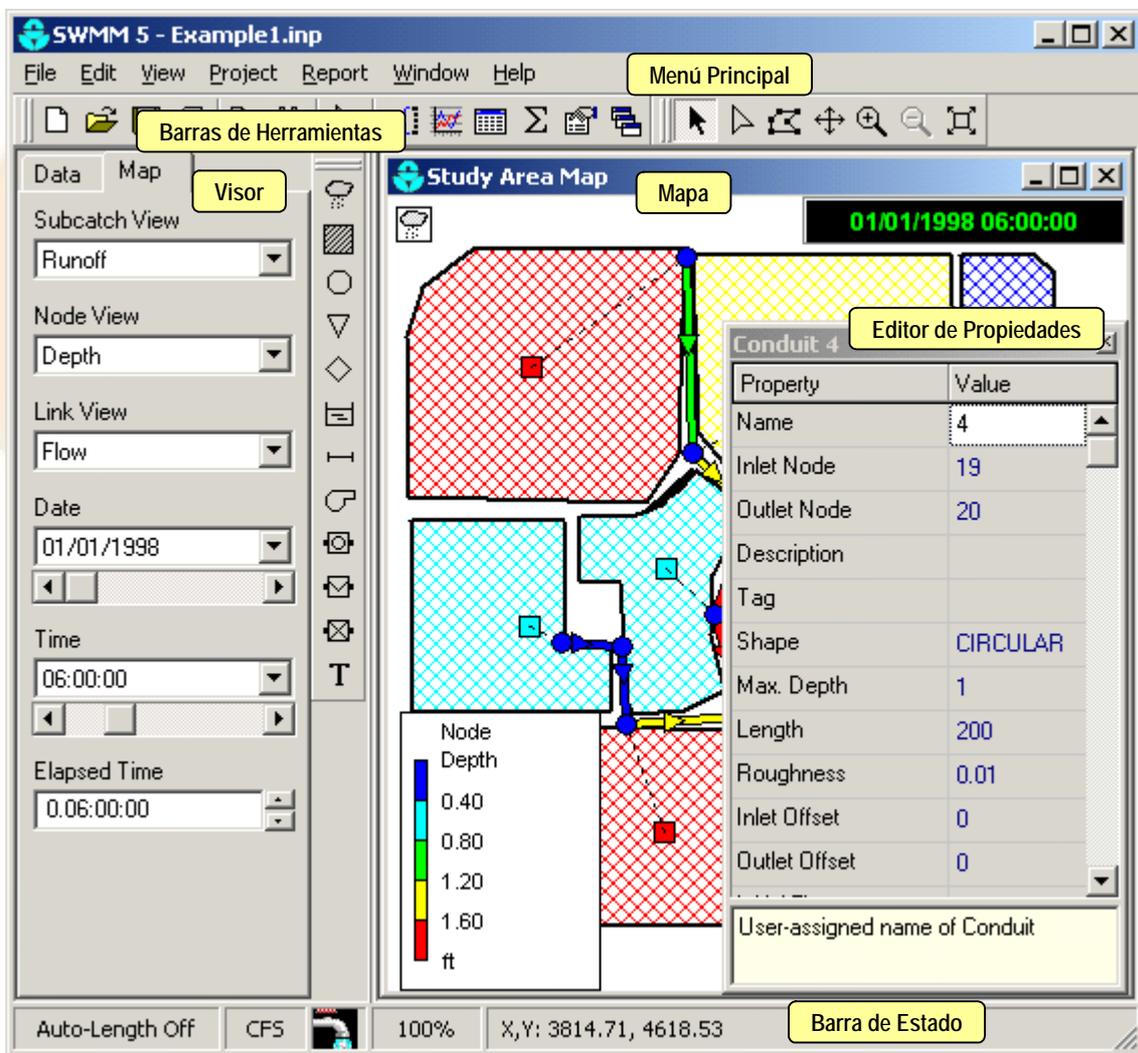


Figura 4.1. Vista General del espacio de trabajo de SWMM.

4.2 El Menú Principal.

La barra principal de EPA SWMM se sitúa a lo largo de la parte superior de la ventana principal, y contiene una colección de menús utilizados para trabajar con el programa. Estos menús incluyen:

- ▶ Menú Archivo (*Archivo*)
- ▶ Menú Editar (*Edit*)
- ▶ Menú Vista (*Ver*)
- ▶ Menú Proyecto (*Proyecto*)
- ▶ Menú Informe (*Informe*)
- ▶ Menú Ventana (*Window*)
- ▶ Menú Ayuda (*Help*)

4.2.1 Menu archivo

El menú Archivo contiene comandos para abrir y salvar archivos de datos, así como para imprimir.

<i>Comando</i>		<i>Descripción</i>
<i>New</i>	Nuevo	Crea un nuevo proyecto EPA SWMM
<i>Open</i>	Abrir	Abre un proyecto existente
<i>Reopen</i>	Reabrir	Reabre un proyecto existente usado recientemente
<i>Save</i>	Salvar	Salva el proyecto actual
<i>Save As</i>	Salvar como	Salva el proyecto actual con un nombre diferente
<i>Export</i>	Exportar	Exporta un mapa de área de estudio y datos a un archivo
<i>Page Setup</i>	Configurar página	Muestra el margen de la página y la orientación para la impresión
<i>Print PreVer</i>	Vista preliminar	Muestra en pantalla como quedaría la impresión de la página actual
<i>Print</i>	Imprimir	Imprime la página actual
<i>Preferentes</i>	Preferencias	Muestra las preferencias del programa
<i>Exit</i>	Salir	Sale de EPA SWMM

4.2.2 Menú edición

El menú Edición contiene comandos para editar y copiar.

<i>Comando</i>		<i>Descripción</i>
<i>Copy To</i>	Copiar a	Copia la ventana activa (mapa, informe, gráfico o tabla) al portapapeles o a un archivo.
<i>Select Object</i>	Seleccionar Objeto	Permite la selección de un objeto del mapa.
<i>Select Vertex</i>	Seleccionar Vértices	Permite la selección de los vértices de una cuenca o una línea.
<i>Select Region</i>	Seleccionar Región	Permite al usuario seleccionar el contorno de una región en el mapa, seleccionando así múltiples objetos.
<i>Select All</i>	Seleccionar todo	Permite seleccionar todos los objetos cuando la ventana activa es la del mapa, o todas las celdas cuando la ventana activa es la del informe de tabla.
<i>Find</i>	Buscar	Localiza un objeto específico en el mapa

<i>Comando</i>		<i>Descripción</i>
<i>Group Edit</i>	Edición de grupo	Edita una propiedad para el grupo de objetos que se encuentran dentro de una región definida en el mapa
<i>Group Delete</i>	Borrar grupo	Borra un grupo de objetos que se encuentran dentro de una región definida en el mapa

4.2.3 Menú ver

El menú Ver controla cómo se ve el mapa del área de estudio

<i>Comando</i>		<i>Descripción</i>
<i>Dimensions</i>	Dimensiones	Muestra las dimensiones del área de estudio
<i>Backdrop</i>	Fondo	Permite añadir, ubicar y presentar una imagen de fondo en el mapa.
<i>Pan</i>	Encuadre	Desplaza la vista a lo largo del mapa
<i>Zoom In</i>	Zoom acercar	Acerca la vista de una zona del mapa
<i>Zoom Out</i>	Zoom alejar	Aleja la vista de una zona del mapa
<i>Full Extent</i>	Mapa completo	Muestra el mapa en toda su extensión
<i>Query</i>	Consulta	Destaca en el mapa los objetos que cumplen ciertos criterios especificados por el usuario.
<i>OverView</i>	Vista General	Presenta una visión completa del mapa.
<i>Objects</i>	Objetos	Presenta las distintas clases de objetos del mapa
<i>Legends</i>	Leyendas	Presenta las leyendas del mapa
<i>Toolbars</i>	Barras de herramientas	Presenta las barras de herramientas
<i>Options</i>	Opciones	Muestra las distintas opciones de presentación del mapa

4.2.4 Menú proyectos

El menú proyectos muestra comandos relacionados con el proyecto que se está analizando:

<i>Comandos</i>		<i>Descripción</i>
<i>Summary</i>	Resumen	Muestra un resumen con el número de objetos de cada tipo.
<i>Details</i>	Detalles	Muestra una lista detallada sobre todos los datos del proyecto.
<i>Valores por defecto</i>	Valores por Defecto	Edita las propiedades por defecto del proyecto.
<i>Calibration Data</i>	Datos de calibración	Registra los archivos con datos de calibración del proyecto.
<i>Run Simulation</i>	Ejecutar	Pone en marcha la simulación.

4.2.5 Menú informe

El menú Informe consta de comandos que se utilizan para mostrar los resultados del análisis en diversos formatos:

<i>Comandos</i>		<i>Descripción</i>
<i>Status</i>	Estado	Presenta un informe del estado de la última simulación realizada.
<i>Gráfico</i>	Gráficos	Presenta los resultados de la simulación de forma gráfica
<i>Table</i>	Tabla	Presenta los resultados de la simulación en forma de tabla

<i>Comandos</i>		<i>Descripción</i>
<i>Statistics</i>	Estadísticas	Presenta un análisis estadístico de los resultados de la simulación.
<i>Options</i>	Opciones	Controla el estilo de la presentación del gráfico activo en ese momento.

4.2.6 Menú ventana

El menú Ventana contiene comandos para presentar o seleccionar ventanas dentro del espacio de trabajo de SWMM.

<i>Comandos</i>		<i>Descripción</i>
<i>Cascade</i>	Cascada	Presenta las ventanas en estilo cascada, con el mapa del área de estudio llenando toda la zona de visualización.
<i>Tile</i>	Mosaico	Mínimiza el mapa del área de estudio y presenta el resto de ventanas formando un mosaico vertical.
<i>Close All</i>	Cerrar todo	Cierra todas las ventanas abiertas excepto la del mapa del área de estudio.
<i>Windows List</i>	Lista de ventanas	Muestra todas las ventanas abiertas; la ventana seleccionada actualmente aparecerá marcada.

4.2.7 Menú Ayuda

El Menú de Ayuda contiene comandos para obtener ayuda sobre el manejo de EPA SWMM.

<i>Comandos</i>		<i>Descripción</i>
<i>Help Topics</i>	Temas de ayuda	Presenta el índice de contenidos de la ayuda de SWMM.
<i>How Do I</i>	Cómo hacer	Presenta preguntas típicas acerca de las operaciones más comunes.
<i>Measurements Units</i>	Unidades	Muestra las unidades de medida para todos los parámetros SWMM.
<i>Tutorial</i>	Tutoriales	Presenta un breve manual que introduce al usuario en EPA SWMM
<i>About</i>	Acerca de	Información acerca de la versión de EPA SWMM que se está utilizando

4.3 Las Barras de Herramientas

Las barras de herramientas proporcionan acceso directo a las operaciones más comunes. Hay cuatro tipos de barras de herramientas:

- Barra Estándar
- Barra de Mapa
- Barra de Objeto
- Barra de Animación

Salvo la barra de herramientas de Animación, todas las demás barras de herramientas pueden ser ancladas debajo del menú principal, a la derecha del Mapa del Área de Estudio, o en cualquier localización del área de trabajo de EPA SWMM. Cuando no están ancladas, se puede modificar su tamaño.

Las barras de herramientas pueden hacerse visibles o invisibles seleccionado **Ver→Toolbars** (Ver + Barras de Herramientas) desde el Menú Principal.

4.3.1 Barra de herramientas estándar

La barra de herramientas estándar contiene botones de acceso rápido para las operaciones más comunes que realiza el programa:

-  Crea un nuevo proyecto (**Archivo**→**New**)
-  Abre un proyecto existente (**Archivo**→**Open**)
-  Salva el proyecto actual (**Archivo**→**Save**)
-  Imprime la ventana actual (**Archivo**→**Print**)
-  Copia la selección actual al portapapeles o a un archivo. (**Edit**→**Copy To**)
-  Localiza un objeto específico en el mapa del área de estudio (**Edit**→**Find**)
-  Pone en marcha una simulación (**Proyecto**→**Run Simulation**)
-  Realiza una consulta gráfica en el Mapa del Área de Estudio (**Ver**→**Query**)
-  Crea un nuevo gráfico con los resultados de la simulación (**Informe**→**Gráfico**)
-  Crea una nueva tabla con los resultados de la simulación (**Informe**→**Table**)
-  Presenta un análisis estadístico de los resultados de la simulación (**Informe**→**Statistics**)
-  Modifica las opciones de presentación para la ventana activa (**Ver**→**Options** o **Informe**→**Options**)
-  Arregla las ventanas en forma de cascada, con el Mapa del Área de Estudio llenando toda la zona de visualización (**Archivo**→**New**)

4.3.2 Barra de Herramientas Mapa

La barra de herramientas Mapa contiene botones para visualizar el área de estudio del mapa:

-  Selecciona un objeto en el mapa
-  Selecciona un vértice de una línea o una cuenca
-  Selecciona una región del mapa
-  Desplazamiento a lo largo del mapa
-  Zoom acercar en el mapa
-  Zoom alejar en el mapa
-  Dibuja el mapa en toda su extensión

4.3.3 Barra de Herramientas Objeto

La barra de herramientas Objeto contiene botones para añadir objetos al mapa del área de estudio.

-  Añade un pluviómetro al mapa
-  Añade una subárea de captación (cuenca) al mapa
-  Añade una unión al mapa
-  Añade un desagüe al mapa
-  Añade un divisor de flujo al mapa
-  Añade un depósito de almacenamiento al mapa
-  Añade un conducto al mapa
-  Añade una bomba al mapa
-  Añade un orificio al mapa

- Añade un vertedero al mapa
- Añade una descarga al mapa
- T** Añade una etiqueta de texto al mapa

4.3.4 Barra de Animación

La barra de animación contiene controles para crear animaciones del Mapa del Área de Estudio y todos los gráficos de perfil a través del tiempo, es decir, actualiza automáticamente el código de colores del mapa y el perfil de la lámina de agua conforme el tiempo de simulación avanza o retrocede. En la siguiente figura se muestra la barra de animación y la función de sus distintos controles.

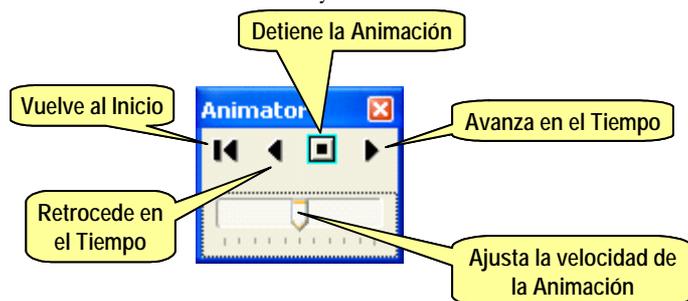
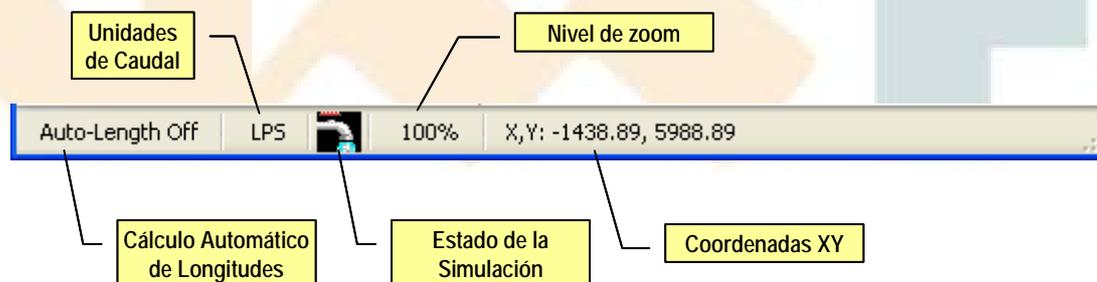


Figura 4.2. Barra de Animación y descripción de sus controles.

En el arranque del programa la barra de animación queda oculta. Para hacer la barra visible, debe seleccionar **Ver**→**Toolbars**→**Animator** (Ver + Barras de Herramientas + Animación) desde el menú principal.

4.4 La Barra de Estado



La barra de estado aparece al pie de la ventana principal de EPA SWMM y se divide en cuatro secciones:

Auto-Length (Cálculo automático de Longitudes)

Indica si el cálculo automático de la longitud de los conductos y el área de las cuencas se encuentra activado o desactivado. Pulsando el botón derecho del ratón sobre esta sección puede activar o desactivar la opción.

Unidades de Caudal

Presenta las unidades de flujo utilizadas¹⁴.

Estado de la puesta en marcha

¹⁴ Las unidades de caudal definen todo el conjunto de unidades utilizado por SWMM.

Un icono de grifo muestra:

- ▶ Grifo sin agua cuando los resultados del análisis no están disponibles.
- ▶ Grifo con agua corriente si los resultados del análisis están disponibles.
- ▶ Un grifo roto cuando los análisis de resultados están disponibles pero pueden no ser válidos porque los datos del proyecto hayan sido modificados.

Nivel de Zoom

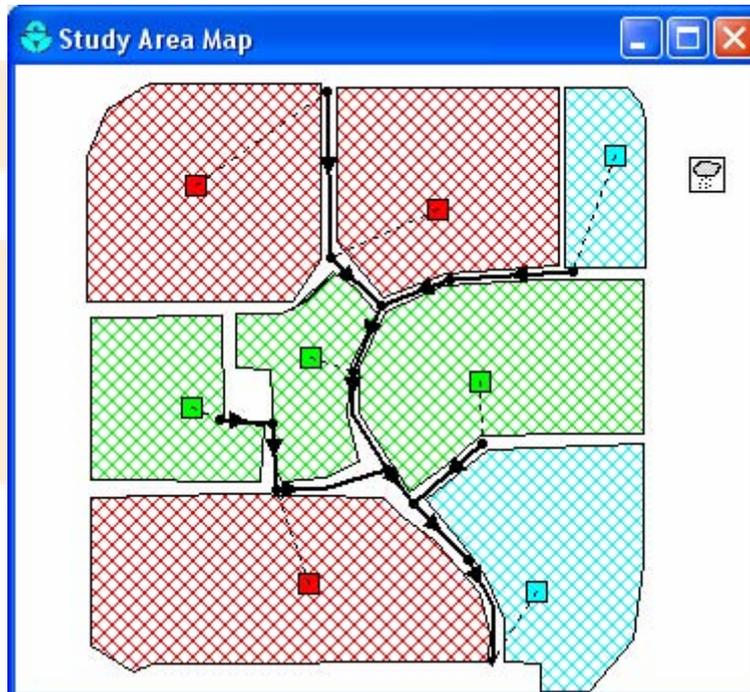
Presenta el nivel de Zoom actual en el mapa (100 % corresponde al plano completo)

Localización XY

Presenta las coordenadas del mapa en la posición actual del puntero del ratón.

4.5 El Mapa del Área de Estudio

El Mapa Área de Estudio¹⁵ (mostrado abajo) proporciona un plano esquemático de los objetos que componen una cuenca y su sistema de drenaje. Algunas de sus características son:



- ▶ La ubicación de los objetos y de las distancias entre ellos no tiene por qué coincidir necesariamente con su escala física¹⁶.
- ▶ Las propiedades seleccionadas de estos objetos, como puede ser la calidad del agua en los nudos o el caudal en las líneas, pueden ser presentadas siguiendo un código de colores. El código de colores queda descrito en una leyenda, que debe ser presentada y editada.
- ▶ Se pueden añadir nuevos objetos al Mapa, y los ya existentes pueden ser editados, borrados o cambiados de posición.

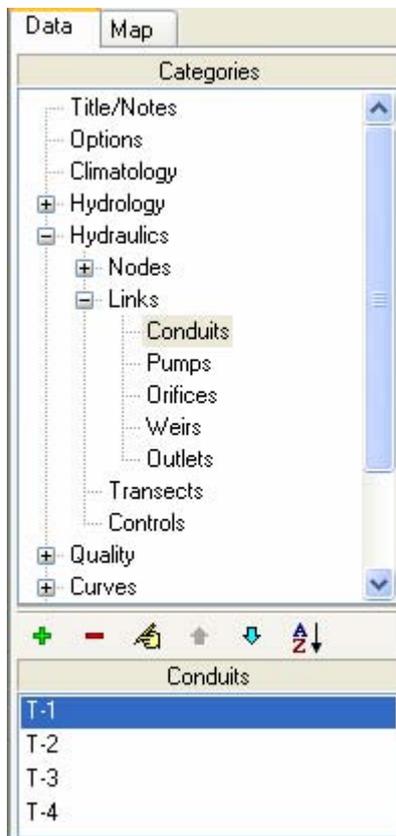
¹⁵ (N.d.T) En lo sucesivo, simplemente *Mapa*.

¹⁶ El Mapa puede representar un esquema simbólico de la red (sin escala) o puede representar un plano escalado de la misma. Todo depende del uso de la función *Auto-Length* comentada en la Barra de Estado.

- ▶ Se pueden utilizar imágenes de fondo (como planos callejeros o mapas topográficos) detrás del Mapa para utilizarlas de referencia.
- ▶ Se puede realizar un zoom a cualquier escala o encuadrar el Mapa desde una posición a otra.
- ▶ Los nudos y las líneas pueden representarse con distintos tamaños, se pueden representar flechas de dirección del flujo, símbolos de los objetos, etiquetas de los identificativos y los valores numéricos de las distintas variables.
- ▶ El mapa puede ser impreso, copiado al portapapeles de Windows o exportado como un archivo del tipo DXF o un metaarchivo Windows (EMF).

4.6 El Visor de Datos

El Visor de Datos (mostrado abajo) aparece cuando la pestaña de Datos (**Data**) del panel situado a la izquierda de la ventana principal de EPA SWMM se encuentra activa. Proporciona acceso a los datos de todos los objetos del proyecto.



La lista de categorías superior presenta las distintas categorías de objetos disponibles en un proyecto de SWMM.

La lista de la parte inferior enumera todos los objetos de la categoría actualmente seleccionada.

Los botones entre las dos cajas del visor de datos se utilizan como sigue:

- + Añade un nuevo objeto
- Borra el objeto seleccionado
- Edita el objeto seleccionado
- ↑ Se desplaza al objeto situado arriba en la lista
- ↓ Se desplaza al objeto situado abajo en la lista
- Z↓ Ordena los objetos en orden creciente.

Las selecciones hechas en el Visor de Datos se coordinan con los objetos resaltados en el Mapa y viceversa. Por ejemplo, seleccionar un conducto en el Visor provocará que el conducto se resalte en el Mapa, mientras que seleccionarlo en el Mapa lo hará convertirse en objeto seleccionado del visor.

4.7 El Visor del Mapa

El Visor del Mapa (mostrado a continuación) aparece cuando la pestaña de Mapa (**Map**) del panel situado a la izquierda de la ventana principal de EPA SWMM se encuentra activa. Éste controla las variables y el instante de tiempo presentados en el Mapa.

A continuación se describen las selecciones posibles desde el Visor del Mapa:

Vista de las Cuencas (**Subcatch Ver**)- selecciona la variable a presentar para las cuencas mostradas en el Mapa.

Vista de los Nudos (**Node Ver**)- selecciona la variable a presentar para los nudos del sistema de transporte mostrados en el Mapa.

Vista de las Líneas (**Link Ver**)- selecciona la variable a presentar para las líneas del sistema de transporte mostradas en el Mapa.

Fecha (**Date**)- selecciona para qué día del periodo de simulación se están presentando los resultados.

Hora (**Time**)- selecciona la hora del día actual para la cual se están presentando los resultados de la simulación.

Tiempo transcurrido (**Elapsed Time**)- selecciona el tiempo transcurrido desde el comienzo de la simulación para el cual se están presentando los resultados de la simulación.

4.8 El Editor de Propiedades

El Editor de Propiedades (mostrado a la derecha) se utiliza para cambiar las propiedades de los objetos que aparecen en el Mapa. Éste aparece cuando uno de estos objetos es seleccionado (bien en el Mapa, bien en el Visor de Datos) y pulsamos dos veces con el botón izquierdo del ratón (doble clic) o bien cuando pulsamos el botón  en el Visor de Datos.

Las características más importantes del Editor de Propiedades incluyen:

- ▶ El editor es una tabla con dos columnas: una para el nombre de las propiedades y otra para su valor.
- ▶ El tamaño de las columnas puede cambiarse cambiando con el ratón el tamaño del encabezado en la fila superior.
- ▶ En la parte inferior del Editor aparece un área informativa con una descripción más completa de la propiedad seleccionada. El tamaño de esta área puede alterarse desplazando la barra que se encuentra encima de la misma.
- ▶ La ventana del Editor puede ser movida o cambiada de tamaño por los métodos normales de Windows.

Property	Value
Name	T-3
Inlet Node	P-3
Outlet Node	P-4
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR ...
Max. Depth	0.3
Length	50
Roughness	0.015
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Entry Loss Coeff.	0

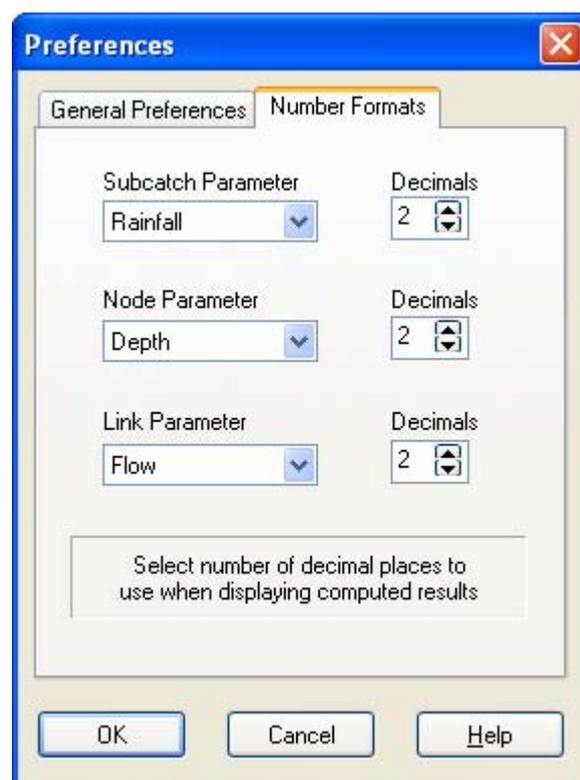
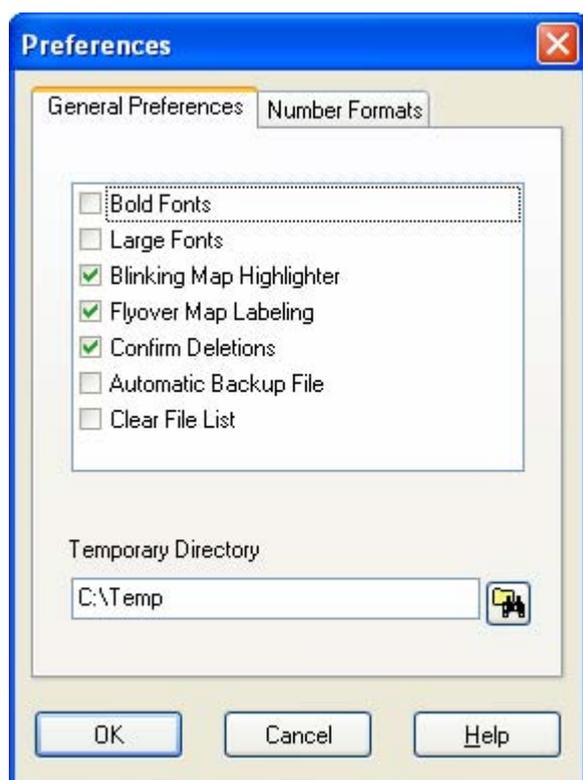
Click to edit the conduit's cross section geometry

- ▶ Las propiedades que tienen un asterisco al lado son propiedades necesarias para el cálculo y no pueden dejarse en blanco¹⁷.
- ▶ Dependiendo de la propiedad, el campo de valores puede ser uno de los siguientes:
 - Un cuadro de texto donde se escribe el valor.
 - Un cuadro desplegable donde se selecciona un valor de una lista de opciones.
 - Un cuadro desplegable donde se puede escribir un valor o seleccionar de una lista de opciones.
 - Un botón que al ser pulsado abre un editor específico.
- ▶ La propiedad seleccionada en el Editor será resaltada con un fondo blanco.
- ▶ Se pueden utilizar tanto el ratón como las teclas flecha en el teclado (↑ ↓) para desplazarse entre las distintas propiedades.
- ▶ Para editar la propiedad resaltada, comience a escribir un valor o presione la tecla Intro (**Enter**).
- ▶ Para hacer que el programa acepte los datos introducidos en una propiedad presione la tecla Intro (**Enter**) o muévase a otra propiedad. Para cancelar estos cambios presione la tecla Esc.
- ▶ El Editor de Propiedades puede ocultarse pulsando el botón con forma de aspa  de la esquina superior derecha de la barra de título.

4.9 Fijar las preferencias del programa

Las preferencias del programa permiten al usuario personalizar ciertas características del mismo. Para fijar las preferencias del programa, seleccione **Archivo**→**Preferences** (Archivo + Preferencias) desde el Menú Principal. Aparecerá un formulario para las preferencias con dos pestañas (presentado en la siguiente figura): una para Preferencias Generales y otra para Formatos de Número.

¹⁷ La utilización de los valores por defecto hace que esta circunstancia no sé dé salvo en casos excepcionales.



4.9.1 Preferencias generales

La página de preferencias generales del formulario de Preferencias permite al usuario modificar las siguientes preferencias del programa:

Preferencias		Descripción
<i>Bold Fonts</i>	Fuentes en Negrita	Utilizar fuentes en negrita en todas las ventanas.
<i>Large Fonts</i>	Fuentes Grandes	Utilizar fuentes grandes en todas las ventanas
<i>Blinking Mapa Highlighter</i>	Resaltar de Objetos en el Mapa	Resaltar el objeto seleccionado en el Mapa mediante un parpadeo.
<i>Flyover Mapa Labeling</i>	Etiquetas de Vista Rápida	Presentar el identificativo y el valor de la propiedad actual en un cuadro que aparece cuando el ratón se coloca sobre un objeto del mapa.
<i>Confirm Deletions</i>	Confirmar Borrado	Pedir confirmación antes de borrar cualquier objeto.
<i>Automatic Backup Archivo</i>	Copias de Seguridad	Salvar una copia de seguridad del proyecto recién abierto, nombrándolo con la extensión *.bak.
<i>Clear Archivo List</i>	Limpiar Archivos recientes	Limpia la lista de archivos recientemente abiertos que se presenta cuando se hace Archivo → Reopen (Archivo+Reabrir)
<i>Temporary Directory</i>	Directorio Temporal	Nombre del directorio (carpeta) donde EPA SWMM escribe sus archivos temporales.



El directorio temporal debe ser un directorio (carpeta) en el cual el usuario tenga privilegios de escritura y debe tener espacio suficiente para almacenar archivos que pueden crecer fácilmente hasta las decenas de *megabytes* para redes grandes. El directorio temporal por defecto es el de Windows (C:\Windows\Temp)¹⁸.

¹⁸ En caso de entornos multiusuario puede ser el directorio temporal por defecto del usuario actual.

4.9.2 Formato de números

La página de formato de números del formulario de Preferencias de programa controla el número de decimales que se emplea para dar los resultados numéricos del programa. Utilice los cuadros desplegables para seleccionar los parámetros de una Cuenca (*Subcatchment*), un Nudo (*Node*) o una Línea (*Link*) y entonces utilice los cuadros de edición situados al lado para seleccionar el número de decimales utilizados cuando se presentan los resultados del cálculo para cada parámetro. Note que el número de decimales presentados para cada parámetro de diseño (como pendiente, diámetro, longitud, etc.) es el que fija el usuario¹⁹.



¹⁹ Es decir, cada propiedad puede tener un número de decimales distinto a las demás.

5 TRABAJANDO CON PROYECTOS

*Los archivos de proyecto contienen toda la información necesaria para modelar un área de estudio. Normalmente, estos archivos se nombran utilizando la extensión *.INP. Este capítulo describe cómo crear, abrir y guardar los proyectos de EPA SWMM, así como fijar las propiedades por defecto.*

5.1 Crear un nuevo proyecto

Para crear un nuevo proyecto:

1. Seleccionar **Archivo**→**New** (Archivo + Nuevo) en el Menú principal o pulsar el botón  de la Barra de Herramientas Estándar.
2. Antes de crear cualquier nuevo proyecto, el programa preguntará si desea usted salvar el proyecto actual (en el caso de que usted hubiera realizado cambios en él).
3. Un nuevo proyecto se crea con todas las opciones fijadas a los valores por defecto. Este proyecto no tiene ningún nombre, por lo que habrá que nombrarlo.

Cada vez que se inicia una sesión de EPA SWMM se crea un nuevo proyecto de forma automática.



Si usted va a utilizar una imagen de fondo con cálculo automático de longitudes y áreas, se recomienda que usted fije las dimensiones del mapa inmediatamente después de crear el nuevo proyecto (véase *Configurar las Dimensiones del Mapa*).

5.2 Abrir un proyecto existente

Para abrir un proyecto existente que se guardó previamente en el disco:

1. Seleccionar **Archivo**→**Open** (Archivo + Abrir) en el Menú Principal ó pulsar el botón  de la Barra de Herramientas Estándar.
2. El programa preguntará si se quiere salvar el proyecto actual (en el caso de que hubiera cambios en él).
3. Seleccionar el archivo que desea abrir en el cuadro que aparece y pulsar **Open** (Abrir).
4. Pulsar **Open** (Abrir) para abrir el archivo seleccionado.

Para abrir un proyecto con el que ha estado trabajando recientemente:

1. Seleccionar **Archivo**→**Reopen** (Archivo + Reabrir) desde el Menú Principal.
2. Seleccionar un archivo de la lista de archivos recientemente utilizados más recientemente para abrir.

5.3 Guardar un proyecto

Para guardar un proyecto bajo su nombre actual simplemente seleccione **Archivo**→**Save** (Archivo + Guardar) en el Menú Principal o pulse en el botón  de la Barra de Herramientas Estándar.

Para guardar un proyecto con un nombre distinto:

1. Seleccionar **Archivo**→**Save As** (Archivo + Guardar Como ...) en el Menú Principal.

2. Aparecerá el cuadro de diálogo para guardar archivos desde el cual se podrá elegir el directorio y el nombre del archivo para el proyecto que se va a guardar.

5.4 Configurar valores por defecto del proyecto.

Cada proyecto tiene un conjunto de valores fijados por defecto que se utilizan a menos que dichas opciones sean eliminados por el usuario de EPA SWMM. Éstas incluyen:

- ▶ Etiquetas por defecto (prefijos en los identificativos que permiten identificar nudos y líneas cuando son creados)
- ▶ Propiedades por defecto de las cuencas (p.ej. área, anchura, pendiente, etc.)
- ▶ Propiedades por defecto de los nudos y líneas (p.ej. cota de fondo de un nudo, longitud de un conducto, método de cálculo).

Para asignar valores por defecto a un proyecto:

1. Seleccionar **Proyecto**→**Valores por defecto** (Proyecto + Valores por Defecto) en el Menú Principal.
2. Aparecerá el formulario de los Valores por Defecto (ver imagen inferior), que consta de tres páginas, una para cada una de las categorías descritas anteriormente.
3. Seleccione la casilla inferior si desea que los valores fijados se apliquen a cualquier proyecto nuevo.
4. Pulse el botón **OK** (Aceptar) para aceptar los valores fijados por defecto.

Object	ID Prefix
Rain Gages	
Subcatchments	
Junctions	
Outfalls	
Dividers	
Storage Units	
Conduits	
Pumps	
Regulators	
ID Increment	1

Save as defaults for all new projects

OK Cancel Help

A continuación se describen en detalle los parámetros específicos de cada una de las tres categorías anteriores.

5.4.1 Identificativos por defecto

La pestaña de identificativos en el formulario de opciones por defecto se utiliza para determinar como asignará EPA SWMM las etiquetas por defecto, es decir, como serán los componentes visuales del proyecto cuando sean creados por primera vez.

- ▶ Para cada tipo de objeto será necesario introducir una etiqueta prefijo (dejar en blanco si el nombre por defecto de un objeto es simplemente un número).
- ▶ Incorporar un incremento que se utilizará al agregar un sufijo numérico a la etiqueta por defecto.

Por ejemplo, si C fuera usado como prefijo para todos los conductos con una longitud de incremento 5, entonces todos los conductos que sean creados recibirán nombres por defecto como C5, C10, C15, etc.

Una vez un objeto se ha creado con una determinada etiqueta ID, es posible cambiarla utilizando el Editor de Propiedades para objetos visuales o el editor de objetos específicos para objetos no visibles.

5.4.2 Propiedades por defecto de las cuencas.

La pestaña de cuencas del formulario de Valores por Defecto fija los valores por defecto para para algunas propiedades de las cuencas de nueva creación. Estas propiedades son:

- ▶ Área de cuenca
- ▶ Anchura característica
- ▶ Pendiente
- ▶ % Área impermeable
- ▶ Coef. n de Manning para área impermeable
- ▶ Coef. n de Manning para área permeable
- ▶ Almacenamiento en depresión en área impermeable
- ▶ Almacenamiento en depresión en área permeable
- ▶ % de área impermeable sin almacenamiento en depresión
- ▶ Método de cálculo para la infiltración

Las propiedades de una cuenca pueden modificarse posteriormente utilizando el Editor de Propiedades.

5.4.3 Propiedades por defecto de nudos y líneas

La pestaña de nudos y líneas del formulario de Valores por Defecto fija los valores por defecto para algunas propiedades de nudos y líneas. Dichas propiedades incluyen:

- ▶ Cota de la fondo del nudo
- ▶ Profundidad de un nudo
- ▶ Longitud de un conducto
- ▶ Forma y tamaño del conducto

- ▶ Rugosidad del conducto
- ▶ Unidades de caudal
- ▶ Método de cálculo

Estas propiedades por defecto pueden modificarse posteriormente utilizando el Editor de Propiedades.



La elección de las unidades de caudal determina si se utilizarán unidades americanas o métricas. U.S o S.I. Los valores por defecto asignados no son ajustados automáticamente cuando se cambia del sistema de unidades americanas a unidades métricas (o viceversa).

5.5 Datos de Calibración

SWMM permite comparar los resultados obtenidos en una simulación con mediciones tomadas en campo en sus gráficos de evolución temporal, los cuales se discuten en la sección 9.3. para que SWMM pueda utilizar dichos datos de calibración, éstos deben introducirse en un archivo de texto con un formato especial y deben guardarse junto al resto del proyecto.

5.5.1 Archivos de calibración

Los archivos de calibración contienen medidas de una solo parámetro en uno o varios puntos que pueden ser comparados con los resultados de una simulación en un gráfico de evolución temporal. Se pueden utilizar distintos archivos para cada uno de los siguientes parámetros:

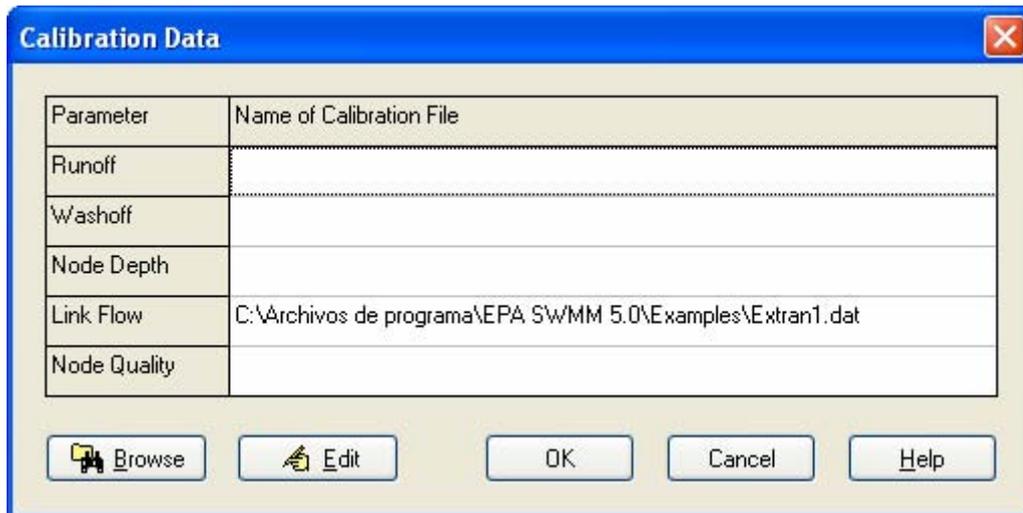
- ▶ Escorrentía superficial en una cuenca
- ▶ Arrastre de contaminantes en una cuenca
- ▶ Nivel de agua en un nudo
- ▶ Caudal entrante en un nudo
- ▶ Calidad del agua en un nudo
- ▶ Caudal en una línea

El formato de estos archivos se describe en la sección 11.5.

5.5.2 Registrando datos de calibración

Para registrar los datos de calibración existentes en un archivo de calibración:

1. Seleccionar **Proyecto**→**Calibration Data** (Proyecto + Datos de Calibración) desde el Menú Principal.
2. En el formulario de datos de calibración mostrado a continuación, pulse en el cuadro de texto que se encuentra a la derecha del parámetro del cual se pretenden registrar datos los datos de calibración (p.ej. nivel de agua en el nudo, caudal en la línea, etc.).
3. Escriba el nombre del archivo de calibración para este parámetro o pulse el botón **Browse** (Examinar) para buscarlo.
4. Pulse el botón **Edit** (Editar) si quiere abrir el archivo de calibración con el Bloc de Notas de Windows para editarlo.
5. Repita los pasos 2 a 4 para cada parámetro que disponga de los datos de calibración.
6. Pulse **OK** para aceptar los cambios.



5.6 Ver todos los datos del proyecto

Es posible ver una lista con todos los datos del proyecto (a excepción de las coordenadas del mapa) en una ventana no editable, formateados para el módulo de cálculo de SWMM. Esta es una herramienta útil para comprobar que no hay errores en los datos y no faltan componentes clave en la red. Para obtener dicha lista seleccione **Proyecto**→**Details** (Proyecto + Detalles) desde el Menú Principal. El formato de los datos en esta lista es el mismo que se utiliza cuando se guarda el archivo en el disco. Se describe con mayor detalle en el apéndice D.2.



6 TRABAJANDO CON OBJETOS

EPA SWMM utiliza distintos tipos de objetos para modelar un área de drenaje y su sistema de transporte. Esta sección describe cómo se crean, seleccionan, editan, borran y mueven dichos objetos.

6.1 Tipos de objetos

SWMM contiene tanto objetos físicos que pueden aparecer en el Mapa como objetos no físicos que recogen información sobre diseño, cargas y operaciones del sistema. Estos objetos, que se encuentran enumerados en el Visor de Datos y fueron descritos en el capítulo 3, consisten en:

Título del proyecto/Notas	Líneas
Opciones de análisis	Secciones Transversales
Climatología	Controles
Galgas de lluvia	Contaminantes
Cuencas	Usos del suelo
Acuíferos	Curvas
Nieve	Series Temporales
Hidrogramas RDII ²⁰	Patrones de Tiempo
Nudos	Etiquetas del mapa

6.2 Añadir un objeto

Los objetos visuales son aquellos que se representan en el Mapa e incluyen Pluviómetros (*Rain Gages*), Cuencas (*Subcatchments*), Nudos (*Nodes*), Líneas (*Links*) y Rótulos (*Labels*). A excepción de los Rótulos, hay formas de añadir estos objetos a un proyecto.

- ▶ Seleccionando el icono del objeto en la Barra de Herramientas de Objeto y pinchando en el Mapa.
- ▶ Seleccionando la categoría a la cual pertenece el objeto y pulsando el botón  de añadir en el Visor de Datos.

El primer método hace que el objeto aparezca en el Mapa y es, por tanto, recomendable. El segundo método crea el objeto, pero éste no aparecerá en el Mapa hasta que se introduzcan manualmente las coordenadas X, Y a través del Editor de Propiedades. A continuación se presentan instrucciones más específicas para añadir cada tipo de objeto a un proyecto.

6.2.1 Añadir un pluviómetro

Para añadir un pluviómetro utilizando la barra de herramientas de objetos:

1. Pulsar  en la barra de herramientas.

²⁰ RDII = *Rainfall-Dependent Infiltration Inflow* (equivaldría a infiltración entrente en la red dependiente de la lluvia, se ha preferido dejar las siglas en original en inglés)

2. Mover el icono hasta la ubicación deseada en el Mapa y pulsar el botón izquierdo del ratón.

Para añadir un pluviómetro utilizando el Visor de Datos:

1. Seleccionar **Rain Gages** (Pluviómetros) en la lista de clases.
2. Pulsar el botón añadir .
3. Introducir las coordenadas X e Y para el pluviómetro en el Editor de Propiedades se desea que aparezca en el Mapa.

6.2.2 Añadir un área de cuenca

Para añadir una cuenca utilizando la Barra de Herramientas de Objetos:

1. Pulsar el botón  de la barra de herramientas.
2. Utilizar el ratón para dibujar un polígono que represente el área de la cuenca en el Mapa:
 - o Botón izquierdo del ratón para cada vértice
 - o Botón derecho del ratón para cerrar el polígono
 - o Presionar la tecla de escape para cancelar la acción

Para añadir una cuenca utilizando el Visor de Datos:

1. Seleccionar **Subcatchments** (Cuenca) en la lista de clases.
2. Pulsar el botón añadir .
3. Introducir las coordenadas X e Y para el centro de la cuenca en el Editor de Propiedades si se desea que aparezca en el Mapa.

6.2.3 Añadir un nudo

Para añadir un nudo utilizando la Barra de Herramientas de Objetos:

1. Pulsar el botón correspondiente al tipo de nudo a añadir (en el caso de que no esté ya pulsado)
 - o  para las conexiones.
 - o  para los desagües.
 - o  para los divisores de flujo.
 - o  para los depósitos.
2. Mover el ratón hasta la posición del objeto en el Mapa y pulse.

Para añadir un nudo utilizando el Visor de Datos:

1. Seleccionar el tipo de nudo correspondiente **Junction, Outfall, Flow Divider** o **Storage Unit** (Unión, Desagüe, Divisor de Flujo o Depósito) en la lista de clases.
2. Pulsar el botón añadir .
3. Introducir las coordenadas X e Y para el nudo en el Editor de Propiedades si se desea que aparezca en el Mapa.

6.2.4 Añadir una línea

Para añadir una línea utilizando la Barra de Herramientas de Objeto:

1. Pulse el botón correspondiente al tipo de línea que se desea añadir:
 -  para un conducto.
 -  para una bomba.
 -  para un orificio.
 -  para un vertedero.
 -  para un aliviadero.
2. En el Mapa, pulse con el ratón en el nudo inicial de la línea (nudo aguas arriba).
3. Mover el ratón en la dirección del nudo final (nudo aguas abajo), pulsando en los puntos intermedios que sean necesarios para definir el trazado de la línea.
4. Pulsar con el ratón en el nudo final (aguas abajo) para finalizar el trazado de la línea.

Para añadir una línea utilizando el Visor de Datos:

1. Seleccionar el tipo de línea a añadir desde la lista de clases.
2. Pulsar el botón añadir .
3. Introducir los nombres de los nudos inicial y final de la línea en el Editor de Propiedades.

6.2.5 Añadir un rótulo al Mapa

Para añadir un rótulo de texto al Mapa:

1. Pulsar el botón **T** de la Barra de Objetos
2. Pulsar con el ratón en la posición del Mapa donde se desea que aparezca el rótulo.
3. Introducir el texto para la rótulo.
4. Pulsar **Enter** (Intro) para aceptar el rótulo o Esc para cancelar la acción.

6.2.6 Añadir un objeto no visible

Para agregar un objeto perteneciente a una clase que no se puede mostrar en el Mapa (que incluye Climatología, Acuíferos, Nieve, Hidrogramas, Secciones Transversales, Reglas de Control, Contaminantes, Usos del Suelo, Curvas, Series Temporales y Patrones de Tiempo):

1. Seleccionar la categoría del objeto de la lista de categorías en el Visor de Datos
2. Pulsar el botón .
3. Editar las propiedades del objeto en el cuadro de diálogo que aparece (véase el apéndice C para la descripción de estos editores).

6.3 Seleccionar y mover objetos

Para seleccionar un objeto en el Mapa:

1. Asegurar que el Mapa está en modo Selección (el cursor del ratón será una flecha que apunta arriba y a la izquierda). Para cambiar el mapa al modo de Selección, pulsar el botón

 o seleccionar **Edit→Select Object** (Edición + Seleccionar Objeto) en el Menú Principal.

2. Pulsar con el ratón sobre el objeto deseado en el Mapa.

Para seleccionar un objeto utilizando el Visor de Datos:

1. Seleccionar la categoría del objeto de la lista despegable.
2. Seleccionar el objeto de la lista inferior del Visor.

Los pluviómetros, las cuencas y los nudos²¹ pueden ser desplazados hasta otro punto del Mapa. Para mover un objeto de una localización a otra en el Mapa:

1. Seleccionar el objeto en el Mapa (véase Seleccionar un objeto).
2. Manteniendo el botón izquierdo del ratón pulsado sobre el objeto, arrastrar hasta la nueva localización.
3. Soltar el botón del ratón.

También es posible utilizar el siguiente método alternativo:

1. Seleccionar el objeto que se quiere desplazar en el Visor de Datos (debe de ser un pluviómetro, una cuenca, un nudo o un rótulo).
2. Con el botón izquierdo del ratón pulsado, arrastrar el objeto desde la lista del Visor de Datos hasta su nueva localización en el Mapa.
3. Soltar el botón del ratón.

Nótese que este segundo método puede ser utilizado para posicionar objetos en el Mapa que fueron importados desde archivos de proyecto que carecían de información sobre coordenadas.

6.4 Editar objetos

Para editar un objeto que aparezca en el Mapa:

1. Seleccionar el objeto en el Mapa.
2. Si el Editor de propiedades no se hace visible puede:
 - Hacer doble clic sobre el objeto
 - Pulsar el botón derecho del ratón en el objeto y seleccionar Propiedades en el menú desplegable que aparece.
 - Pulsar el botón  en el Visor de Datos.
3. Editar las propiedades del objeto con el Editor de Propiedades.

El apéndice B lista todas las propiedades de cada uno de los objetos visuales de SWMM.

Para editar un objeto listado en el Visor de Datos:

1. Seleccionar el objeto en el Visor de Datos.
2. Entonces:
 - Pulsar el botón  del Visor de Datos.

²¹ Siempre que se mueva un nudo, también se moverán automáticamente todas las líneas conectadas a él.

- Hacer doble clic sobre el objeto en la lista de objetos.
- Pulsar **Enter** (Intro).

Dependiendo del tipo de objeto seleccionado, aparecerá un editor específico en el cual se pueden modificar las propiedades del objeto. El apéndice C describe todos los editores de propiedades específicos utilizados para los objetos no visuales de SWMM.



El sistema de unidades en el cual se expresan las propiedades de los objetos dependen de la elección realizada para las unidades de caudal. Trabajar con pies cúbicos por segundo, galones o pies acre implica utilizar unidades americanas para todo el proyecto. Utilizar unidades de caudal basadas en litros o metros cúbicos implica utilizar unidades del sistema métrico. Las unidades de caudal se pueden fijar a través de los valores por defecto (página de propiedades para nudos y líneas, véase sección 5.4) o desde las Opciones Generales de la Simulación (véase sección 8.1). Las unidades utilizadas para todas las propiedades aparecen listadas en el apéndice A.

6.5 Convertir objetos

Es posible transformar un nudo o una línea de un tipo a otro sin necesidad de borrar el objeto y añadir uno nuevo en su lugar. Un ejemplo podría ser transformar una unión en un desagüe o convertir un orificio en un vertedero. Para convertir un nudo o una línea en otro tipo:

1. Pulsar el botón derecho del ratón sobre el objeto en el Mapa.
2. Seleccionar **Convert To** (Convertir en) en el menú desplegable que aparecerá.
3. Seleccionar el nuevo tipo de nudo o línea del submenú que aparece.
4. Editar el objeto para completar aquellos datos que no estaban en el tipo de objeto original.

Durante esta transformación, sólo se mantienen aquellos datos que son comunes a ambos tipos de objeto. Para los nudos, esto incluye el nombre, posición, etiqueta, descripción, caudales externos, funciones de tratamiento y cota de la fondo. Para las líneas sólo se mantiene el nombre, nudos extremos, descripción y etiqueta.

6.6 Copiar y pegar objetos

Las propiedades de un objeto presentado en el Mapa pueden ser copiadas y pegadas en otro objeto de la misma categoría.

Para copiar las propiedades de un objeto al portapapeles de EPA SWMM:

1. Botón derecho en el objeto.
2. Seleccionar **Copy** (Copiar) en el menú desplegable que aparece.

Para pegar las propiedades copiados en otro objeto:

1. Botón derecho en el otro objeto.
2. Seleccionar **Paste** (Pegar) en el menú desplegable que aparece.

Tan sólo es posible copiar y pegar datos que pueden ser compartidos entre varios objetos. Las características no copiadas incluyen el nombre del objeto, sus coordenadas, sus nudos extremos (para

líneas), las etiquetas y cualquier comentario descriptivo asociado al objeto. Para los rótulos del Mapa, solamente se copian y pegan las características de la fuente.

6.7 Dar forma e invertir a una línea

Las líneas pueden dibujarse como polilíneas compuestas por una serie de segmentos rectos que definen el trazado o la curvatura de la línea. Una vez que una línea ha sido dibujada en el Mapa, los puntos interiores (vértices) que definen estos segmentos de línea pueden ser añadidos, borrados o cambiados de posición. Para editar los vértices de una línea:

1. Seleccionar la línea a editar en el Mapa y poner el Mapa en modo de Selección de Vértices, bien pulsando el botón  de la barra de herramientas Mapa, bien seleccionando Edit→Select Vertex (Edición + Seleccionar Vértices) en el Menú Principal, bien seleccionando Vertices en el menú desplegable que aparece al pulsar el botón derecho sobre la línea.
2. El vértice seleccionado se presenta como un cuadrado relleno. Para seleccionar un vértice en concreto, pulsar con el ratón sobre él.
3. Para agregar un nuevo vértice a la línea, pulsar el botón derecho del ratón y seleccionar Add Vertex (Agregar Vértice) en el menú desplegable (o simplemente pulsar la tecla Insert del teclado).
4. Para borrar el vértice seleccionado actualmente, botón derecho del ratón y seleccionar Delete Vertex (Borrar Vértice) del menú desplegable (o pulsar la tecla Supr del teclado).
5. Para desplazar un vértice hasta otra localización, arrastrarlo con el botón izquierdo del ratón pulsado hasta su nueva posición.
6. En el modo Selección de Vértices se puede comenzar a editar los vértices de otra línea simplemente pulsando el ratón sobre la misma. Para dejar el modo Selección de Vértices, pulsar el botón derecho en el Mapa y seleccionar Quit Editing (Salir de Edición) del menú desplegable, o simplemente seleccionar uno de los otros botones en la Barra de Herramientas de Mapa.

También se puede invertir la dirección de una línea (es decir, intercambiar sus nudo extremos) pulsando el botón derecho del ratón y seleccionado **Reverse** (Invertir) del menú desplegable que aparece. Normalmente las líneas deberían estar definidas de modo que su nudo aguas arriba tenga mayor cota que el nudo aguas abajo.

6.8 Dar forma a una cuenca

Las áreas de cuenca son dibujadas como polígonos cerrados. Para editar o añadir nuevos vértices al polígono se deben seguir los mismos procedimientos utilizados para los enlaces. Para dibujar por completo el contorno del área de la cuenca, pulse con el botón derecho sobre el centro de la misma y seleccione **Redraw** (Redibujar) en el menú desplegable que aparece. Entonces use el mismo procedimiento que para dibujar una nueva cuenca (véase la sección 6.2). Si la cuenca se dibujó originalmente o se editó dejando dos vértices o menos, entonces en el Mapa sólo se presentará el símbolo del centro de la misma.

6.9 Borrar un objeto

Para borrar un objeto:

1. Seleccionar el objeto bien desde el Mapa o bien desde el Visor de Datos.
2. Pulsar el botón de borrar  en el Visor de Datos o presionar **Del** (Borrar) en el teclado.



Se pueden ajustar las preferencias del programa para que el programa pida una confirmación antes de borrar los objetos seleccionados. Véase para ello las Preferencias Generales en el formulario de preferencias (sección 4.9).

6.10 Editar o borrar un grupo de objetos

Un grupo de objetos situados dentro de una misma zona en el Mapa pueden tener un mismo valor para una propiedad común, o pueden ser eliminados conjuntamente. Para seleccionar un grupo de objetos que están dentro de una región irregular del Mapa:

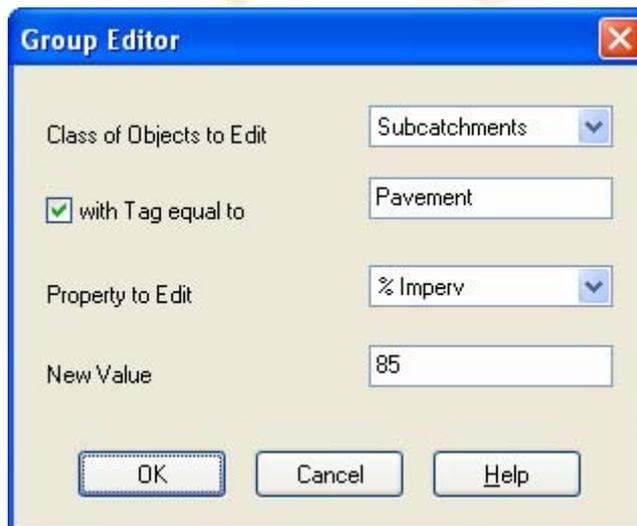
1. Seleccionar **Edit**→**Select Region** (Editar + Seleccionar Región) en el Menú Principal o pulsar el botón  de la barra de herramientas Mapa.
2. Dibujar un polígono alrededor de la región que interesa en el Mapa pulsando el botón izquierdo del ratón en cada vértice del polígono.
3. Cerrar el polígono de envoltura haciendo pulsando el botón derecho o presionando la tecla **Enter** (Intro). Para cancelar la acción, pulsar la tecla **Esc**.

Para seleccionar todos los objetos del proyecto, tanto si se ven como si no, ir a **Edit**→**Select All** (Edición + Seleccionar Todo) en el Menú Principal.

Una vez que se ha seleccionado un grupo de objetos, se pueden editar las propiedades que todos tienen en común. Para ello:

1. Seleccionar **Edit**→**Group Edit** (Editar + Editar Grupo) en el Menú Principal.
2. Utilizar el formulario **Group Edit** (Editor de Grupo) que aparecerá para seleccionar la propiedad y especificar su nuevo valor.

El Editor de Grupo, mostrado a continuación, se utiliza para modificar una propiedad para un grupo de objetos seleccionados. Para utilizar este formulario:



1. Seleccionar el tipo de objetos (Cuencas, Conexiones o Conductos) que se va a editar.
2. Marcar la casilla **with Tag equal to** (con la etiqueta igual a) si se desea agregar un filtro que limite los objetos seleccionados para corregir a éstos con un valor específico de la etiqueta.

3. Introducir el valor de la etiqueta para filtrar cuando se haya elegido esta opción.
4. Seleccionar la propiedad a editar.
5. En el campo **New Value** (Nuevo Valor), introducir el valor que debe sustituir al valor existente en todos los objetos seleccionados. Si aparece un botón de continuar al lado de dicho campo, pulsar el botón para que aparezca el editor específico de dicha característica.
6. Pulsar **OK** (Aceptar) para ejecutar la edición de grupo.

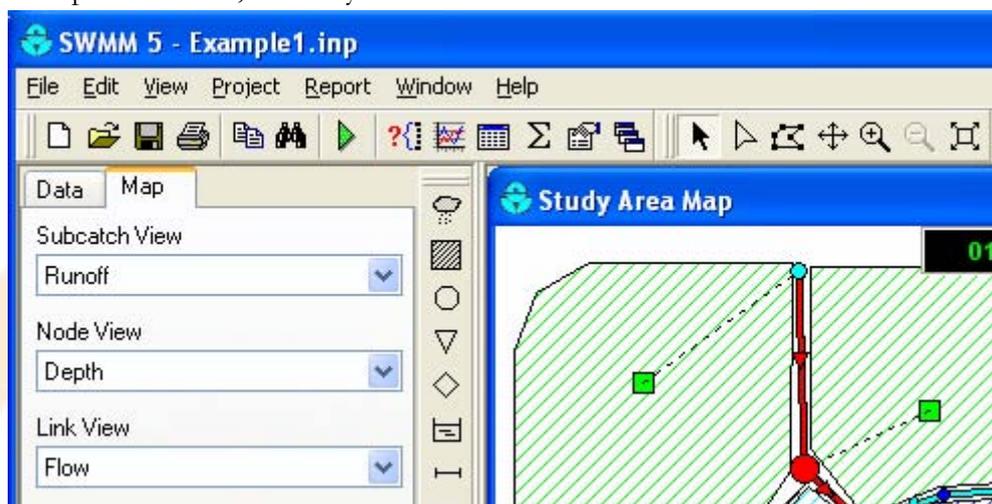


7 TRABAJANDO CON EL MAPA

EPA SWMM puede mostrar un mapa del área de estudio modelada. Esta sección describe cómo se puede manipular este mapa para mejorar la visualización del sistema.

7.1 Seleccionar un tema para el mapa

Un tema²² del Mapa presenta ciertas propiedades asociadas con los distintos tipos de objetos en un código de colores. Las listas desplegables que aparecen en el Visor del Mapa se utilizan para seleccionar un tema distinto para Cuencas, Nudos y Líneas.



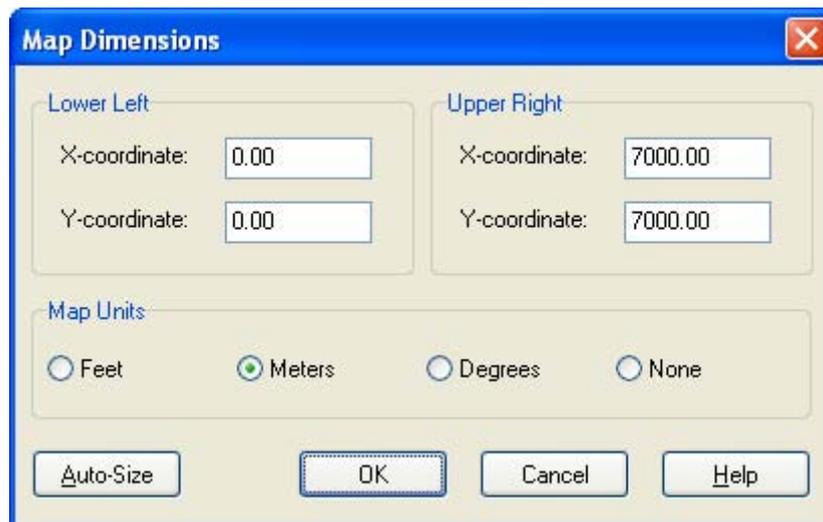
Los métodos para cambiar el código de colores asociado a un determinado tema se comentan más adelante en la sección 7.9.

7.2 Configurar las dimensiones del mapa

Las dimensiones reales del Mapa se pueden definir de modo que las coordenadas del Mapa se correspondan adecuadamente a la presentación en el monitor. Para configurar las dimensiones del Mapa:

1. Seleccionar **Ver→Dimensiones** (Ver + Dimensiones) en el Menú Principal.
2. Introducir las coordenadas para las esquinas inferior izquierda y superior derecha del mapa dentro del formulario de Dimensiones del Mapa (mostrado a continuación) que aparece o pulsar el botón **Auto-Size** (Tamaño Automático) para que SWMM calcule automáticamente las dimensiones basándose en las coordenadas de los objetos incluidos en el mapa.
3. Seleccionar las unidades de distancia a utilizar para estas coordenadas.
4. Pulsar el botón **OK** para cambiar las dimensiones del mapa.

²² Se entiende por tema un conjunto de opciones de visualización que incluye una variable a presentar para cada tipo de objetos (área, nudo y línea) así como el correspondiente código de colores que se relaciona con el valor de dichas variables. Esta relación se presenta en la leyenda de ese tipo de objetos.



Si va a utilizar una imagen de fondo con cálculo automático de área y longitudes, se recomienda fijar las dimensiones del Mapa nada más crear el nuevo proyecto. Las unidades de longitud del Mapa pueden ser distintas a las unidades de longitud de los conductos. Estas últimas dependen de la opción elegida para las unidades de caudal. La conversión de unidades la realiza SWMM automáticamente según convenga.

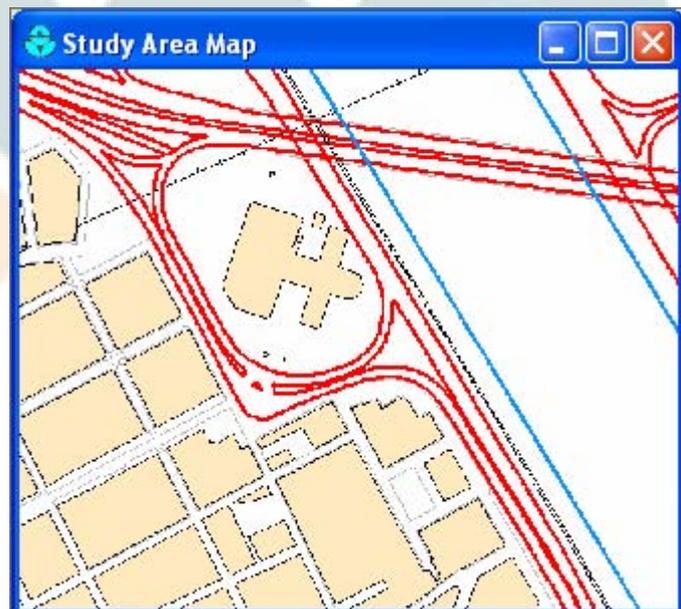
7.3 Utilizar un mapa de fondo

SWMM puede mostrar una imagen de fondo detrás del Mapa. Esta imagen de fondo puede ser un plano de calles, un plano de la red, un plano topográfico, un plano de desarrollo de sitio o cualquier otra imagen que resultar útil. Por ejemplo, utilizar un plano de calles simplificaría el proceso de agregar líneas de alcantarillado, puesto que se podrían digitalizar los nudos y las líneas trazándolos por encima de la imagen.

La imagen de fondo tiene que ser un *metaarchivo* de Windows (EMF, Windows Enhanced Metaarchivo) o un mapa de *bits* (BMP, Windows BitMapa o JPG) creado fuera de EPA SWMM. Una vez importado, sus características no pueden ser modificadas, aunque su escala y área de visión cambiarán si se realiza un zoom sobre la ventana del mapa o se mueve ésta. Por este motivo, los *metaarchivos* trabajan mejor que los mapas de *bits*, ya que no pierden resolución cuando se les cambia la escala. La mayoría de los programas de CAD y GIS tienen la posibilidad de salvar sus dibujos y mapas como *metaarchivos*.

Al seleccionar **Ver**→**Backdrop** (Ver + Fondo) del Menú Principal aparece un submenú que presenta los siguientes comandos:

- ▶ **Load** (Cargar): Carga un archivo de imagen de fondo dentro del proyecto.
- ▶ **Unload** (Descargar): Quita la imagen de fondo del proyecto.



- ▶ **Align** (Alinear): Alinea la red de tuberías con la imagen de fondo
- ▶ **Resize** (Redimensionar): Ajusta las coordenadas de la imagen de fondo.
- ▶ **Watermark** (Marca de Agua): cambia la apariencia del fondo entre normal o atenuada.

Para cargar una imagen de fondo seleccionar **Ver**→**Backdrop**→**Load** (Ver + Fondo + Cargar) en el Menú Principal. Aparecerá un formulario de selección de la imagen de fondo. Las entradas de este formulario son:



Backdrop Image Archivo (Archivo de Imagen de Fondo)

Introducir el nombre del archivo que contiene la imagen. Puede pulsar el botón de examinar  para abrir un cuadro de diálogo estándar para seleccionar archivos en Windows y buscar la imagen desde ahí.

World Coordinates Archivo (Archivo de Coordenadas Cartográficas²³)

Si existe un archivo de coordenadas para la imagen, introduzca su nombre o utilice el botón  para buscarlo. Un archivo de coordenadas contiene información para georreferenciar la imagen y puede crearse desde el programa que produce la imagen o utilizando un editor de texto. Este archivo contiene la siguiente información:

- Línea 1: Escala Horizontal (distancia real recogida por un pixel de la imagen en dirección horizontal)
- Línea 2: Coef. Rotación X (no se utiliza)
- Línea 3: Coef. Rotación Y (no se utiliza)
- Línea 4: Escala Vertical (distancia real recogida por un pixel de la imagen en dirección vertical, cambiada de signo)
- Línea 5: Coordenada X del vértice superior izquierdo de la imagen.
- Línea 6: Coordenada Y del vértice superior izquierdo de la imagen.

Si no se especifica ningún archivo de coordenadas, la imagen de fondo se ajustará para quedar centrada en la pantalla.

Scale Mapa to Backdrop Image Archivo (Ajustar el Mapa a la Imagen de Fondo)

Esta opción sólo está disponible cuando se ha especificado un fichero de coordenadas. Seleccionarlo fuerza las dimensiones del Mapa para que coincidan con las de la imagen de fondo. Además, todos los objetos existentes en el Mapa modificarán sus coordenadas para ajustarse a las nuevas dimensiones del

²³ Los archivos de coordenadas cartográficas tienen por lo general las extensiones *.jpw o *.bpw.

mismo, manteniendo sus posiciones relativas. Seleccionar esta opción puede requerir alinear la imagen de fondo para que su posición con respecto al sistema de drenaje sea correcta. A continuación se describe cómo hacerlo.

La imagen de fondo puede alinearse con respecto al sistema de drenaje seleccionando **Ver→Backdrop→Align** (Ver + Fondo + Alinear). Esto permite desplazar la imagen de fondo a lo largo del mapa de la red (moviendo el ratón manteniendo el botón izquierdo del mismo pulsado) hasta alcanzar la posición deseada.

Además, la imagen de puede cambiarse de tamaño seleccionando **Ver→Backdrop→Resize** (Ver + Fondo + Tamaño). En este caso, aparece el formulario **Backdrop Dimensions** (Dimensiones del Fondo).

Lower Left		Backdrop	Map
X-coordinate:		719356.71	719356.71
Y-coordinate:		4370194.36	4370194.36

Upper Right		Backdrop	Map
X-coordinate:		723096.25	723096.25
Y-coordinate:		4372485.82	4372485.82

Resize Backdrop Image Only
 Scale Backdrop Image to Map
 Scale Map to Backdrop Image

Este formulario permite introducir manualmente las coordenadas X, Y de las esquinas inferior izquierda y superior derecha. A modo de referencia se muestran también las dimensiones del mapa. Mientras el formulario es visible, se pueden conocer las coordenadas del mapa moviendo el ratón sobre el mismo y observando los valores de X e Y en la sección correspondiente de la barra de estado (en la parte inferior de la ventana principal).

Al seleccionar la opción **Resize Backdrop Image Only** (Cambiar Tamaño sólo de la Imagen de Fondo) se cambiará el tamaño de la imagen de fondo de acuerdo con las coordenadas especificadas, pero no el Mapa. Si en cambio se selecciona **Scale Backdrop Image to Mapa** (Escalar Fondo al Mapa) la imagen de fondo se colocará en el centro del mapa y el tamaño se modificará para adaptarse al Mapa, pero respetando las proporciones del aspecto (ancho-largo). En este caso las coordenadas inferior izquierda y superior derecha del Mapa aparecerán en las correspondientes a la imagen del fondo, y los campos quedarán deshabilitados. Por último, si se selecciona **Scale Mapa to Backdrop Image** (Escalar Mapa a la Imagen de Fondo) se adaptarán las dimensiones del Mapa a las de la imagen de fondo. Nótese que esta opción cambiará las coordenadas de todos los objetos en el Mapa

manteniendo la posición relativa. Seleccionar esta opción puede requerir alinear la imagen de fondo para que su posición con respecto al sistema de drenaje sea correcta.



Debe tenerse precaución cuando se utiliza la opción Escalar Mapa a la Imagen de Fondo, bien en el Selector de Imagen de Fondo, bien en el formulario de Dimensiones del Fondo pues en ambos casos se modifican las coordenadas de todos los objetos del Mapa. Es recomendable guardar los cambios en el archivo del proyecto antes de proceder para evitar pérdida de información en caso de que los resultados no sean los esperados.

El nombre de la imagen de fondo así como sus dimensiones se guardan junto con el resto del proyecto cada vez que éste es guardado a un archivo.

Para obtener mejores resultados utilizando una imagen de fondo:

- ▶ Utilice preferiblemente *metaarchivos* en lugar de mapas de bits.
- ▶ Si la imagen se carga antes de añadir ningún objeto, utilice la opción de escalar el mapa a la imagen.

7.4 Zoom del mapa

Para aumentar el Mapa:

1. Seleccionar **Ver**→**Zoom In** (Ver + Acercar) en el Menú Principal o hacer clic en el botón  de la barra de herramientas del Mapa.
2. Para ampliar un 100%, mover el ratón hasta el centro del área del mapa y hacer clic con el botón izquierdo.
3. Para realizar un zoom personalizado, mover el ratón hasta la esquina superior izquierda del área del zoom, y con el botón izquierdo presionado, dibujar un contorno rectangular alrededor del área que se quiera aumentar. Soltar entonces el botón izquierdo.

Para disminuir el Mapa:

1. Seleccionar **Ver**→**Zoom In** (Ver + Alejar) en el Menú Principal o pulsar el botón  en la barra de herramientas Mapa.
2. Mover el ratón hasta el centro de la nueva área de zoom y pulsar el botón izquierdo.
3. El mapa volverá a su anterior tamaño.

7.5 Mover o encuadrar el mapa

Para mover el Mapa a lo largo de la ventana:

1. Seleccionar **Ver**→**Pan** (Ver + Encuadrar) en el Menú Principal o pulsar el botón  en la barra de herramientas del Mapa.
2. Con el botón izquierdo presionado en cualquier punto del mapa, arrastrar el ratón en la dirección hacia la que se desee mover el mapa.
3. Soltar el ratón para completar el movimiento.

Para mover el mapa utilizando la ventana **OverVer Mapa** (Vista Completa del Mapa, que se describe más adelante en la sección 7.10):

1. Si no es visible, puede mostrar la Vista Completa del Mapa seleccionando **Ver**→**OverVer Mapa** (Ver + Vista Completa del Mapa) en el Menú Principal.

2. Colocar el ratón dentro de la ventana de Vista Completa.
3. Con el botón izquierdo presionado, arrastrar el zoom de la ventana hasta su nueva posición.
4. Soltar el botón del ratón, de ese modo el Mapa se moverá hasta el área correspondiente que se haya seleccionado en la ventana de Vista Completa.

7.6 Ver Mapa Completo

Para ver el todo el Mapa puede optar por uno de los siguientes métodos:

- a) Seleccionar **Ver→Full Extent** (Ver + Extensión) en el Menú Principal
- b) Presionar el botón  en la barra de herramientas del Mapa.

7.7 Buscar un objeto

Para encontrar un objeto en el Mapa cuyo nombre se conoce:

1. Seleccionar **Ver→Find** (Ver + Buscar) en el Menú Principal o pulsar el botón  de la barra de herramientas estándar.
2. En el cuadro de diálogo que aparece, seleccionar el tipo de objeto a buscar e introducir su nombre.
3. Pulsar el botón **Go** (Buscar).



Si el objeto existe, será resaltado en el Mapa y en el Visor de Datos. Si se enfoca el Mapa y el objeto queda fuera de los actuales límites del campo de visión, el mapa se moverá hasta que el objeto quede dentro del campo de visión.



Los nombres asignados por el usuario a los objetos de SWMM no son sensibles a las mayúsculas. Así, NUDO123 es lo mismo que Nudo123.

Tras encontrar un objeto, el diálogo del buscador del mapa también mostrará:

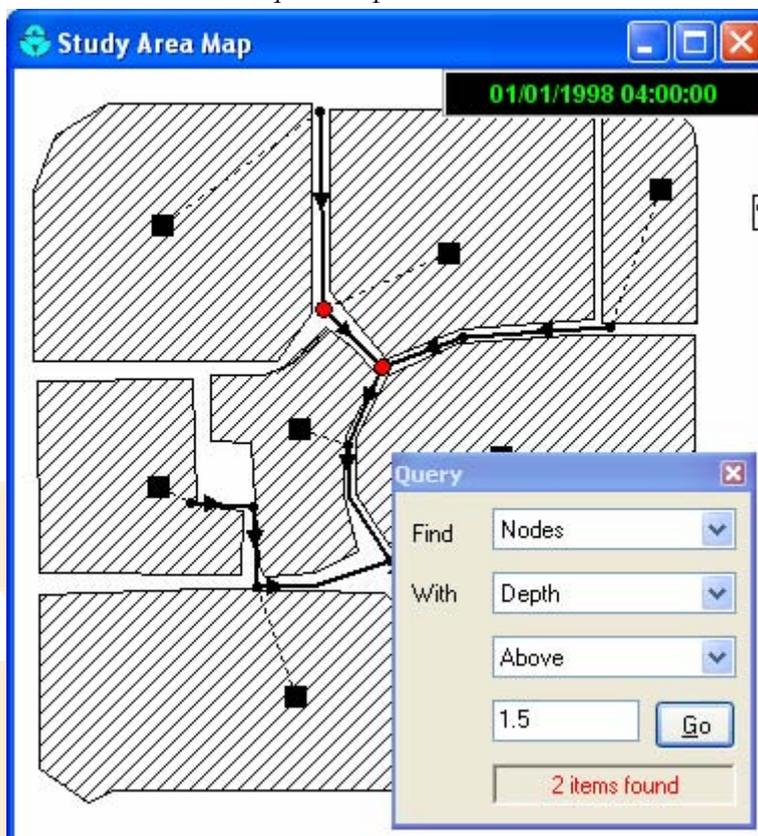
- ▶ Las conexiones de salida para una cuenca.
- ▶ Las líneas que conectan con un nudo.
- ▶ Los nudos extremos para una línea.

7.8 Realizar una Consulta sobre el Mapa

Una consulta del Mapa identifica los objetos del mapa que cumplen un determinado criterio (p.ej. nudos con inundación, líneas con velocidades por debajo de 0,5 m/s, etc.). Para realizar una consulta:

1. Seleccionar el instante de tiempo en el Visor de datos para el cual se va a realizar la consulta.
2. Seleccionar **Ver→Query** (Ver + Consulta) en el Menú Principal o pulsar el botón  en la barra de herramientas del Mapa.
3. Rellenar la información solicitada por el formulario de la consulta:

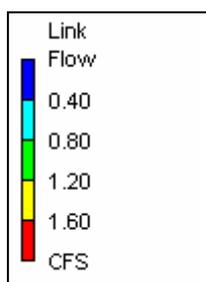
- Seleccionar si se trata de cuencas, nudos o líneas
- Seleccionar el parámetro a consultar
- Seleccionar un operador lógico adecuado (**Above**, **Below** o **Equals**, Mayor que, Menor que o Igual)
- Introducir un valor con el que comparar.



4. Pulsar el botón **Go** (Ejecutar). El número de objetos encontrados que cumplen el criterio aparecerá debajo en el formulario y estarán resaltados en el Mapa.
5. Si se cambia el instante de tiempo, el resultado de la consulta se actualiza automáticamente.
6. Se puede proceder con otra consulta utilizando el mismo formulario y cerrar éste con el botón de la esquina superior derecha.

Cuando se cierre el formulario de consulta, el Mapa vuelve a su situación original²⁴.

7.9 Utilizar las leyendas del Mapa.



Las leyendas del Mapa asocian un color con un rango de valores para el tema que se esté viendo. Existen leyendas distintas para áreas de cuenca, nudos y acoplamientos. Además, una leyenda Fecha/Tiempo está disponible para presentar la fecha y la hora del periodo de simulación que se está mostrando en el mapa.

²⁴ Es decir, los objetos que estaban resaltados dejan de estarlo.

Para ver u ocultar una leyenda en el Mapa:

1. Seleccionar **Ver→Legends** (Ver + Leyendas) en el Menú Principal o pulsar el botón derecho del ratón sobre el Mapa y seleccionar **Legends** en el menú desplegable que aparece.
2. Pulsar en la leyenda cuyo estado se quiere cambiar (mostrar u ocultar).

Una leyenda visible se puede ocultar haciendo un doble clic sobre ella.

Para mover una leyenda de un sitio a otro presionar el botón izquierdo del ratón y arrastrar hasta la nueva localización manteniendo pulsado este botón. Cuando se desee fijar la leyenda, soltar el botón izquierdo del ratón.

Para editar la leyenda, seleccionar **Ver→Legends→Modify** (Ver + Leyendas + Modificar) en el Menú Principal o pulse el botón derecho del ratón sobre la leyenda. Entonces aparecerá el formulario **Legend Editor** (Editor de Leyendas, figura inferior) que se utiliza para fijar los rangos numéricos de los distintos colores.

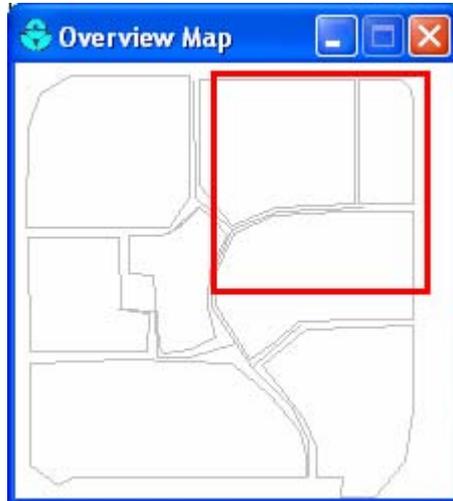


El Editor de Leyendas se utiliza para fijar los rangos numéricos a los cuales se asignan los distintos colores para la presentación de un determinado parámetro en el Mapa. Este editor funciona de la siguiente forma:

- ▶ Los valores numéricos, en orden creciente, se introducen en las cajas de edición para definir así los rangos. No es necesario introducir valores en las cuatro cajas disponibles.
- ▶ Para cambiar un color, pulsar la banda de colores del editor y seleccionar un nuevo color en el menú que aparece.
- ▶ Pulsar el botón Auto-escala para asignar automáticamente rangos basados en los valores mínimos y máximos logrados para el parámetro en cuestión. (Nota: actualmente, esta característica se aplica tan solo a la gama de valores que ocurren en el periodo actual)
- ▶ El botón de la Rampa de color se utiliza para seleccionar de una lista los esquemas de color incorporados.
- ▶ El botón de reverso de colores invierte el orden de la selección actual de colores (el color del rango inferior pasara ahora a ser el del rango superior y viceversa).

7.10 Utilizando el Mapa de Vista Completa

El Mapa de Vista Completa, como muestra la figura, permite ver en qué zona del mapa actual está enfocado el sistema. Esta área de zoom queda representada por el límite rectangular que se presenta en el mapa de centrado. Si se arrastra el rectángulo hasta otra posición, la vista seleccionada dentro del mapa principal seguirá dicho movimiento. El mapa de centrado puede ser activado/desactivado seleccionando **Ver→OverVer Mapa** (Ver + Mapa de Vista Completa) en el Menú Principal.



7.11 Configurar la presentación del mapa

El cuadro de opciones del mapa permite fijar una de las distintas opciones de presentación que puede presentar el mapa del área de estudio. Para cambiar la apariencia del Mapa:

- Seleccionar Ver >> Opciones del Mapa en el Menú Principal
- Pulsar el botón de la barra de herramientas del Mapa cuando la ventana del mapa esté resaltada
- Botón derecho en el mapa y seleccionar Opciones en el menú desplegable que aparece.

Un cuadro de Opciones de Mapa aparecerá de modo que se podrán utilizar varias opciones de presentación, tales como el estilo del terraplén en las áreas de cuenca, los nudos y el tamaño de los enlaces, la dirección del flujo y el color de fondo.

El cuadro contiene páginas separadas para controlar la apariencia, son:

7.11.1 Áreas de cuenca

El cuadro de opciones de mapa dedicado a las áreas de subcaptación controla como se muestran dichas áreas en el Mapa.

<i>Opción</i>	<i>Descripción</i>
Estilo de fondo	Selecciona el estilo utilizado en el interior de las áreas de cuenca.
Tamaño del Símbolo	Fija el tamaño del símbolo situado en el centroide del área de cuenca.
Grosor del Borde	Fija el grosor de la línea usada al dibujar el límite de las áreas de cuenca; fijar a 0 si no se desea mostrar ningún límite.
Mostrar la línea a la Salida	Si se comprueba que una línea discontinua se encuentra dibujada entre el centroide del área de cuenca y el nudo de salida del área de cuenca (o área de cuenca).

7.11.2 Opciones de nodos

El cuadro de opciones de mapa para los nudos controla como se muestran los nudos en el área del mapa de estudio.

<i>Opciones</i>	<i>Descripción</i>
Tamaño de nodo	Selecciona el diámetro del nudo en pixels.
Proporcional al Valor	Permite seleccionar si el tamaño del nudo aumenta conforme el parámetro visto incrementa su valor
Borde	Selecciona si se debe mostrar un borde alrededor de cada nudo (recomendado para fondos coloreados luminosamente).

7.11.3 Opciones de enlaces

El cuadro de opciones de mapa para los Enlaces controla como se muestran los enlaces en el Mapa.

<i>Opciones</i>	<i>Descripción</i>
Tamaño del Enlace	Fija la longitud de los enlaces mostrados en el mapa.
Proporcional al Valor	Selecciona si la longitud de la línea aumenta conforme el parámetro visto aumenta su valor.
Borde	Permite seleccionar si se muestra un borde negro alrededor de cada enlace.

7.11.4 Opciones de rótulos

El cuadro de opciones de mapa para las etiquetas controla cómo se muestran las etiquetas creadas por el usuario en el Mapa.

<i>Opciones</i>	<i>Descripción</i>
Usar texto transparente	Muestra el texto con un fondo transparente (en caso contrario se utiliza un fondo opaco).
Zoom mínimo	Selecciona el mínimo zoom para el que las etiquetas se deben mostrar; para zooms menores las etiquetas estarán ocultas.

7.11.5 Opciones de etiquetas

El cuadro de opciones de mapa para las anotaciones determina el tipo de anotaciones que deben ser añadidas al Mapa.

<i>Opciones</i>	<i>Descripción</i>
Etiquetas ID	Determina que etiquetas ID deben ser mostradas al lado de las áreas de cuenca, nudos o enlaces.
Valores	Determina si se deben mostrar los valores del tema actual al lado de las áreas de cuenca, nudos o enlaces.
Utilizar texto transparente	Muestra el texto con un fondo transparente (en caso contrario se utiliza un fondo opaco)
Tamaño de fuente	Ajusta el tamaño de la fuente utilizada en las distintas anotaciones.
Zoom mínimo	Selecciona el zoom mínimo para el que se muestran las anotaciones; para zooms menores a éste las anotaciones estarán ocultas.

7.11.6 Opciones de símbolos

El cuadro de opciones de mapa para Símbolos determina si se utilizan símbolos especiales para mostrar los distintos objetos en el Mapa.

<i>Opciones</i>	<i>Descripción</i>
Símbolos para nodos	Al seleccionarlo se utilizarán símbolos especiales para nodos.
Símbolos para enlaces	Al seleccionarlo se utilizarán símbolos especiales para los enlaces.
Zoom mínimo	Selecciona el zoom mínimo para el que los símbolos se mostrarán, para zooms menores a éste los símbolos estarán ocultos.

7.11.7 Opciones flechas de flujo

El cuadro de opciones de mapa para Flechas de flujo determina como se muestran las flechas de dirección de flujo en la red del mapa.

<i>Opciones</i>	<i>Descripción</i>
Estilo de flecha	Selecciona el estilo (forma) de la flecha a mostrar (seleccionar ninguno para esconder las flechas).
Tamaño de Flecha	Muestra el tamaño de flecha
Zoom mínimo	Selecciona el zoom mínimo para el que las flechas serán mostradas; para zooms menores estarán ocultas.

7.11.8 Opciones de fondo

El cuadro de opciones de mapa para los Fondos se utiliza para seleccionar un color de fondo para la red del mapa.

7.12 Exportar el mapa

El visionado del área de estudio a tamaño completo puede ser guardado a un archivo utilizando:

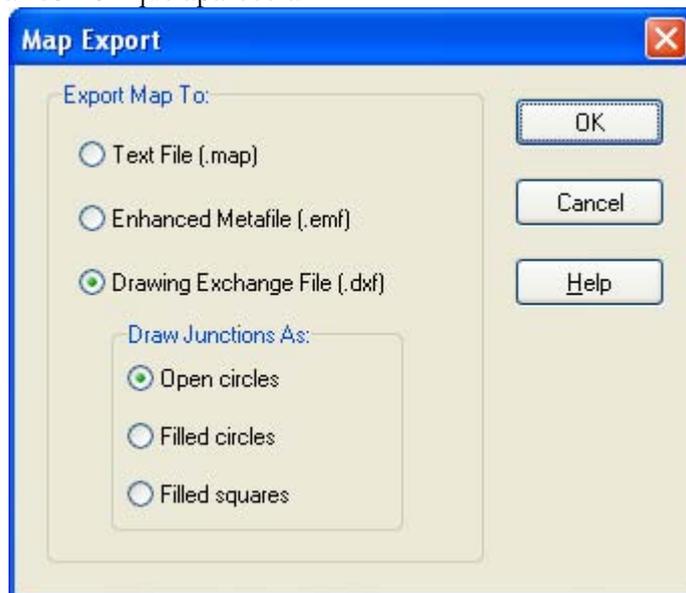
- ▶ Formato Autodesk's Drawing Exchange Format (*.DXF)
- ▶ Formato de cualquier archivo metaarchivo de Windows (*.EMF)
- ▶ Formato texto de EPA SWMM en ASCII (*.MAP).

El formato DXF es leído por cualquier ordenador que tenga un programa CAD. Los *metaarchivos* pueden ser leídos en procesadores de texto y cargados en programas de dibujo para re-escalarlos y editarlos. Ambos formatos están basados en vectores y no perderán resolución cuando se presenten en otras escalas.

Para exportar un mapa a un archivo DXF, *metaarchivos* o a un archivo de texto:

1. Seleccionar Archivo >> Exportar >> Mapa.
2. En el cuadro de diálogo de exportar mapa que aparece, seleccionar el formato en el que se quiera guardar el mapa.
3. Si se selecciona el formato DXF, se tiene la posibilidad de elegir como se quiere la representación de los nudos en el archivo DXF. Así, se puede elegir entre círculos rellenos, círculos abiertos o cuadros rellenos. No todos los lectores DXF pueden reconocer el formato utilizado en el archivo DXF en el dibujo de círculos rellenos.

4. Tras elegir un formato, pulsar OK e introducir el nombre del archivo en el cuadro de diálogo “Salvar como” que aparecerá.



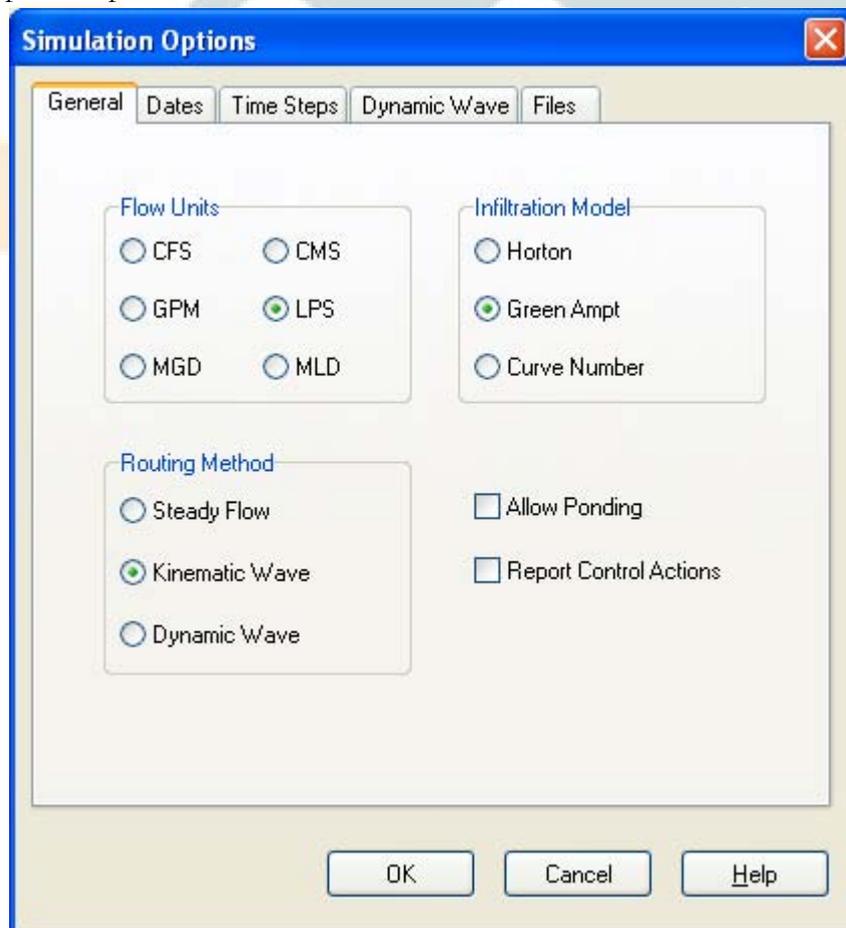
8 PUESTA EN MARCHA DE UNA SIMULACIÓN

Una vez se ha realizado un estudio lo bastante cuidadoso, es posible la simulación del proceso para describir la escorrentía, el transporte y la calidad del agua. Esta sección explica como especificar las distintas opciones a utilizar en el análisis, como poner en marcha la simulación y como localizar posibles problemas que pudieran aparecer durante la ejecución.

8.1 Configurar opciones de simulación

Para configurar las distintas opciones de simulación:

1. Seleccionar la categoría Opciones en el Visor de datos y pulsar el botón
2. Un cuadro de diálogo Opciones de simulación aparecerá cuando se puedan escoger distintas posibilidades para las siguientes categorías:
 - Opciones Generales
 - Opciones de Fecha
 - Opciones de Intervalos de Tiempo
 - Opciones de Transporte mediante Onda Dinámica
 - Opciones para Ficheros de intercambio



3. Haz clic en el botón OK para aceptar las elecciones realizadas o el botón Cancelar para dejar el programa tal como estaba.

8.1.1 Opciones generales

La página General del cuadro de opciones de Simulación consiste en las siguientes elecciones

Unidades de Flujo

Se encuentran disponibles seis tipos de unidades de flujo. Si se selecciona una unidad de flujo americana todos los demás parámetros serán dados en unidades U.S. mientras que si se elige una unidad de flujo métrica, el resto de cantidades también será dado en dichas unidades. (ver Unidades de Medida). Las unidades que se metan previamente en los datos no se ajustarán automáticamente si el sistema de unidades es cambiado.

Modelo de Infiltración

Esta opción controla como la modelación para la infiltración de lluvias en la zona de suelo superior del área de cuenca. Las distintas opciones son:

- Horton
- Green-Ampt
- Número de Curva

Cambiar esta opción requiere reintroducir los valores para los parámetros de infiltración en cada área de cuenca.

Modelo de Simulación

Determina qué método se utilizará para la simulación hidráulica del flujo a través de la red de conductos analizada. Las opciones posibles son:

- Flujo Estacionario (Régimen Uniforme)
- Onda Cinemática
- Onda Dinámica

Permitir la acumulación en los nudos

Chequear esta opción permite que el exceso de agua recogido en los nudos sea recogido y reintroducido dentro del sistema cuando las condiciones lo permitan. Para que la acumulación ocurra realmente en un nudo en particular, es necesario asignar un valor diferente a cero para el área ponderada de la nudo que se va a utilizar

Resumen de control

Elegir esta opción si desea que el informe de simulación enumere todas las acciones de control tomadas por las reglas de control asociadas al proyecto. Esta opción se debe utilizar solamente para simulaciones a corto plazo.

8.1.2 Opciones de fecha

La página de Fechas para el cuadro de opciones de simulación determina el comienzo y el final de la fecha/hora de simulación.

Activación del Comienzo del Análisis

Introducir la fecha (mes-día-año) y la hora del día a la que comenzará la simulación.

Activación de los Informes

Introducir la fecha y la hora del día a partir de la cual se empezarán a presentar los resultados de la simulación. Éstas tienen que ser durante o después del comienzo de la simulación.

Final del análisis

Introducir el día y la hora a la que finalizará la simulación.

Antecedentes en días secos

Introducir el número de días sin precipitaciones antes del comienzo de la simulación. Dicho valor se utiliza para computar una acumulación inicial de contaminante que se cargará en la superficie de las áreas de cuenca.

8.1.3 Opciones de Paso de tiempo

La página referente a los pasos de tiempo en el cuadro de opciones de simulación establece la duración de los pasos de tiempo utilizados para la computación de salida, la computación de la ruta y los informes de resultados:

Pasos de tiempo en la salida a tiempo húmedo

Introducir la duración de cada paso (en horas:minutos:segundos) utilizado para computar la salida desde las áreas de cuenca durante los periodos de lluvia o cuando el agua acumulada permanece todavía en la superficie.

Paso de tiempo en la salida a tiempo seco

Introducir la duración de cada paso utilizado para las salidas de la computación (consistentes principalmente en acumulaciones de contaminante) durante periodos en los que no hay lluvia ni agua acumulada. Dicho paso tiene que ser igual o mayor que el paso de tiempo en época húmeda.

Paso de tiempo en Ruta

Introducir la duración de cada paso de tiempo utilizado para los flujos en ruta y para la calidad de los constituyentes del agua a través del sistema colector. Notar que el modelo de ruta por onda dinámica requiere pasos de tiempo mucho menores que el resto de modelos de ruta del flujo.

Paso de tiempo en los informes

Introducir el intervalo de tiempo entre informes de los resultados computados.

8.1.4 Opciones de onda dinámica

La página dedicada a Onda dinámica en el cuadro de opciones de simulación fija los distintos parámetros que controlan cómo es realizada la computación para el flujo por onda dinámica. Dichos parámetros no tienen efecto para el resto de modelos utilizados para definir la ruta del flujo.

Términos de Inercia

Este parámetro se utiliza para reducir la influencia de los términos de inercia en la ecuación del momento cuando el flujo se encuentra próximo al valor crítico (y para eliminar los límites cuando el flujo es supercrítico). El peso dado a dichos límites se computa como sigue:

$$\text{sigma} = \text{Max } 0, 1.0 - \text{FrIDF}$$

donde Fr es el número de Fraude e IDF es el factor de humedad de inercia. Si se fija un valor de cero para el IDF se desactiva esta opción

Factor de variabilidad para el paso de tiempo

Si se introduce un valor distinto de cero para este factor, el método utilizará un paso de tiempo variable, basado en el paso de tiempo más pequeño que sea necesario para satisfacer el criterio de estabilidad de Courant en cada conducto. Este paso de tiempo computado se ajusta multiplicando por un factor, al que se le asigna típicamente un valor inferior a 1.0 (por ejemplo 0.75)

Método de Integración

Selecciona un método de integración a utilizar. El método de Euler ha sido el método utilizado en anteriores versiones de SWMM. El método de Picard se utiliza para proporcionar mayor estabilidad.

Utilizar carga de la pendiente

Esta opción hace que el modelo sitúe un peso mayor aguas arriba cuando se encuentran pendientes pronunciadas.

Utilizar limitación normal del Flujo

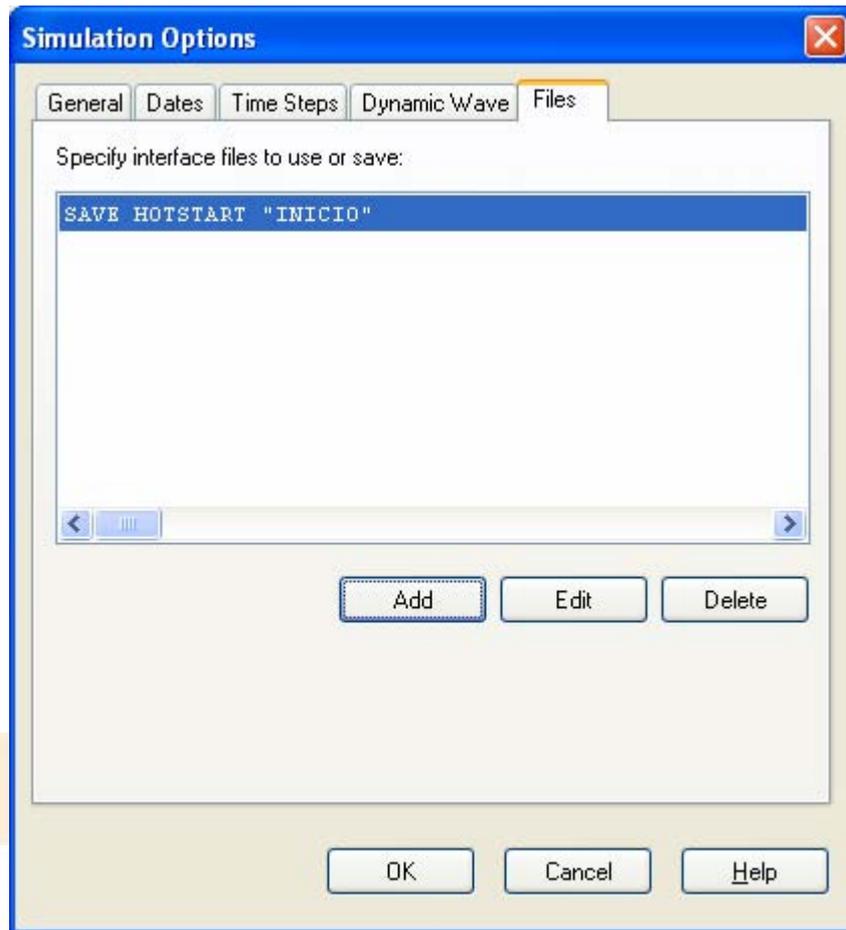
Dicha opción limita el caudal de modo que no sea superior a los valores normales siempre que la pendiente de la superficie del agua sea menor que la pendiente del conducto.

8.1.5 Opciones de Ficheros de Intercambio

La página dedicada a los archivos de interfaz en el cuadro de opciones de simulación se utiliza para especificar que archivos de interfaz se utilizarán o guardarán durante la simulación. Para utilizar un archivo de interfaz determinado:

1. Seleccionar la fila en la tabla que corresponda al tipo de archivo que se desea utilizar.
2. Seleccionar si se desea utilizar un archivo de interfaz que fue guardado previamente o si se desea guardar uno que se va a crear.
3. Introducir el nombre del archivo que se va a utilizar/guardar en el campo Nombre de Archivo o presionar el botón Browse para traer un archivo estándar de Windows, el cual se puede utilizar para nombrar el archivo.
4. Si se desea borrar un archivo de interfaz de la simulación, presionar el botón Eliminar

Habitualmente, se necesita especificar la ruta entera del archivo de interfaz que va a ser utilizado. Sin embargo, si el archivo reside en el mismo directorio que el archivo de proyecto en el que se está trabajando, tan sólo será necesario suministrar el nombre de archivo.



8.2 Comenzar una simulación

Para empezar una simulación:

- Seleccionar Proyecto >> Comenzar simulación en el Menú principal
- Pulsar el botón  en la barra de herramientas estándar.



Una ventana de progreso aparecerá para mostrar el proceso de la simulación.

Para parar una simulación en proceso pulsar el botón Cancelar en la ventana de progreso, o presionar la tecla Esc en el teclado.

8.3 Problemas en los resultados obtenidos

Las razones más comunes por las que una simulación termina antes de tiempo o resulta dar unos resultados cuestionables son:

- Errores de ID desconocido
- Errores en la red del sistema de transporte
- Errores de archivo
- Errores por exceso de continuidad
- Resultados inestables en el itinerario de flujo

Errores de ID desconocido

Un error de ID desconocida aparecerá en el informe de un proceso de simulación cuando las referencias a un objeto no estén bien definidas. Un ejemplo de esto podría ser un área de cuenca cuya salida fue designada como N29, pero que no corresponde a ningún nudo o área de cuenca definida con esta etiqueta. Situaciones similares pueden ocurrir cuando se hacen referencias incorrectas a Tablas, Series de tiempo, patrones de tiempo, acuíferos y secciones transversales.

Errores en la red del sistema de transporte

Una red válida para el sistema de transporte tiene que obedecer a las siguientes condiciones:

- Los enlaces deben ser orientados de modo que no exista ningún lazo cerrado en la red.
- Un nudo de desembocadura tan solo podrá tener un acoplamiento conectado a él
- Un nudo de divisor de flujo tiene que tener exactamente dos salidas de flujo.
- Bajo flujo uniforme o de onda cinemática, un nudo de nudo solo puede tener una salida, un enlace conducto no puede ser la línea de salida de un nudo de almacenaje, y un enlace de regulación no puede ser la línea de salida de un nudo sin almacenaje.

- Bajo itinerario por onda dinámica, se tiene que tener por lo menos un nudo de salida en la red.

Se mostrará un mensaje de error si cualquiera de estas condiciones es violada.

Errores de archivo

Estos errores pueden ocurrir cuando:

- ▶ No se encuentra el archivo en el ordenador.
- ▶ El archivo utilizado tiene un formato erróneo.
- ▶ El archivo que se pretende guardar no puede abrirse porque el usuario no tiene privilegios de escritura en la carpeta donde está dicho archivo.

SWMM precisa privilegios de escritura en la carpeta temporal para guardar los archivos temporales durante la simulación. El directorio por defecto es el que utiliza Windows. Si dicho directorio no existe o el usuario no tiene permiso de escritura, entonces es necesario fijar un nuevo directorio temporal utilizando el formulario de Preferencias del Programa conforme a lo descrito en la sección 4.9.

Errores de continuidad excesivos

Cuando la simulación se completa con éxito, los errores totales de continuidad, itinerario del flujo e itinerario de los contaminantes se muestran en la ventana de estado de la simulación. Estos errores representan la diferencia en % entre el almacenaje inicial más el flujo que entra y el almacenamiento final más el flujo que sale. Si esta diferencia excede un nivel razonable, (sobre un 10%), los resultados de la simulación tienen que ser puestos en duda. La razón más común para un excesivo error de continuidad es un paso computacional demasiado grande en el tiempo.



Resultados inestables durante la simulación hidráulica

Debida a la naturaleza explícita que se utiliza para los métodos bajo onda dinámica (y en un grado inferior, bajo onda cinemática), el flujo en muchos enlaces o la profundidad del agua en muchos nudos podría fluctuar de modo salvaje en ciertos periodos de tiempo como resultado de inestabilidades numéricas en el método de resolución. No hay ningún procedimiento disponible para identificar este error cuando ocurre. Los diagramas en función del tiempo de las localizaciones dominantes en la red pueden ayudar a identificar situaciones tales como pudiera ser una dispersión entre el flujo de un enlace y la profundidad del agua en su nudo aguas arriba (ver Visión de resultados gráficos). Las inestabilidades numéricas bajo itinerario de flujo por onda dinámica pueden ser reducidas:

- ▶ Reduciendo los intervalos de tiempo.

- ▶ Utilizando la opción variable de paso de tiempo con un factor más pequeño de paso de tiempo.
- ▶ Utilizando la iteración de Picard en lugar del método modificado de integración de Euler.
- ▶ Seleccionando la opción de alargamiento de conductos cortos.



9 VISIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Esta sección describe las distintas formas en que se pueden mostrar los resultados de una simulación. Entre ellas, se incluye el visionado de mapas, gráficos, tablas y un informe de estado.

9.1 Ver un informe de estado

Se puede ver un informe de estado tras cada simulación. Éste contiene:

- ▶ Una lista en la que aparece cada error encontrado a lo largo de la simulación
- ▶ Los errores de continuidad de masa encontrados para cada salida de las áreas de cuenca y en el itinerario del sistema colector.
- ▶ Resultados del itinerario para cada nudo o enlace del sistema colector.

Para ver el informe de estado: Seleccionar Informe >> Estado en el Menú Principal.

9.2 Ver resultados en el mapa

Existen numerosas formas para que se puedan ver distintos valores y resultados de la simulación dentro del Mapa:

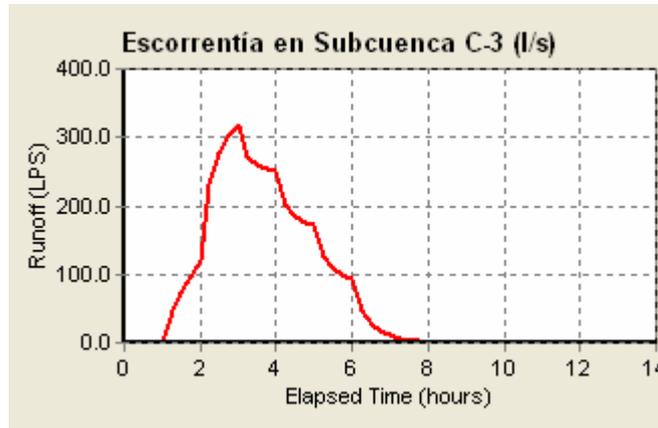
- ▶ Para la configuración actual del Visor de datos, las áreas de cuenca, los nudos y enlaces del mapa serán coloreados de acuerdo al código de colores utilizado Leyendas del mapa. La coloración del mapa será actualizada cuando un nuevo periodo de tiempo sea seleccionado en el Visor.
- ▶ Cuando se selecciona la preferencia de etiquetado de paso del mapa, al mover el ratón sobre cualquier objeto del mapa se mostrará su nombre ID y el valor de los parámetros actuales para el objeto.
- ▶ Los nombres ID y los distintos parámetros se pueden mostrar al lado de todas las áreas de cuenca, nudos y/o enlaces simplemente seleccionando las opciones adecuadas en la página de Anotación del cuadro de diálogo Opciones del mapa.
- ▶ Las áreas de cuenca, nudos o enlaces a los que se impone un criterio específico pueden ser identificados realizando una Cuestión de mapa.
- ▶ Es posible realizar una animación para la presentación de los resultados en la red del mapa hacia delante o hacia atrás simplemente utilizando los controles en la barra de herramientas de animación.
- ▶ El mapa puede ser impreso, copiado al portapapeles de Windows, salvado como un archivo DXF o como un metaarchivo de Windows.

9.3 Ver resultados con un gráfico

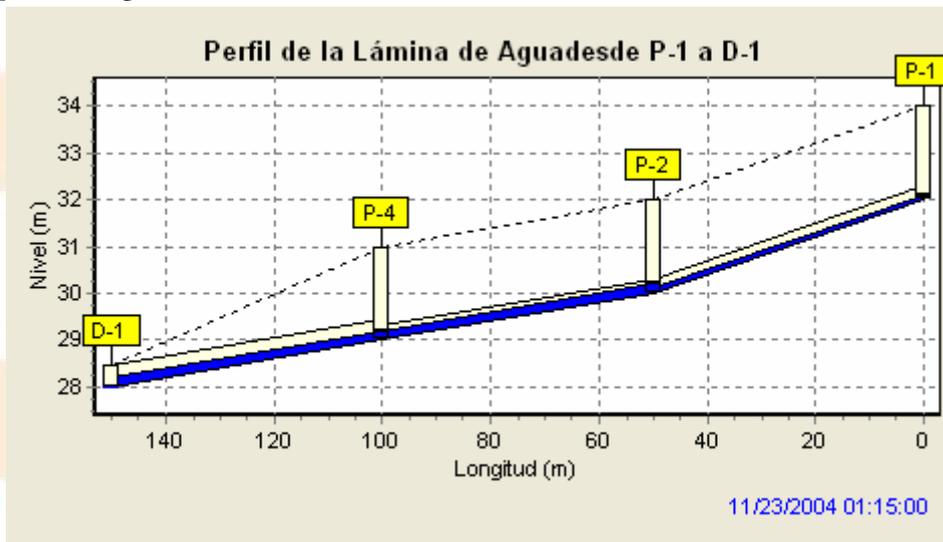
Los resultados del análisis pueden ser vistos utilizando varios tipos de gráfico. Los gráficos pueden ser impresos, copiados al portapapeles de Windows, guardados como un archivo de datos o como un

metaarchivo de Windows. Los siguientes tipos de gráficos pueden ser creados una vez que los resultados del análisis estén disponibles:

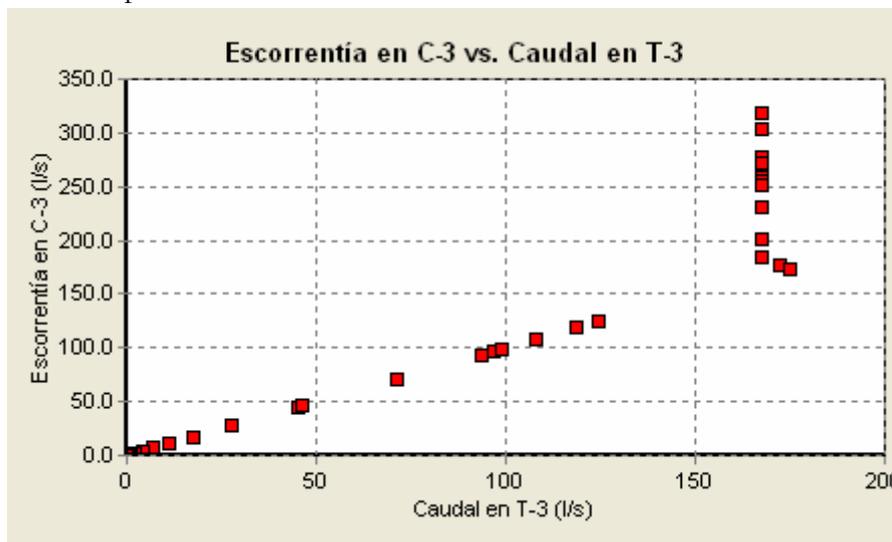
- Diagrama de la serie de tiempo



- Diagrama del perfil



- Diagrama de dispersión



Cualquier gráfico puede ser acercado/alejado manteniendo la tecla de Mayúsculas mientras se realiza un rectángulo con el ratón pulsado. El dibujo hecho de izquierda a derecha enfoca hacia dentro, y dibujando de derecha a izquierda enfoca hacia fuera. El diagrama se puede mover en cualquier dirección manteniendo apretada la tecla Ctrl y moviendo el ratón a través del diagrama con el botón izquierdo del ratón presionado.

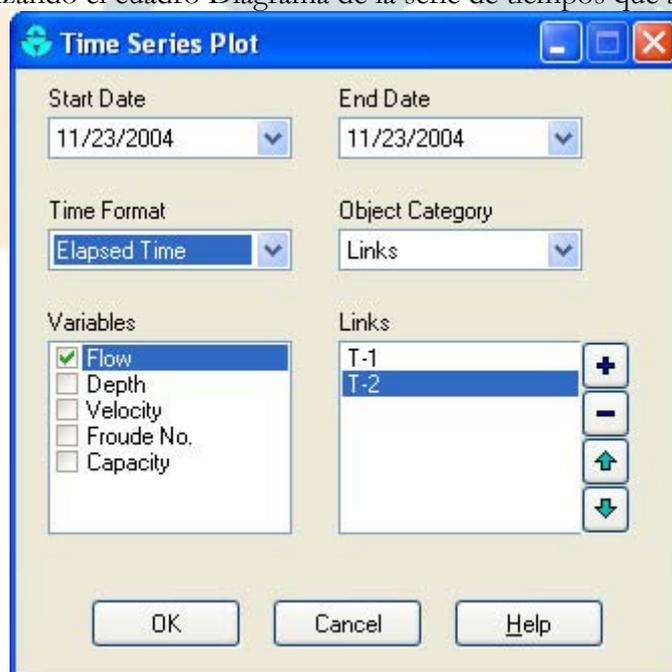
Del mismo modo, un gráfico puede ser bloqueado para prevenir una actualización automática una vez que se computara un nuevo sistema de resultados. Para hacer esto, pulsar el icono  situado en la esquina superior izquierda del gráfico. Para desbloquear el gráfico, pulsar el icono de nuevo.

Un plano del terreno en función del tiempo grafica el valor de una determinada variable hasta en seis localizaciones diferentes en función del tiempo. Cuando tan solo una localización es ploteada, y dicha localización tiene datos de calibración para dicha variable, estos datos de calibración serán presentados también con los resultados de la simulación.

9.3.1 Diagrama de la serie de tiempo

Para crear un diagrama de la serie de tiempo:

1. Seleccionar Informe >> Gráfico en el Menú Principal o presionar  en la barra de herramientas Standard.
2. Seleccionar Series de tiempo en el submenú que aparece.
3. Especificar que tiempo de intervalo, que variable y que objeto hay que graficar en el diagrama utilizando el cuadro Diagrama de la serie de tiempos que aparece.



La tabla por variable se utiliza para crear una tabla en función del tiempo de una variable única para uno o más objetos. Usar el cuadro como sigue:

1. Seleccionar una Fecha de comienzo y una Fecha de finalización para la tabla (el valor por defecto es el periodo de simulación entero).
2. Elegir una categoría de objeto (Área de cuenca, nudo o Enlace).

3. Identificar un objeto específico en la categoría seleccionada, clicando el objeto en el Mapa o en el Visor de datos, clicando entonces el botón .
4. Comprobar las variables que serán tabuladas en el objeto seleccionado.
5. Pulsar el botón OK para crear la tabla.

Se pueden seleccionar un máximo de 6 objetos para una única tabla. Los objetos seleccionados pueden ser borrados, movidos hacia arriba o movidos hacia abajo clicando los botones , ,y respectivamente

Tabla por objeto

El cuadro de Tabla por objeto se utiliza cuando se desea crear una tabla de tiempos de varias variables para un único objeto. Utilizar el cuadro como sigue:

1. Seleccionar una fecha de comienzo y una fecha de finalización para la tabla (el valor por defecto es el periodo de simulación completo)
2. Elegir una categoría de objeto (Área de cuenca, nudo o Enlace).
3. Identificar un objeto específico en la categoría seleccionada, clicando el objeto en el Mapa o en el Visor de datos, clicando entonces el botón .
4. Comprobar las variables que serán tabuladas en el objeto seleccionado.
5. Pulsar el botón OK para crear la tabla.

9.3.2 Diagrama del perfil

Un diagrama del perfil muestra la variación en profundidad simulada del agua con la distancia sobre la trayectoria de los enlaces del sistema colector y los nudos de un punto particular en el tiempo. Una vez se crea el diagrama es posible su actualización en el tiempo cada vez que se seleccionen un nuevo periodo de tiempo utilizando el Visor del mapa.

Para crear un diagrama del perfil:

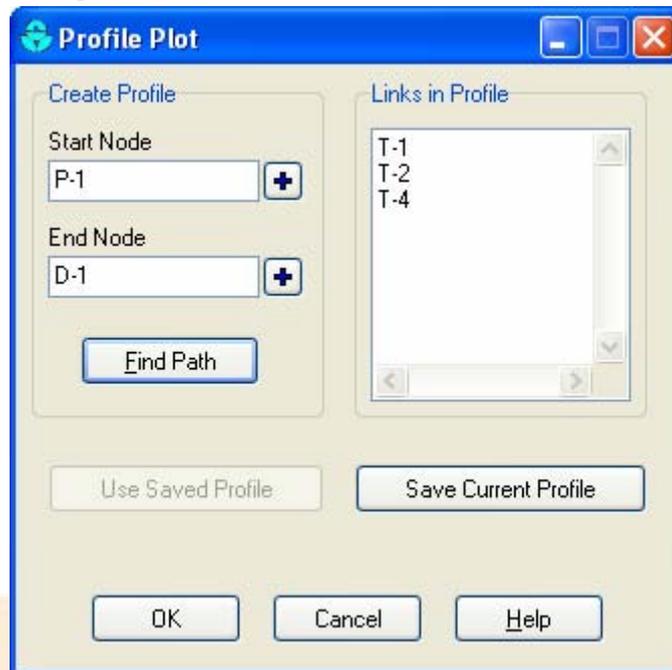
1. Seleccionar Informe >> Gráfico en el Menú Principal o pulsar el botón de la barra de herramientas estándar.
2. Seleccionar Perfil en el submenú que aparece.
3. Utilizar el cuadro de diálogo para el diagrama de perfil que aparece para identificar la trayectoria para la que se tiene que dibujar el diagrama.

El cuadro de diálogo para los perfiles del terreno se utiliza para especificar el camino entre dos conexiones del sistema de transporte, en función del perfil de profundidades y de la distancia.

Para crear un nuevo perfil:

1. Introducir la ID del nudo situado aguas arriba del primer acoplamiento de la secuencia, con el fin de editar el nudo inicial (o pulsar el nudo del mapa de estudio y pulsar el botón para editar el campo).
2. Introducir la ID del nudo aguas abajo del último acoplamiento de la secuencia, con el fin de editar el nudo final (o pulsar el nudo del mapa y pulsar el botón para editar el campo).
3. Pulsar el botón Encontrar trayectoria para que el programa identifique automáticamente las trayectorias entre los nudos iniciales y finales. Éstos deberán estar listados en la caja de Perfiles de acoplamientos.

4. Se pueden editar las entradas cuando se desee en Perfiles de acoplamiento, utilizando un acoplamiento por línea.
5. Pulsar OK para ver el perfil de terreno.

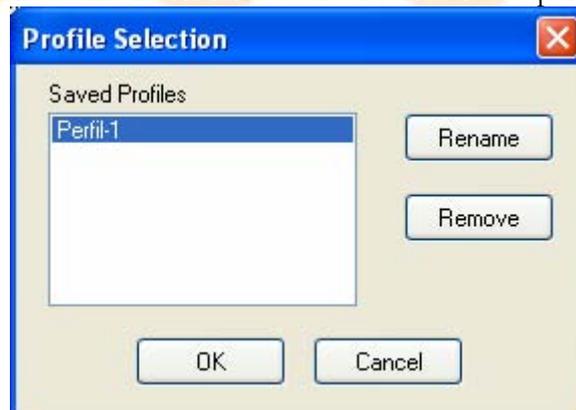


Para salvar los acoplamientos actuales listados en el cuadro:

1. Pulsar el botón Salvar perfil actual
2. Proporcionar un nombre al perfil cuando lo pida.

Para utilizar un perfil guardado previamente:

1. Pulsar el botón Utilizar perfil guardado
2. Seleccionar el perfil a utilizar desde el cuadro de elección de perfiles que aparece.



Para personalizar la apariencia de un diagrama del perfil:

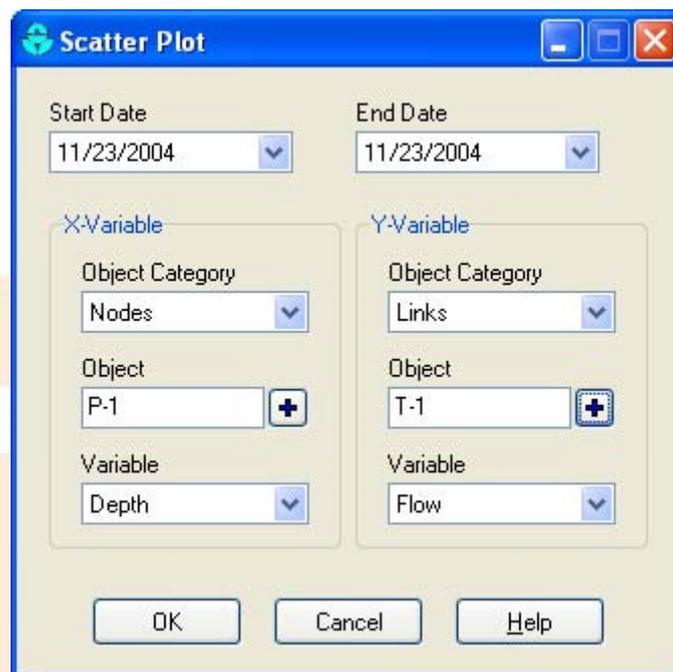
1. Si la ventana del diagrama no es la que está activa en el momento hacer clic sobre ella.
2. Seleccionar Informe >> Opciones en el menú Principal o pulsar el botón de la barra de herramientas estándar.
3. Utilizar las opciones del diagrama de perfil que aparecen para personalizar la apariencia del diagrama.

9.3.3 Diagrama de dispersión

Un diagrama de dispersión muestra la relación entre un par de variables, como la relación de flujo en una tubería frente a la profundidad del agua en un nodo.

Para crear un diagrama de dispersión:

1. Seleccionar Informe >> Gráfico en el Menú Principal o pulsar el botón de la barra de herramientas estándar
2. Seleccionar Dispersión en el submenú que aparece.
3. Especificar que intervalo de tiempo y que pareja de objetos con sus variables se van a representar en el diagrama de dispersión. Se utiliza para ello el cuadro de diálogo que aparece.



Para personalizar la apariencia de un diagrama de dispersión:

1. Si la ventana del diagrama no está activa, hacer clic sobre ella para activarla.
2. Seleccionar Informe >> Opciones en el Menú Principal o pulsar el botón de la barra de herramientas estándar.
3. Utilizar las Opciones del gráfico que aparecen para personalizar la apariencia del diagrama.

9.4 Personalizar la apariencia de un gráfico

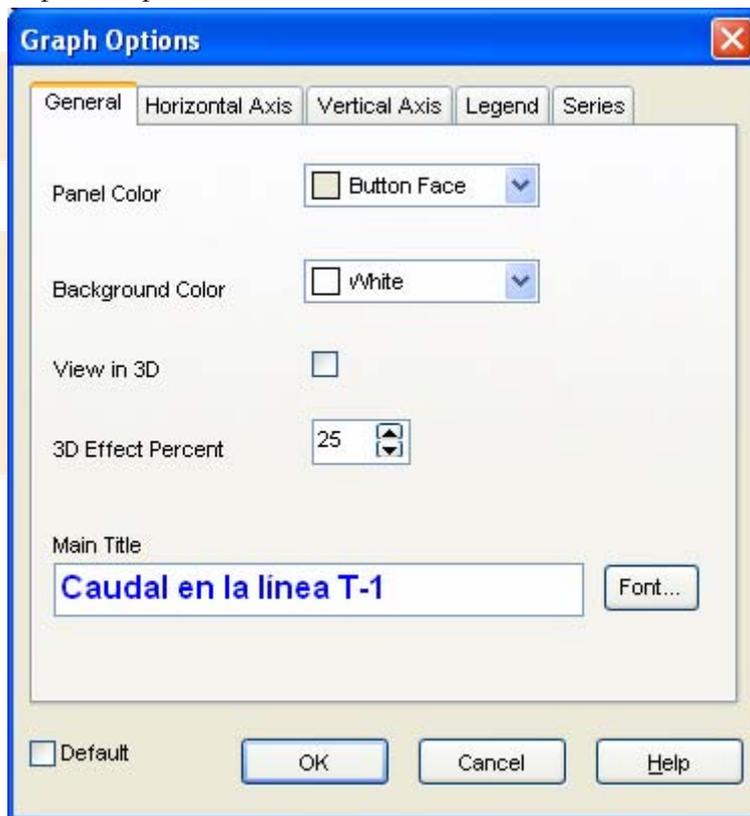
Para personalizar la apariencia de un diagrama de la serie de tiempos:

1. Si la ventana del diagrama no está activa, activarla clicando en ella
2. Seleccionar Informe >> Opciones en el Menú Principal o presionar  en la barra de herramientas Standard.
3. Utilizar las Opciones de gráfico que aparecen para personalizar la apariencia del diagrama.

9.4.1 Opciones de gráfico

El cuadro de diálogo en el que están las opciones del gráfico es utilizado para personalizar la apariencia de los gráficos en función del tiempo o los gráficos de frecuencia. Para utilizar el cuadro:

1. Seleccionar alguna de las cinco páginas tabuladas que muestran las siguientes categorías de opciones:
 - ▶ General
 - ▶ Eje horizontal
 - ▶ Eje vertical
 - ▶ Leyenda
 - ▶ Series
2. Comprobar las opciones que vienen por defecto si se desea utilizar la configuración actual por defecto para todos los nuevos gráficos que se realicen.
3. Seleccionar OK para aceptar las elecciones realizadas.



9.4.2 Opciones generales

Las siguientes opciones pueden ser modificadas en la página General del cuadro de diálogo “Opciones de gráfico”:

<i>Color del Panel</i>	Color del panel que contiene el gráfico
<i>Color de fondo</i>	Color del área de fondo donde se traza el gráfico
<i>Ver en 3D</i>	Comprueba si el gráfico puede ser dibujado en 3D

<i>Porcentaje de efecto 3D</i>	Grado al cual se dibuja el efecto 3D
<i>Título principal</i>	Texto del título principal del gráfico
<i>Fuente</i>	Cambia la fuente utilizada para el título principal.

9.4.3 Opciones de ejes

Los ejes Horizontales y los ejes Verticales sirven para ajustar la forma en que se mostrarán los ejes de coordenadas en el gráfico:

<i>Mínimo</i>	Fija un valor mínimo del eje (el valor mínimo de los datos se muestra entre paréntesis). Se puede dejar en blanco.
<i>Máximo</i>	Fija un valor máximo del eje (el valor máximo de los datos se muestra entre paréntesis). Se puede dejar en blanco.
<i>Incremento</i>	Fija el incremento entre las etiquetas de los ejes. Se puede dejar en blanco.
<i>Auto Escala</i>	Si se acciona, las configuraciones de mínimo, máximo e incremento son ignoradas.
<i>Líneas de parrilla</i>	Selecciona el tipo de línea de parrilla a dibujar.
<i>Título del eje</i>	Texto del título del eje.
<i>Fuente</i>	Hacer clic para seleccionar una fuente para el título del eje.

9.4.4 Opciones de leyenda

La página de opciones de gráfico que se refiere a la Leyenda muestra como se va a situar la leyenda en el gráfico.

<i>Posición</i>	Selecciona donde situar la leyenda.
<i>Color</i>	Selecciona el color de fondo para la leyenda.
<i>Anchura del símbolo</i>	Selecciona la anchura a utilizar (en pixels) para dibujar la porción del símbolo de la leyenda.
<i>Cuadros</i>	Recuadra la leyenda.
<i>Visible</i>	Hace que la leyenda sea visible.

9.4.5 Opciones de series

La página Series del cuadro de diálogo “Opciones de gráfico” controla como las series de datos individuales (o curvas) son mostradas en el gráfico. Para usar esta página:

1. Seleccionar una serie de datos para trabajar de las que se muestran en el cuadro Series.
2. Editar el título utilizado para identificar estas series en la leyenda.
3. Pulsar el botón Fuente para cambiar la fuente utilizada para la leyenda. (otras propiedades para la leyenda pueden ser seleccionadas en la página Leyenda del cuadro.

4. Seleccionar una característica de la serie de datos que se quiera modificar. Las opciones son:

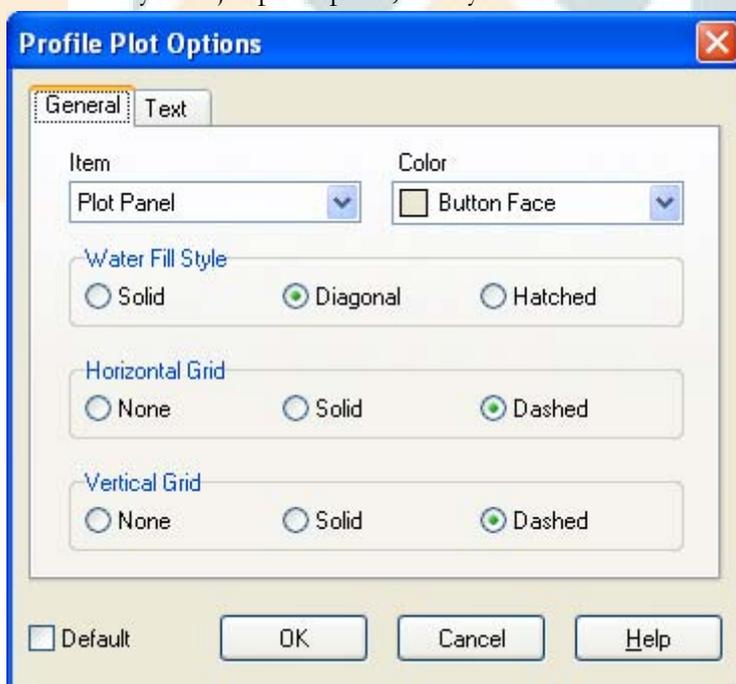
- ▶ Líneas
- ▶ Marcadores
- ▶ Patrones
- ▶ Etiquetas

(No todas las propiedades están disponibles para todos los tipos de gráfico)

9.4.6 Opciones para el perfil del terreno

El cuadro de opciones para el perfil del terreno se utiliza para personalizar la apariencia de determinado perfil para un terreno. Dicho cuadro contiene dos páginas:

1. Página General – utilizar dicha página para fijar opciones de:
 - Colores de los distintos items del perfil (ventana para el panel del terreno, fondo del terreno, conducto interior, profundidad del agua y etiquetas del nodo)
 - Estilo de relleno para la profundidad del agua
 - Estilo para las líneas de rejilla
2. Página de Texto – utilizar esta página para:
 - Seleccionar opciones de presentación para las etiquetas del nodo
 - Editar los títulos y los ejes principales, incluyendo sus fuentes.

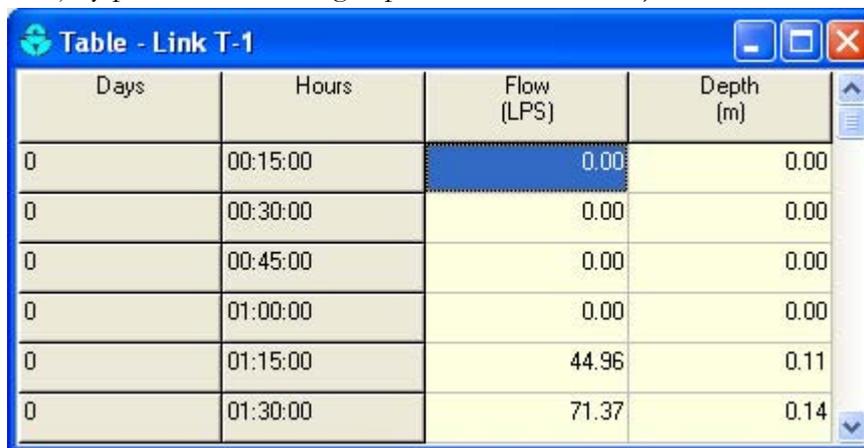


Incorporar los cambios a las opciones por defecto si se desea aplicar los cambios realizados a todos los nuevos perfiles que se creen por primera vez.

9.5 Ver resultados con una tabla

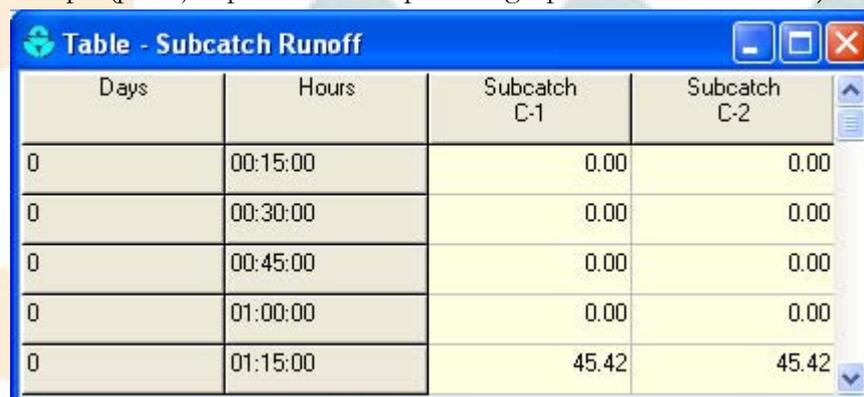
Los resultados para los objetos y variables seleccionadas pueden ser vistos en formato de tabla. Hay dos tipos de formato disponibles:

- Tabla por objeto: Tabula las series de tiempo de distintas variables para un solo objeto (por ejemplo, flujo y profundidad del agua para una conducción).



Days	Hours	Flow (LPS)	Depth (m)
0	00:15:00	0.00	0.00
0	00:30:00	0.00	0.00
0	00:45:00	0.00	0.00
0	01:00:00	0.00	0.00
0	01:15:00	44.96	0.11
0	01:30:00	71.37	0.14

- Tabla por variable: Tabula las series de tiempo de una sola variable para distintos objetos del mismo tipo (por ejemplo las salidas para un grupo de áreas de cuenca).



Days	Hours	Subcatch C-1	Subcatch C-2
0	00:15:00	0.00	0.00
0	00:30:00	0.00	0.00
0	00:45:00	0.00	0.00
0	01:00:00	0.00	0.00
0	01:15:00	45.42	45.42

Para crear un informe tabular:

1. Seleccionar Informe >> Tabla en el Menú Principal o pulsar el botón  de la barra de herramientas estándar.
2. Elegir el formato de tabla (ya sea por objeto o por variable) en el submenú que aparece.
3. Rellenar los cuadros de Tabla por objeto o Tabla por variable para especificar la información que la tabla debe contener.
4. Pulsar el botón OK para ver la tabla.

Para copiar la tabla al portapapeles de Windows o a un archivo:

1. Seleccionar las celdas de la tabla que se deseen copiar (pulsar la esquina superior izquierda para seleccionar la tabla entera, pulsar la parte superior de cualquier columna para copiarla entera)
2. Seleccionar Edición >> Copiar a en el Menú principal o pulsar el botón  de la barra de herramientas estándar.
3. Seleccionar Copiar al portapapeles o Copiar al archivo en el cuadro de diálogo que aparece.

4. Si se salva en un archivo, proporcionar un nombre de archivo en el cuadro que aparece al seleccionar “salvar como”
5. Clicar OK para finalizar el guardado.

9.6 Ver un informe de estadísticas

Se puede crear un informe de estadísticas a partir de las series de tiempo producidas en la simulación. Para una localización y unas variables dadas el informe proporciona:

- ▶ Segregar el periodo de simulación en una secuencia de acontecimientos sin *¿¿traslapo??*, ya sea por día, por mes o por flujo (o volumen) sobre un cierto umbral mínimo.
- ▶ Computar un valor para caracterizar cada suceso, como puede ser la media, el máximo o el sumatorio total de la variable sobre el periodo del acontecimiento.
- ▶ Computar el sumatorio de estadísticas para la acumulación de los distintos valores (media, desviación estándar y desviación típica)
- ▶ Realizar un análisis de frecuencia en los valores del acontecimiento que estiman la probabilidad de no exceder determinado valor particular o el periodo de retorno (en meses o años) asociados a un valor particular.

Los análisis estadísticos de esta naturaleza son los más convenientes para los funcionamientos de simulación continuos a largo plazo.

Para generar un informe estadístico:

1. Seleccionar Informe >> Estadísticas en el Menú Principal o pulsar el botón Σ de la barra de herramientas estándar.
2. Rellenar el cuadro de Selección de Estadísticas que aparece, especificando objeto, variable, definición del periodo, y los parámetros para los diagramas de probabilidad estadística, que también se deben introducir.
3. Pulsar OK para aceptar las elecciones y visionar el informe.

El cuadro de selección de estadísticas se utiliza para definir el tipo de análisis estadístico que se hará en una cantidad computada de la salida. Contiene los siguientes campos:

Categoría del Objeto

La categoría del objeto cuya salida será analizada (área de cuenca, nudo o enlace).

Nombre del Objeto

El nombre ID del objeto cuya salida se va a analizar.

Variable Analizada

El nombre de la variable que va a ser analizada. Las distintas opciones dependen de la categoría del objeto seleccionado (por ejemplo precipitaciones, pérdidas, salidas de las áreas de cuenca, profundidad, afluencias, desbordamiento en los nodos, flujo, velocidad, capacidad de los enlaces, calidad del agua, etc).

Periodo del acontecimiento

Longitud del periodo de tiempo que define un suceso. Las opciones son diariamente, mensualmente o dependiente del acontecimiento. En este último caso, el periodo del suceso dependerá de la cantidad de tiempo total que se definió previamente.

Estadística

Se refiere a la estadística que se va a analizar del acontecimiento. Las opciones disponibles dependen de las opciones que tenga la variable a analizar e incluye parámetros como el valor medio, el valor máximo, cantidad total del acontecimiento, duración del acontecimiento y el tiempo entre acontecimientos. Para las variables de calidad del agua las opciones disponibles incluyen concentración, concentración máxima, carga media, carga máxima y carga total del acontecimiento.

Umbral de la variable de análisis

Valor mínimo de la variable que es analizada, la cual tiene que exceder un valor determinado para ser incluida en el acontecimiento.

Umbral de Volumen

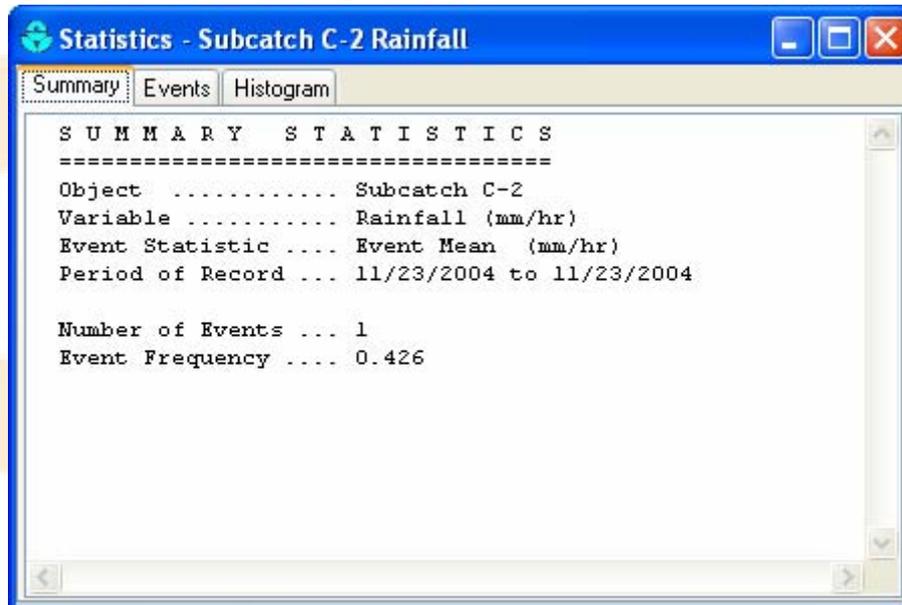
Mínimo volumen del flujo (o volumen de precipitaciones) que tiene que tener un acontecimiento para ser incluido. Introducir 0 si no se requiere ningún umbral de volumen.

Delta mínima

Número mínimo de horas que tienen que pasar entre dos acontecimientos separados. Los acontecimientos con pocas horas son combinados más tarde. Aplicable tan solo para periodos de tiempo dependientes del acontecimiento (no para periodos diarios o mensuales).

El informe de estadísticas consistirá en tres páginas que contienen:

- Una tabla del resumen estadístico del acontecimiento
- Una tabla de los periodos ordenados por importancia, incluyendo fecha, duración y magnitud
- Un histograma de la estadística elegida.





10 IMPRIMIR Y COPIAR

Esta sección describe como imprimir, copiar al portapapeles de Windows o copiar a un archivo los contenidos de la ventana activa en la pantalla de EPA SWMM. Esto incluye el Mapa, un gráfico, una tabla o un informe.

10.1 Seleccionar una impresora

Para seleccionar una impresora de entre las que se encuentran instaladas en Windows y fijar sus características:

1. Seleccionar Archivo >> Configurar página en el Menú Principal.
2. Hacer clic en el botón Impresora en la página de configuración de la impresora que aparece.
3. Seleccionar una impresora entre las que se encuentren disponibles en el menú desplegable que aparece.
4. Pulsar el botón Propiedades para seleccionar las propiedades de la impresora (que varían en función de la elección de la impresora).
5. Pulsar el botón OK en cada cuadro de diálogo para aceptar sus elecciones

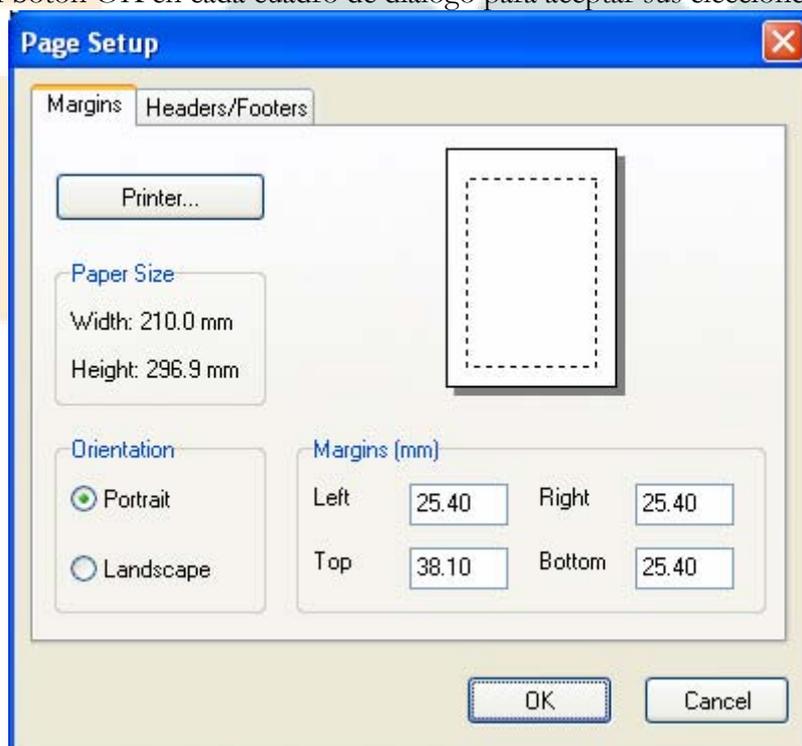


Figura 10.1. Pestaña de márgenes en el formulario de Configuración de la Impresora.

10.2 Configurar el formato de página

1. Seleccionar Archivo >> Configuración de la página en el Menú Principal.
2. Utilizar los Márgenes de la página del cuadro de diálogo “Configuración de página” que aparece

- Seleccionar una impresora
 - Seleccionar la orientación del papel (vertical u horizontal)
 - Determinar los márgenes izquierdos, derechos, superiores e inferiores determinados.
3. Utilizar los encabezados y pies de página para:
- Suministrar el texto del encabezado que aparecerá en cada página
 - Indicar si el encabezado debe ser impreso o no.
 - Suministrar el texto del pie de página que aparecerán en cada página
 - Indicar si el pie de página debe ser impreso o no.
 - Indicar si las páginas llevaran numeración o no.
4. Pulsar OK para aceptar sus elecciones.

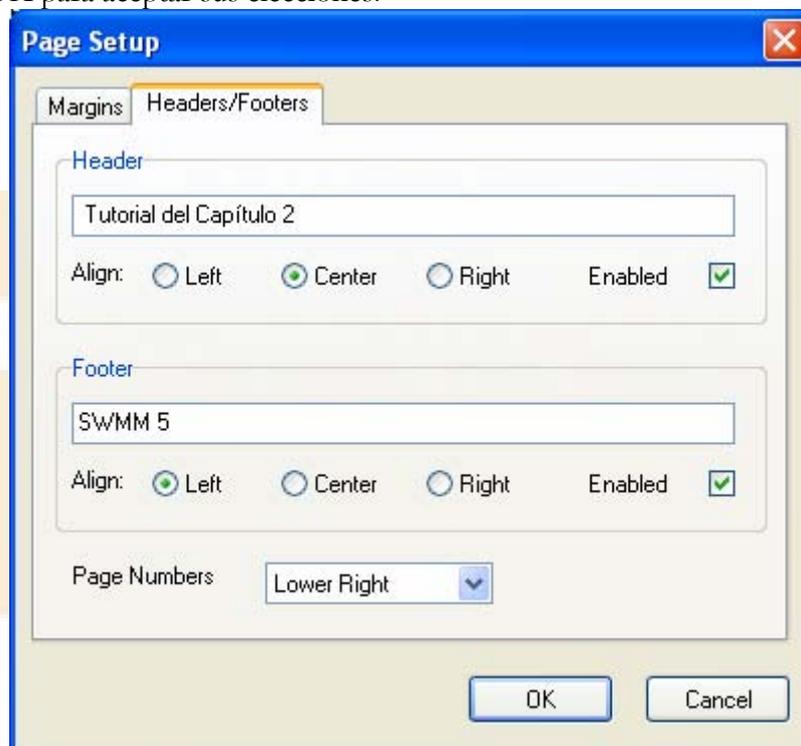


Figura 10.2. Pestaña de encabezados y pies de página en el formulario de configuración de la impresora.

10.3 Vista preliminar de la página

Para obtener una Vista Preliminar de las páginas que van a ser impresas:

1. Seleccionar Archivo >> Vista preliminar en el Menú Principal.
2. Aparecerá una vista preliminar que muestra en una ventana como será impresa la página.

10.4 Imprimir la ventana actual

Para imprimir los contenidos de la ventana que esta siendo visionada en este momento:

- a) Seleccionar Archivo >> Imprimir en el Menú Principal
- b) Pulsar el botón  de la barra de herramientas estándar.

Es posible imprimir:

- ▶ Mapa
- ▶ Informe de estado
- ▶ Series de tiempo, perfil y diagramas de dispersión
- ▶ Tablas de resultado
- ▶ Informes estadísticos

10.5 Copiar la vista actual

EPA SWMM puede copiar el texto y los gráficos que se visionan en la ventana al portapapeles de Windows o a un archivo. Se puede copiar de este modo el Mapa, los gráficos, las tablas y los informes.

Para copiar la vista actual al portapapeles o a un archivo:

1. Si la vista activa es una tabla, seleccionar las celdas de la tabla que se deseen copiar poniendo el puntero del ratón sobre él o copiando la tabla entera seleccionando Edición >> Seleccionar todo en el Menú Principal.
2. Seleccionar Edición >> Copiar a en el Menú Principal o pulsar el botón  en la barra de herramientas estándar.
3. Seleccionar las distintas opciones en el cuadro de diálogo de copia que aparece y haz clic en el botón OK.
4. Si selecciona Copiar a un archivo, introducir el nombre del archivo en el cuadro de diálogo “Salvar como” que aparece y pulsar OK.

El cuadro de diálogo Copiar aparece cuando se encuentra seleccionado el comando Editar >> Copiar

a. Para utilizar el cuadro de diálogo:

1. Seleccionar un destino para el material que ha sido copiado (Portapapeles o Archivo)
2. Seleccionar el formato al que copiar. Las distintas opciones son:
 - Mapa de Bits (sólo gráficos)
 - Archivos Meta (sólo gráficos)
 - Datos (texto, celdas seleccionadas en una tabla, o datos utilizados para construir un gráfico)
3. Clic en OK para aceptar las selecciones realizadas o Cancelar para cancelar la copia hecha.

El formato de Mapa de bits copia los píxeles individuales de un gráfico. El formato *metaarchivo* copia las instrucciones utilizadas para crear el gráfico y es más conveniente para pegar en los documentos de proceso de textos, donde el gráfico se puede re-escalar sin perder resolución. Cuando se copian datos, éstos pueden ser pegados directamente en un programa de hoja de balance, para crear así tablas o gráficos personalizados.

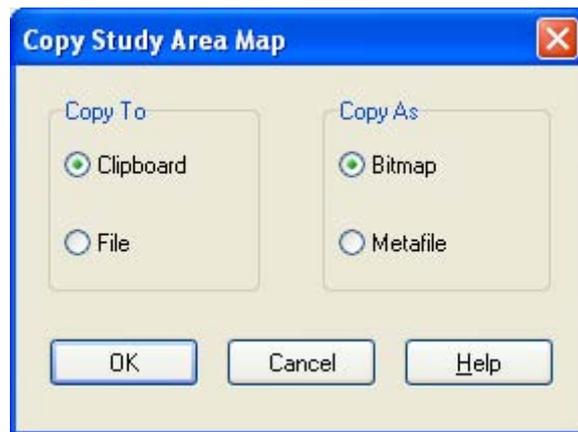


Figura 10.3. Formulario de copiar.



11 ARCHIVOS UTILIZADOS POR SWMM

Esta sección describe los distintos archivos que SWMM puede manejar. Estos incluyen: el archivo del proyecto, el archivo de informe y resultados, los archivos de lluvia, el archivo de clima, los archivos de datos de calibración, los archivos de series temporales y los archivos de intercambio. El único archivo requerido por SWMM es el archivo del proyecto, los demás son opcionales.

11.1 Archivos de Proyecto

Un archivo de proyecto de SWMM es un archivo de texto que contiene todos los datos necesarios para describir un área de estudio y las opciones utilizadas para analizarlo. El archivo está organizado en secciones, donde cada sección corresponde a una de las categorías de objetos de SWMM. El contenido del archivo puede ser visualizado en SWMM mientras está abierto seleccionando **Proyecto**→**Details** (Proyecto + Detalles) en el Menú Principal. Un archivo de proyecto existente se puede abrir seleccionando **Archivo**→**Open** (Archivo + Abrir) desde el menú principal y se puede guardar seleccionando **Archivo**→**Save** o **Archivo**→**Save As** (Archivo + Guardar o Archivo + Guardar Como).

Normalmente, un usuario no editaría directamente el archivo de proyecto, pues la interfaz gráfica de SWMM permite añadir, borrar o modificar los datos del proyecto y los parámetros de control. De todas formas, para grandes proyectos cuyos datos se encuentran en otros soportes como pueden ser archivos de CAD o SIG, puede ser recomendable extraer los datos de estas fuentes y guardarlos en un archivo con el formato de los de proyecto de SWMM antes de comenzar la simulación. El formato del archivo de proyecto de SWMM se describe en detalle en el apéndice D de este Manual.

Después de guardar el archivo de proyecto en el disco, se guardará automáticamente un archivo de configuración con él. Este archivo tendrá el mismo nombre que el archivo de proyecto pero con la extensión ***.INI** (p.ej. si el nombre del archivo de proyecto es **CASO1.INP** el archivo de configuración correspondiente se llamará **CASO1.INI**). Este archivo contiene la configuración de varios parámetros utilizados por la interfaz gráfica de SWMM, tales como opciones de visualización, rangos y colores de las leyendas, valores por defecto de los objetos e información sobre datos de calibración. El usuario no debe editar este archivo. Un proyecto de SWMM se podrá cargar y rodar incluso si se pierde el archivo de configuración.

11.2 Archivo de informe y de resultados

El archivo de informe es un archivo de texto creado para cada simulación de SWMM y contiene un informe de estado de los resultados de la simulación. Se puede visualizar seleccionando **Informe**→**Status** (Informe + Estado) desde el Menú Principal. Si la simulación no fue correcta, este informe contendrá una lista con los mensajes de error. Si la simulación fue correcta contendrá:

- ▶ Errores en la ecuación de continuidad para calidad y cantidad de la escorrentía así como para el caudal y la calidad del agua durante el transporte en tuberías.
- ▶ Tablas resumen de resultados para todos los nudos y líneas del sistema de drenaje.

- ▶ Distribuciones de frecuencia de la longitud del intervalo de cálculo y del número de iteraciones realizadas cuando el método de análisis hidráulico utilizado es el de Onda Dinámica.

El archivo de resultados es un archivo binario que contiene los resultados numéricos de una simulación correcta de SWMM. Este archivo es utilizado por la interfaz gráfica de SWMM para crear de manera interactiva gráficos de evolución temporal, de perfil, tablas de resultados y análisis estadístico de los resultados.

Cada vez que un proyecto con simulación correcta se guarda (sea al crear un nuevo proyecto, abrir un proyecto diferente o salir de SWMM), se le pregunta al usuario si desea que se guarden los resultados obtenidos. Si la respuesta es afirmativa, tanto el archivo de informe como el de resultados se guardarán con el mismo nombre que el proyecto, pero con las extensiones ***.RPT** y ***.OUT** respectivamente. La siguiente vez que se abra el proyecto estos resultados estarán disponibles para su presentación sin necesidad de realizar el análisis.



Si los datos de un proyecto se modifican antes de realizar una simulación correcta, entonces cuando el proyecto se cierra se le preguntará al usuario si los datos se deben guardar o no. Si la respuesta es no, los resultados que pudiera haber disponibles de una simulación anterior tampoco se guardarán.

11.3 Archivos de lluvia

Los objetos pluviómetro de SWMM pueden utilizar datos de lluvia almacenados en archivos externos de precipitación. El programa reconoce los siguientes formatos para almacenamiento de los datos de lluvia:

- ▶ **DSI-3240** y formatos afines que registran la precipitación horaria en las estaciones del *U.S. National Weather Service (NWS)* y de la *Federal Aviation Agency*, disponibles en la red desde el *National Climatic Data Center (NCDC)* en la dirección:
<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>.
- ▶ **DSI-3260** y formatos afines que registran la precipitación cada 15 minutos en las estaciones del *NWS* y que también están disponibles en la página del *NCDC*.
- ▶ Formatos **HLY03** y **HLY21** de precipitaciones horarias en las estaciones canadienses, disponibles en la página del *Environment Canada*.
- ▶ Formato **FIF21** para lluvias registradas cada 15 minutos en las estaciones canadienses, también disponibles en la página del *Environment Canada*.
- ▶ Formato estándar preparado por el usuario en el que cada línea de texto contiene el nombre de la estación, año, mes, día, hora, minuto y lecturas no nulas de precipitación, todo separado por uno o varios espacios.

Un ejemplo de archivo preparado por el usuario tendría este aspecto:

```
EST01  2004  12  15  16  00  3.00
EST01  2004  12  15  17  00  0.15
EST01  2004  12  15  17  15  0.27
```

Cuando un pluviómetro se define con lluvias procedentes de un archivo externo, el usuario debe proporcionar el nombre del archivo, el nombre de la estación que proporciona los datos y, de manera

opcional, la fecha a partir de la cual se empieza a leer el contenido del archivo. Para formato definido por el usuario, además de los anteriores, se deben especificar como propiedades del pluviómetro el tipo de registro de precipitación (p.ej. intensidad, volumen, etc.), intervalo de registro y unidades de la lluvia. Para los otros tipos de archivo estas propiedades vienen definidas intrínsecamente con el propio formato de archivo y SWMM las reconoce automáticamente.

11.4 Archivos de Clima

SWMM puede utilizar archivos externos de clima que contienen datos de temperatura del aire, evaporación y velocidad del viento. El programa reconoce los siguientes formatos:

- ▶ **DSI-3200** y **DSI-3210** disponibles en la red desde el *National Climatic Data Center (NCDC)* en la dirección:
<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>.
- ▶ Archivos canadienses de clima, disponibles en la página del *Environment Canada* en:
<http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca>
- ▶ Archivo de clima preparado por el usuario en el que cada línea de texto contiene el nombre de la estación, año, mes, día, máxima temperatura, mínima temperatura y, opcionalmente, tasa de evaporación y velocidad del viento. Si no hay datos disponibles de éstos últimos, sus valores deben ser reemplazados por asteriscos.

Cuando un archivo de clima tiene días sin alguno de estos datos, SWMM utilizará el valor del último día con datos válidos.



Para los archivos preparados por el usuario, los datos deben estar expresados en las mismas unidades que las del proyecto para el cual se pretende utilizar dicho archivo. Para unidades americanas, la temperatura se expresa en °F, la evaporación en pulgadas/día y la velocidad del viento en millas por hora. Para unidades del sistema métrico, la temperatura en °C, evaporación en mm/día y velocidad del viento en km/h.

11.5 Archivos de Calibración

Los archivos de calibración contienen medidas de variables tomadas en uno o varios puntos y que pueden compararse con los resultados de la simulación en los gráficos de Evolución Temporal. Se pueden utilizar distintos archivos para cada una de las siguientes variables:

- ▶ Escorrentía sobre la cuenca
- ▶ Arrastre de contaminantes sobre la cuenca
- ▶ Nivel de agua en un nudo
- ▶ Caudal que entre en un nudo
- ▶ Calidad del agua en un nudo
- ▶ Caudal en una línea

Los archivos de calibración se añaden a un proyecto seleccionando **Proyecto→Calibration Data** (Proyecto + Datos de Calibración) en el Menú Principal (véase la sección 5.5).

El formato de estos archivos es el que sigue:

1. El nombre del primer objeto con datos de calibración se pone en una línea.
2. Las líneas siguientes contendrán los datos registrados de la siguientes forma:
 - o Fecha de la medición (formato mm/dd/aaaa, p.ej. 12/15/2004) o número de días completos desde el inicio de la simulación.
 - o Hora de la medición (formato hh:mm) bien en el día a que hace referencia el dato anterior.
 - o Valor de la medición (en el caso de los contaminantes, es necesario un valor para cada contaminante)
3. Repetir este esquema para cada objeto con datos de calibración.

Un ejemplo del aspecto que tendría un archivo de calibración se muestra a continuación. Contiene valores de caudal para dos conductos, de nombres T-17 y T-21. Nótese que las líneas precedidas de punto y coma (;) son consideradas como comentarios. En este ejemplo se proporciona el tiempo transcurrido desde el comienzo de la simulación en lugar de la fecha de la medición.



Cuando se prepara un archivo de series temporales de lluvia, sólo es necesario introducir los valores no nulos de precipitación. SWMM interpreta estos valores como una lluvia constante que dure lo que se ha especificado en el pluviómetro en la propiedad de intervalo de lluvia especificada en el pluviómetro que utiliza dicha lluvia. Para el resto de archivos de series temporales, SWMM utiliza una interpolación para determinar los valores en instantes no explícitamente indicados en el archivo.

```

;Caudal Medido en Conductos Seleccionados
;Conducto  Días  Hora  Caudal (l/s)
T-17
    0      0:15  0
    0      0:30  0
    0      0:45  715
    0      1:00  2820
    0      1:15  3460
T-21
    0      0:15  175
    0      0:30  920
    0      1:00  1345
    0      1:15  1450
  
```

11.6 Archivos de Series Temporales

Los archivos de series temporales son archivos externos de texto que contienen datos para el objeto Serie Temporal de SWMM. Las series temporales pueden ser escorrentía, evaporación, aporte de caudal a un nudo, o nivel de agua en el punto de vertido. Normalmente estos datos se introducen y editan a través del Editor de series Temporales de SWMM. Sin embargo, existe la posibilidad de importar datos externos a través de dicho editor. Se pueden crear y editar estos archivos desde fuera de SWMM mediante editores de texto o desde hojas de cálculo.

El formato de un archivo de series temporales consta en primer lugar de dos líneas de texto descriptivo seguidas de la serie temporal, con un valor de la serie por línea. lo normal es que la primera línea de texto describa la serie temporal mientras que la segunda dé una descripción detallada de dicha serie. Las series temporales pueden introducirse bien en el formato **Fecha/Hora/Valor** o simplemente **Hora/Valor**. Cada entrada debe separarse de las demás mediante uno o varios espacios o tabulaciones. Para el formato **Fecha/Hora/Valor** las fechas se introducen como mm/dd/aaaa (p.ej. 12/15/2004) y

las horas en formato de 24 horas (es decir, las 4:00 de la tarde serán las 16:00). Una vez que se ha especificado un día, sólo se volverá a poner la fecha cuando ésta cambie. Para el formato **Hora/Valor** las horas pueden expresarse tanto en formato de 24 horas como en tiempo en formato decimal transcurrido desde el inicio de la simulación (es decir, 2 días, 4 horas y 10 minutos después del comienzo de la simulación puede introducirse como 52:10 o como 52.1667). Un ejemplo de archivo de serie temporal se muestra a continuación.

```
EPASWMM Datos de Serie Temporal
Aporte externo de caudal en el nudo P-115
12/15/2004      00:15   0.00
                00:30   0.35
                00:45   0.45
                01:00   0.42
                01:15   0.05
12/22/2004      16:30   1.35
                16:45   0.35
                17:00   0.75
                17:15   0.72
                17:30   0.04
```

11.7 Archivos de intercambio

EPA SWMM tiene la opción de utilizar distintos de tipos de interfaz, que contienen entradas impuestas externamente, tales como precipitaciones o hidrógrafos de afluencia/infiltración, o resultados de análisis previos, como pueden ser los resultados de salida. Estos archivos pueden ayudar a aumentar la velocidad de las simulaciones, simplificar la comparación entre los distintos escenarios guardados, o incluso permiten dividir grandes áreas de estudio en otras áreas más pequeñas que pueden ser analizadas individualmente. Los distintos tipos de archivos de interfaz que se encuentran disponibles son:

11.7.1 Archivos de intercambio de escorrentía y de precipitaciones

Compagina en el mismo archivo los datos de precipitaciones de los distintos pluviómetros disponibles. Normalmente se crea un archivo temporal de este tipo cada vez que se realiza una simulación con SWMM si se utilizan datos externos de lluvia y se borra cuando finaliza la simulación.

Almacena los resultados de salida en las áreas de cuenca de un proyecto para no tener que repetir dichos cálculos en simulaciones futuras.

11.7.2 Archivo de inicio (*Hot-Start*)

Almacena los resultados hidráulicos obtenidos en el final de un periodo de inicio de la simulación que utiliza típicamente entradas de flujo constantes. Este archivo puede ser utilizado para definir las condiciones iniciales de futuras simulaciones, evitando así las inestabilidades hidráulicas iniciales que ocurren en ocasiones bajo condiciones de onda dinámica.

11.7.3 Archivo de intercambio para infiltraciones en la red dependientes de la precipitación (*RDII*)

Almacena series temporales de caudales que se infiltran en la red a través de defectos en la misma y que son dependientes de la precipitación. Este archivo puede ser generado a partir de una simulación anterior de SWMM, una vez sean proporcionadas las Unidades Hidrográficas y los datos de RDII de

los nudos, o bien dichos datos pueden ser creados fuera de SWMM utilizando cualquier otra fuente de datos RDII.

11.7.4 Archivo hidráulicos de intercambio

Almacena series temporales de caudal y concentraciones de contaminantes que procedan de las desembocaduras del sistema de transporte. Este archivo puede servir como fuente de aporte para otro sistema de transporte que conecte con el primer sistema en dicha desembocadura. Una utilidad de combinación se encuentra disponible en el menú Archivo, que combina pares de archivo del interfaz en un único archivo. Esto permite que sistemas muy grandes puedan ser divididos en otros subsistemas más pequeños, para poder así analizarlos por separado y enlazarlos juntos a través del archivo de interfaz de itinerario.

Consultar las Opciones de configuración de la simulación para obtener instrucciones acerca de cómo especificar que interfaces hay que utilizar en una simulación.





APÉNDICE A TABLAS ÚTILES

A.1 Unidades de Medida

PARAMETRO	UNIDADES US	UNIDADES SI
Acumulación de Contaminantes	Masa/Longitud Masa/Acre	Masa/Longitud Masa/Hectárea
Almacenamiento en Depresión	Pulgadas	Milímetros (mm)
Altura Manométrica (en Bombas)	Pies (ft)	Metros (m)
Anchura	Pies	Metros (m)
Área de subcuenca de depósito de almacenamiento de zona inundable	Acres (ac) Pies cuadrados (ft ²) Pies cuadrados (ft ²)	Hectáreas (ha) Metros cuadrados (m ²) Metros cuadrados (m ²)
Calado (Nivel de Agua)	Pies (ft)	Metros (m)
Caudal	CFS (ft ³ /s) GPM MGD	CMS (m ³ /s) LPS (l/s) MLD
Coefficiente de descarga Orificio Vertedero	Adimensional CFS/ft ⁿ	Adimensional (m ³ /s)/m ⁿ
Coefficiente <i>n</i> de Manning	Adimensional	Adimensional
Concentración (Masa)	mg/L µg/L Unidades/L (Uds/L)	mg/l µg/l Unidades/Litro (Uds/l)
Conductividad Hidráulica	Pulgadas/hora	mm/h
Constante de Decaimiento para Infiltración para Contaminantes	1/horas (h ⁻¹) 1/días	1/horas (h ⁻¹) 1/días
Diámetro	Pies (ft)	Metros (m)
Elevación (Cota del Terreno)	Pies (ft)	Metros (m)
Evaporación	Pulgadas/día (in/day)	mm/día
Intervalo de limpieza de calles	Días	Días
Lluvias: Intensidad de lluvias Volumen	Pulgadas/hora (in/h) Pulgadas (in)	mm/h Milímetros (mm)
Longitud	Pies (ft)	Metros (m)
Pendiente: de Subcuencas de Sección Transversal	Porcentaje (%) Adimensional (ft/ft)	Porcentaje (%) Adimensional (m/m)
Succión Capilar	Pulgadas (in)	Milímetros (mm)
Tasa de infiltración	Pulgadas/hora	mm/h
Volumen	Pies cúbicos (ft ³)	Metros cúbicos (m ³)

A.2 Características del Suelo

Textura del suelo	K (mm/h)	Ψ (mm)	ϕ	FC	WP
Arena	120,40	49	0,437	0,062	0,024
Arena margosa	29,97	61	0,437	0,105	0,047
Marga Arenosa	10,92	110	0,453	0,190	0,085
Marga	3,30	89	0,463	0,232	0,116
Sedimentos de marga	6,60	170	0,501	0,284	0,135
Marga areno-arcillosa	1,52	220	0,398	0,244	0,136
Marga arcillosa	1,02	210	0,464	0,310	0,187
Sedimentos de marga arcillosa	1,02	270	0,471	0,342	0,210
Arcilla arenosa	0,51	240	0,430	0,321	0,221
Sedimentos de arcilla	0,51	290	0,479	0,371	0,251
Arcilla	0,25	320	0,475	0,378	0,265

K = Conductividad hidráulica saturada (mm/h)

Ψ = Altura de succión (mm)

ϕ = Porosidad (fracción)

FC = Capacidad del campo (fracción)

WP = Punto de marchitamiento (fracción)

Fuente: *Rawls, W.J. et al.* (1983). ASCE Journal of Hydraulic Engineering, N° 109; p. 1316.

A.3 Definiciones de Tipo de Suelos según el NRCS¹

Tipo	Descripción	K (mm/h)
A	Bajo potencial de escorrentía. Suelos con una alta tasa de infiltración incluso cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en arenas y gravas con drenaje profundo entre bueno y excesivo.	≥ 11
B	Suelos con tasa de infiltración media cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos con drenaje profundo a moderado y textura de grano mediano. Ejemplos: marga arenosa o <i>loess</i> poco profundo.	3,75 – 7,5
C	Suelos con tasa de infiltración baja cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos con una capa que impide el flujo de agua hacia abajo, o suelos con textura de grano fino. Ejemplos: marga arcillosa o marga arenosa poco profunda.	1,25 – 3,75
D	Alto potencial de escorrentía. Suelos con tasa de infiltración muy baja cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos arcillosos con un alto potencial de expansión, con un nivel freático permanentemente alto, con cubierta de arcilla en o cerca de la superficie y suelos poco profundos con una capa impermeable cerca de la superficie.	$\leq 1,25$

K = Conductividad hidráulica saturada (mm/h)

¹ NRCS = National Resources Conservation Service.

A.4 Número de Curva para escorrentía (CN) según el SCS²

Descripción del Uso del Suelo	Tipo de Suelos			
	A	B	C	D
Tierra cultivada				
Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastos y prados				
En malas condiciones	68	79	86	89
En buenas condiciones	39	61	74	80
Pradera				
En buenas condiciones	30	58	71	78
Terreno boscoso				
Poco denso, cubierta forestal pobre o inexistente	45	66	77	83
Buena cubierta forestal ³	25	55	70	77
Espacios abiertos (césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.)				
En buenas condiciones (75% o más de hierba)	39	61	74	80
En pobres condiciones (50-75% de hierba)	49	69	79	84
Zonas comerciales (85% impermeable)	89	92	94	95
Polígonos industriales (72% impermeable)	81	88	91	93
Zona residencial ⁴				
Tamaño medio de la parcela ⁵ (% Impermeabilidad ⁶)				
< 500 m ² (65%)	77	85	90	92
1000 m ² (38%)	61	75	83	87
1500 m ² (30%)	57	72	81	86
2000 m ² (25%)	54	70	80	85
4000 m ² (20%)	51	68	79	84
Aparcamientos pavimentados, tejados, caminos asfaltados, etc. ⁷	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados, con cunetas y colectores de drenaje	98	98	98	98
Caminos de grava	76	85	89	91
Sucios	72	82	87	89

Fuente: SCS Urban Hydrology for Small Watersheds, 2ª Ed., (TR-55), Junio 1986.

² N.d.T. SCS = Soil Conservation Service. Condiciones de humedad antecedentes de tipo II.

³ Se entiende por buena cubierta la que está protegida del pastoreo y la basura; y dispone de arbustos.

⁴ Los números de curva se calculan asumiendo que la escorrentía de casas y vías se dirige hacia la calle, con una mínima aportación del tejado a la zona ajardinada, donde ocurriría una infiltración adicional.

⁵ N.d.T. Al pasar las unidades del original en acres a m² se han realizado algunos redondeos mínimos a la baja. Para ver los valores del manual original se recomienda consultar la ayuda del programa o la fuente referida.

⁶ El área permeable restante se considera a efectos del cálculo del número de curva como si fuese pasto en buenas condiciones.

⁷ Para áreas con un clima templado se puede utilizar un número de curva de 95.

A.5 Valores Típicos de Almacenamiento en Depresión

Superficie impermeable	1,25 – 2,5 mm
Césped y hierba	2,5 – 5 mm
Pastos y prados	≈5 mm
Lecho forestal	≈7,5 mm

Fuente: ASCE,(1992), Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York.

A.6 Coeficiente n de Manning para Escorrentía Superficial

Superficie	n
Asfalto liso	0,011
Hormigón liso	0,012
Revestimiento de hormigón basto	0,013
Madera pulida	0,014
Ladrillo con mortero de cemento	0,014
Arcilla vitrificada	0,015
Fundición de hierro	0,015
Tuberías de metal corrugado	0,024
Superficie de escombrera	0,024
Terreno improductivo (libre de residuos)	0,05
Terreno cultivado	
Cubierta de residuos < 20%	0,06
Cubierta de residuos > 20%	0,17
Pasto natural	0,13
Hierba	
Corta, pradera	0,15
Densa	0,24
Hierba <i>Bermuda</i>	0,41
Bosque	
Con cubierta ligera de arbustos	0,40
Con cubierta dense de arbustos	0,80

Fuente: McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC.

A.7 Valores del Coeficiente n de Manning para Flujo en Conductos Cerrados

Material del conducto	n
Fibrocimiento	0,011 - 0,015
Ladrillo	0,013 - 0,017
Fundición con revestimiento de cemento y junta recubierta	0,011 - 0,015
Hormigón (en bloques):	
Acabado liso	0,012 - 0,014
Acabado basto	0,015 - 0,017
Hormigón (tubo)	0,011 - 0,015
Metal corrugado ($\frac{1}{2}$ " \times $2\frac{2}{3}$ ")	
Sin revestimiento interior	0,022 - 0,026
Solera recubierta	0,018 - 0,022
Revestido de asfalto centrifugado	0,011 - 0,015
Tubería de plástico liso	0,011 - 0,015
Cerámica vitrificada (gres)	
tubería de gres	0,011 - 0,015
revestimiento por placas	0,013 - 0,017

Fuente: ASCE (1982). Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

A.8 Valores del Coeficiente n de Manning para Flujo en Canales Abiertos

Material del conducto	n
Canales revestidos:	
De asfalto	0,013 - 0,017
De ladrillo	0,012 - 0,018
De hormigón	0,011 - 0,020
De escombros	0,020 - 0,035
De vegetación	0,03 - 0,04
Excavado o en zanja:	
En tierra, recto y uniforme	0,020 - 0,030
En tierra, con curvas o no uniforme	0,025 - 0,040
En roca	0,030 - 0,045
Sin mantenimiento	0,05 - 0,14
Canales o cauces naturales ⁸ :	
Sección más o menos regular	0,03 - 0,07
Sección irregular con charcos	0,04 - 0,10

Fuente: ASCE (1982). Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

⁸ Cauces secundarios o cauces cuya anchura máxima durante una inundación no exceda los 30 metros.

A.9 Características de la Calidad del Agua de Escorrentía Urbana

Sustancia	Concentración Media
TSS (Total de Sólidos en Suspensión, mg/l)	180 – 548
DBO (Demanda Biológica de Oxígeno, mg/l)	12 – 19
DQO (Demanda Química de Oxígeno, mg/l)	82 – 178
TP (Fósforo Total, mg/l)	0,42 – 0,88
SP (Fósforo Disuelto, mg/l)	0,15 – 0,28
TKN (Nitrógeno <i>Kendall</i> Total, mg/l)	1,90 – 4,18
NO _x (Nitrógeno combinado, mg/l)	0,86 – 2,2
TCu (Cobre Total, µg/L)	43 – 118
TPb (Plomo Total, µg/L)	182 – 443
TZn (Zinc Total, µg/L)	202 – 633

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency. (1983). Results of the Nationwide Urban Runoff Program (NURP), Vol. 1, NTIS PB 84-185552, Water Planning Division, Washington, DC.



APÉNDICE B PROPIEDADES DE LOS OBJETOS DE LA RED

B.1 Propiedades de los Pluviómetros



Nombre	Nombre asignado por el usuario al pluviómetro
Coordenada X	Ubicación horizontal del pluviómetro en el Mapa. Si se deja en blanco el pluviómetro no aparecerá en el mapa.
Coordenada Y	Ubicación vertical del pluviómetro en el Mapa. Si se deja en blanco el pluviómetro no aparecerá en el mapa.
Descripción	Descripción opcional del pluviómetro
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar el pluviómetro
Formato de lluvia	Formato de los datos de lluvia suministrados: INTENSITY (Hietograma). Cada valor de precipitación es la intensidad media de lluvia (en mm/h o in/h) a lo largo del intervalo de registro. VOLUMEN (Pluviograma). Cada valor de precipitación es el volumen de lluvia que recogido durante el intervalo de registro (en mm o in) CUMULATIVE (Pluviograma acumulado). Cada valor de precipitación representa la precipitación acumulada desde el inicio de la lluvia ⁹ (en mm o in)
Intervalo de tiempo	El intervalo de tiempo transcurrido entre cada lectura del pluviómetro en formato bien decimal, bien como hh:mm.
Factor de Nieve	Factor que corrige las lecturas por nieve en el pluviómetro.
Origen de datos	Fuente de datos de lluvia: TIMESERIES . Serie temporal suministrada por el usuario. FILE . Archivo externo de datos.
TIMESERIES (Serie Temporal)	
Nombre de la serie	Nombre de la serie temporal con los datos de lluvia si el origen de datos es una serie temporal (deje en blanco en cualquier otro caso). Haga doble clic para editar la serie.
FILE (Archivo Externo)	
Nombre de archivo	Nombre del archivo externo que contiene los datos de lluvia
Nº Estación	Identificador de la estación donde está el pluviómetro cuyos datos se van a utilizar.
Unidades de lluvia	Unidades en que están expresados los datos de lluvia del fichero (mm o in) ¹⁰

⁹ En simulación continua, se considera inicio de la lluvia al primer valor no nulo que sigue a una serie de valores nulos de precipitación.

¹⁰ Las unidades de los datos en un archivo de lluvia externo se fijan aquí y son independientes de las unidades elegidas para todo el proyecto. Es decir, es posible trabajar con unidades del SI y tener un archivo de precipitación expresada en pulgadas.

B.2 Propiedades de las Cuencas

Subcatchment S1	
Property	Value
Name	S1
X-Coordinate	4751.55
Y-Coordinate	7204.97
Description	
Tag	
Rain Gage	Lluvia1
Outlet	C1
Area	1.616
Width	122
% Slope	0.5
% Imperv	50
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration	GREEN_AMPT
Groundwater	NO
Snow Pack	
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
User-assigned name of subcatchment	

Nombre	Nombre asignado por el usuario a la cuenca
Coordenada X	Ubicación horizontal del centroide del área de la cuenca en el Mapa. Si se deja en blanco la subcuenca no aparecerá en el mapa.
Coordenada Y	Ubicación vertical del centroide del área de la cuenca en el Mapa. Si se deja en blanco la subcuenca no aparecerá en el mapa.
Descripción	Descripción opcional de la cuenca.
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar la cuenca.
Pluviómetro	Nombre del pluviómetro asociado a la cuenca.
Descarga	Nombre del nudo o subcuenca que recibirá la escorrentía de la cuenca actual.
Área	Área de la cuenca (hectáreas o acres)
Ancho	Anchura característica del flujo debido a la escorrentía superficial (m o ft). (*)
Pendiente (%)	Pendiente media de la cuenca, en %
Area impermeable(%)	Porcentaje de cuenca cuyo suelo es impermeable
Coef. <i>n</i> – Suelo impermeable	Coef. <i>n</i> de Manning para el flujo superficial sobre el área impermeable de la cuenca (ver A.6 para valores típicos)
Coef. <i>n</i> – Suelo permeable	Coef. <i>n</i> de Manning para el flujo superficial sobre el área permeable de la cuenca (ver A.6 para valores típicos)
Alm. Dep. – Suelo imperm.	Altura de almacenamiento en depresión sobre el área impermeable de la cuenca (ver A.5 para valores típicos)
Alm. Dep. – Suelo perm.	Altura de almacenamiento en depresión sobre el área permeable de la cuenca (ver A.5 para valores típicos)
% Alm. Dep. 0	Porcentaje de suelo impermeable que no presenta almacenamiento en depresión.
Flujo entre subáreas	Selección del sentido del flujo interno entre las áreas impermeable y permeable de la cuenca: IMPERV. Flujo desde permeable hacia impermeable. PERV. Flujo desde impermeable hacia permeable. OUTLET. Ambas áreas aportan directamente a la descarga
% Flujo	Porcentaje de escorrentía entre las distintas áreas.
Infiltración	Pulse <input type="button" value="..."/> o [Enter] para editar los parámetros de infiltración de la cuenca
Aguas subterráneas	Pulse <input type="button" value="..."/> o [Enter] para editar los parámetros de flujo subterráneo de la cuenca
Nieve	Nombre del conjunto de parámetros de nieve asignados a la cuenca (si existen)
Acumulación inicial	Pulse <input type="button" value="..."/> o [Enter] para especificar cantidades iniciales de acumulación de comntaminantes sobre la cuenca
Usos del suelo	Pulse <input type="button" value="..."/> o [Enter] para asignar usos del suelo a la cuenca
Long. Cauce	Longitud total de cunetas o cauces en la cuenca (en m o ft). Se utiliza cuando la acumulación de contaminantes se define por unidad de longitud del cauce.

(*) Una estimación inicial de la anchura media de la cuenca se puede calcular dividiendo el área total de la subcuenca entre la máxima longitud de la misma. Esta longitud máxima es la distancia que habrá entre el punto más alejado de la descarga y la propia descarga. Si existen distintas línea de flujo, deberá promediarse esta distancia máxima. Además, esta distancia deberá ponderar más el flujo lento (sobre área permeables) que el flujo rápido (por ejemplo, aquel que se produce sobre suelo asfaltado). Este será un parámetro de ajuste durante la calibración de la escorrentía superficial en la subcuenca.

B.3 Propiedades de las Conexiones

Property	Value
Name	C3
X-Coordinate	3185.62
Y-Coordinate	6254.18
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	28.34
Max. Depth	1.22
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
User-assigned name of junction	

Nombre	Nombre asignado por el usuario a la conexión
Coordenada X	Ubicación horizontal de la conexión en el Mapa. Si se deja en blanco la conexión no aparecerá en el mapa.
Coordenada Y	Ubicación vertical de la conexión en el Mapa. Si se deja en blanco la conexión no aparecerá en el mapa.
Descripción	Descripción opcional de la conexión.
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar la conexión.
Aportes	Pulse <input type="checkbox"/> o [Enter] para asignar una serie temporal, caudal de tiempo seco o aportes por infiltración en la red (RDII)
Tratamiento	Pulse <input type="checkbox"/> o [Enter] para editar el conjunto de funciones que describen el tratamiento de contaminantes en la conexión.
Cota del fondo	Cota de la solera o fondo de la conexión (en m o ft).
Profundidad	Profundidad o nivel máximo en la conexión (medido desde la cota del terreno, en m o ft)
Nivel Inicial	Nivel del agua al comienzo de la simulación (m o ft)
Sobrepresión	Altura adicional de agua por encima del máximo antes de que aparezca la inundación (m o ft). Se utiliza para simular pozos con la tapa soldada o cubierta.
Área de inundación	Área ocupada por el agua acumulada sobre la conexión en caso de inundación (m ² o ft ²). Si se ha seleccionado la opción <i>Allow Ponding Simulation</i> (Permitir Estancamiento), un valor no nulo permitirá acumular el agua y reingresarla en la red cuando la capacidad de ésta lo permita.

B.4 Propiedades de los Puntos de Vertido (Descargas)

Property	Value
Name	DESCARGA
X-Coordinate	-1000.00
Y-Coordinate	5445.38
Description	Punto de Vi...
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	27.4
Tide Gate	NO
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0
Tidal Outfall	
Curve Name	
Time Series Outf	
Series Name	
Optional comment or description	

Nombre	Nombre asignado por el usuario al vertido
Coordenada X	Ubicación horizontal de la descarga en el plano. Si se deja en blanco la descarga no aparecerá en el plano.
Coordenada Y	Ubicación vertical de la descarga en el plano. Si se deja en blanco la descarga no aparecerá en el plano.
Descripción	Descripción opcional de la descarga.
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar la descarga.
Aportes	Pulse <input type="checkbox"/> o [Enter] para asignar una serie temporal, caudal de tiempo seco o aportes por infiltración en la red (RDII)
Tratamiento	Pulse <input type="checkbox"/> o [Enter] para editar el conjunto de funciones que describen el tratamiento de contaminantes en la descarga.
Cota Fondo	Cota de la solera o fondo del punto de vertido (en m o ft).
Compuerta	YES. Existe compuerta para prevenir flujo inverso NO. No existe compuerta
Tipo	Condición de contorno en la descarga: FREE. Nivel de descarga determinado por el mínimo entre el calado crítico y el calado uniforme del conducto. NORMAL. Nivel de descarga basado en el calado uniforme del conducto. FIXED. Nivel de descarga constante. TIDAL. Nivel de descarga dado por una curva de nivel de la marea a cada hora del día. TIMESERIES. Nivel de descarga a un nivel aportado en forma de serie temporal.
FIXED OUTFALL (Descarga a nivel constante)	
Nivel	Nivel del agua fijo para descarga de tipo FIXED (en m o ft)
TIDAL OUTFALL (Descarga en función de la marea)	
Nombre de Curva	Nombre de la curva que representa el nivel de agua a cada hora del día para descargas del tipo TIDAL . (Haga doble clic para editar la curva).
TIMESERIES (Serie Temporal)	
Nombre de la Serie	Nombre de la serie temporal con los datos de nivel de agua para descargas del tipo TIMESERIES . (Haga doble clic para editar la serie).

B.5 Propiedades de los Divisores de Flujo

Divider DIVISOR	
Property	Value
Name	DIVISOR
X-Coordinate	5000.00
Y-Coordinate	7035.88
Description	
Tag	
Inflows	YES
Treatment	NO
Invert El.	34.23
Max. Depth	13.02
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
Diverted Link	C-10
Type	OVERFLOW
Cutoff Divider	
Cutoff Flow	0
Tabular Divider	
Curve Name	
Weir Divider	
Min. Flow	0
Max. Depth	0
Coefficient	0
User-assigned name of divider	

Nombre	Nombre asignado por el usuario al divisor
Coordenada X	Ubicación horizontal del divisor en el Mapa. Si se deja en blanco el divisor no aparecerá en el mapa.
Coordenada Y	Ubicación vertical del divisor en el Mapa. Si se deja en blanco el divisor no aparecerá en el mapa.
Descripción	Descripción opcional del divisor.
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar el divisor.
Aportes	Pulse <input type="checkbox"/> o [Enter] para asignar una serie temporal, caudal de tiempo seco o aportes por infiltración en la red (RDII)
Tratamiento	Pulse <input type="checkbox"/> o [Enter] para editar el conjunto de funciones que describen el tratamiento de contaminantes en el divisor.
Cota Fondo	Cota de la solera o fondo del divisor (en m o ft).
Profundidad	Profundidad o nivel máximo en el divisor (medido desde la cota del terreno, en m o ft)
Nivel Inicial	Nivel del agua al comienzo de la simulación (m o ft)
Sobrepresión	Altura adicional de agua por encima del máximo antes de que aparezca la inundación (m o ft). Se utiliza para simular pozos con la tapa soldada o cubierta.
Área Inundable	Área ocupada por el agua acumulada sobre el divisor en caso de inundación (m ² o ft ²). Si se ha seleccionado la opción <i>Allow Ponding Simulation</i> (Permitir Estancamiento), un valor no nulo permitirá acumular el agua y reingresarla en la red cuando la capacidad de ésta lo permita.
Línea receptora	Nombre de la línea que recibe el caudal derivado
Tipo	Tipo de divisor. Las opciones son: CUTOFF. Se deriva todo el caudal por encima de un valor. OVERFLOW. Se deriva todo el caudal que exceda el del conducto no derivado cuando va completamente lleno. TABULAR. La relación entre caudal derivado y caudal entrante total se especifica mediante una curva. WEIR. El caudal derivado es proporcional al exceso de caudal por encima de una cierta cantidad.
CUTOFF. (Derivación a partir de un cierto valor de caudal)	
Caudal	Caudal a partir del cual se deriva todo el exceso (unidades de caudal)
TABULAR. (Relación entre caudal entrante y caudal derivado)	
Nombre de curva	Nombre de la curva de caudales utilizada en el divisor TABULAR. (Haga doble clic para editar la curva).
WEIR. (Divisor mediante la ecuación del vertedero)	
Caudal mínimo	Caudal a partir del cual comienza la derivación de caudal en el divisor (unidades de caudal)
Altura	Altura de la abertura del vertedero (ft o m)
Coeficiente	Producto del coeficiente del vertedero y la longitud del mismo. Valores típicos del coeficiente del vertedero (en unidades SI) están entre 1,8 y 2,4 (para el caudal en m ³ /s).

B.6 Propiedades de los Depósitos

Property	Value
Name	Dep_NUEVO
X-Coordinate	720349.21
Y-Coordinate	4377396.83
Description	Nuevo tanque d
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	35.40
Max. Depth	16.50
Initial Depth	2.37
Ponded Area	0
Evap. Factor	0
Shape Curve	FUNCTIONAL
Functional Curve	
Coefficient	1000
Exponent	0
Constant	0
Tabular Curve	
Curve Name	
User-assigned name of storage unit	

Nombre	Nombre asignado por el usuario al depósito
Coordenada X	Ubicación horizontal del depósito en el Mapa. Si se deja en blanco el depósito no aparecerá en el mapa.
Coordenada Y	Ubicación vertical del depósito en el Mapa. Si se deja en blanco el depósito no aparecerá en el mapa.
Descripción	Descripción opcional del depósito.
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar el depósito.
Aportes	Pulse <input type="checkbox"/> o [Enter] para asignar una serie temporal, caudal de tiempo seco o aportes por infiltración en la red (RDII)
Tratamiento	Pulse <input type="checkbox"/> o [Enter] para editar el conjunto de funciones que describen el tratamiento de contaminantes en el depósito.
Cota Fondo	Cota de la solera o fondo del depósito (en m o ft).
Profundidad	Profundidad o nivel máximo en el depósito (medido desde la cota del terreno, en m o ft)
Nivel Inicial	Nivel del agua al comienzo de la simulación (m o ft)
Área de Inundación	Área ocupada por el agua acumulada sobre el depósito en caso de inundación (m ² o ft ²). Si se ha seleccionado la opción <i>Allow Ponding Simulation</i> (Permitir Estancamiento), un valor no nulo permitirá acumular el agua y reingresarla en la red cuando la capacidad de ésta lo permita.
Factor de Evaporación	Fracción del potencial de evaporación que se está utilizando para la superficie del agua en el depósito.
Curva de Forma	Método para describir la geometría del depósito: FUNCTIONAL. La geometría sigue la función: $\text{Área} = A \times (\text{Nivel})^B + C$ para describir cómo varía el área con el nivel de agua. TABULAR. La geometría se describe mediante una curva de área frente a nivel de agua. En ambos casos, el nivel se mide en m o ft y el área en m ² o ft ²
FUNCTIONAL. (Geometría descrita por una función)	
Coeficiente	Valor de A en la función que describe la geometría
Exponente	Valor de B en la función que describe la geometría
Constante	Valor de C en la función que describe la geometría
TABULAR. (Geometría descrita en forma de tabla)	
Nombre de curva	Nombre de la curva que describe la geometría de los depósitos con geometría de tipo TABULAR . (Haga doble clic para editar la curva).

B.7 Propiedades de las Conducciones

Property	Value
Name	C-8
Inlet Node	P-8
Outlet Node	P-9
Description	
Tag	
Shape	TRAPEZOIDAL
Max. Depth	2
Length	92
Roughness	0.015
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Flap Gate	NO
User-assigned name of Conduit	

Nombre	Nombre asignado por el usuario a la conducción
Nudo Inicial	Nombre del nudo inicial de la conducción (que será normalmente el de mayor cota).
Nudo Final	Nombre del nudo final de la conducción (que será normalmente el de menor cota).
Descripción	Descripción opcional de la conducción.
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar la conducción.
Forma	Pulse  o [Enter] para editar las características geométricas de la sección transversal de la conducción.
Longitud	Longitud de la conducción (en m o ft)
Rugosidad	Coef. de rugosidad <i>n</i> de Manning (ver valores en secciones A.7 para conductos cerrados y A.8 para canales abiertos)
Desnivel Ent.	Desnivel entre la base del nudo inicial y la de la conducción.
Desnivel Sal.	Desnivel entre la base del nudo final y la de la conducción.
Caudal Inicial	Caudal inicial en la conducción al comienzo de la simulación (en unidades de caudal).
Caudal Máximo ¹¹	Máximo caudal permitido en simulación mediante Onda Dinámica en condiciones de sobrecarga (en unidades de caudal). Use 0 si no es aplicable.
Coef. Pérd. Ent.	Coeficiente de pérdidas menores debidas a la entrada en la conducción.
Coef. Pérd. Sal.	Coeficiente de pérdidas menores debidas a la salida de la conducción.
Coef. Pérd. Medio	Coeficiente de pérdidas menores a lo largo de la conducción.
Compuerta	YES. La conducción dispone de compuerta para evitar flujo inverso. NO. La conducción no dispone de compuerta.

¹¹ Esta propiedad ha sido introducida en la versión 5.005 de SWMM, publicada el 20 de Mayo de 2005.

B.8 Propiedades de las Bombas

Property	Value
Name	BOMBA
Inlet Node	P-ASP
Outlet Node	P-IMP
Description	Bomba de Pluvia
Tag	CABANYAL
Pump Curve	EN-50-200
Initial Status	ON
User-assigned name of pump	

Nombre	Nombre asignado por el usuario a la bomba
Nudo Entrada	Nombre del nudo de aspiración de la bomba.
Nudo Salida	Nombre del nudo de impulsión de la bomba.
Descripción	Descripción opcional de la bomba.
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar la bomba.
Curva de la Bomba	Nombre de la curva característica de la bomba. (Haga doble clic para editar la curva).
Estado Inicial	Estado de la bomba al comienzo de la simulación: ON. La bomba está en marcha. OFF. La bomba está parada.

B.9 Propiedades de los Orificios

Property	Value
Name	ORIFICIO
Inlet Node	ENTRADA
Outlet Node	SALIDA
Description	Desague
Tag	
Type	SIDE
Shape	CIRCULAR
Height	1
Width	1
Crest Height	0
Discharge Coeff.	0.65
Flap Gate	NO
User-assigned name of orifice	

Nombre	Nombre asignado por el usuario al orificio
Nudo Entrada	Nombre del nudo de entrada del orificio
Nudo Salida	Nombre del nudo de salida del orificio
Descripción	Descripción opcional del orificio.
Marca	Etiqueta opcional utilizada para clasificar el orificio.
Tipo	Tipo de orificio: SIDE. Orificio lateral. BOTTOM. Orificio sumidero en el fondo.
Forma	Forma del orificio (CIRCULAR o RECT_CLOSED)
Altura	Altura del orificio cuando está completamente abierto (en m o ft). Es el diámetro en caso de orificio circular o la altura en un orificio rectangular.
Ancho	Anchura del orificio rectangular cuando está completamente abierto (en m o ft). (No se utiliza en orificios circulares).
Altura de Cresta	Desnivel de la base del orificio con respecto al fondo del nudo (en m o ft)
Coefficiente Descarga	Coefficiente adimensional de descarga del orificio (Un valor típico es 0,65)
Compuerta antirretorno	YES. El orificio dispone de compuerta para evitar flujo inverso. NO. El orificio no dispone de compuerta.

B.10 Propiedades de los Vertederos

Weir VERTEDERO	
Property	Value
Name	VERTEDERO
Inlet Node	ENTRADA-V
Outlet Node	SALIDA-V
Description	Vertedero en V
Tag	
Type	V-NOTCH
Height	1
Length	1
Side Slope	0
Crest Height	0.85
Discharge Coeff.	1.2
Flap Gate	NO
End Coeff.	0
End Contractions	0
User-assigned name of weir	

Nombre	Nombre asignado por el usuario al vertedero
Nudo Entrada	Nombre del nudo de entrada del vertedero
Nudo Salida	Nombre del nudo de salida del vertedero
Descripción	Descripción opcional del vertedero.
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar el vertedero.
Tipo	Tipo de vertedero: TRANSVERSE (rectangular transversal); SIDEFLOW (lateral); V-NOTCH (en V o triangular) o TRAPEZOIDAL (trapezoidal transversal).
Altura	Altura de la abertura del vertedero (en m o ft).
Longitud	Longitud horizontal de la abertura del vertedero (en m o ft).
Pendiente Lateral	Pendiente (horizontal/vertical) de las paredes laterales en los vertederos de tipo TRAPEZOIDAL o en V.
Altura de Cresta	Desnivel de la base del orificio con respecto al fondo del nudo (en m o ft)
Coficiente	Coficiente de descarga para la sección central del vertedero (para unidades de caudal de ft ³ /s en unidades US y m ³ /s en unidades SI). Los valores típicos son, para unidades SI: Vert. transversal de pared delgada: 1,84 Vert. rectangular de pared gruesa: 1,38 – 1,83 Vert. en V: 1,35 – 1,55
Compuerta	YES. El vertedero dispone de compuerta para evitar flujo inverso. NO. El vertedero no dispone de compuerta.
Coficiente de borde	Coficiente de descarga para los bordes triangulares de un vertedero TRAPEZOIDAL (los valores son similares a los de un vertedero en V).
Contracciones	Número de bordes biselados para vertederos de tipo TRANSVERSE o TRAPEZOIDAL cuya anchura es menor que la conducción. Puede ser 0, 1 o 2 en función de si ninguno, uno o los dos extremos están biselados.

B.11 Propiedades de las Salidas

Outlet DERIVACION	
Property	Value
Name	DERIVACION
Inlet Node	ENTRADA-D
Outlet Node	SALIDA-D
Description	Salida de Cauc
Tag	
Height	1.5
Flap Gate	NO
Rating Curve	FUNCTIONAL
Functional Curve	
Coefficient	10.0
Exponent	0.5
Tabular Curve	
Curve Name	
User-assigned name of outlet	

Nombre	Nombre asignado por el usuario a la salida
Nudo Inicial	Nombre del nudo inicial de la salida
Nudo Final	Nombre del nudo final de la salida
Descripción	Descripción opcional de la derivación
Etiqueta	Etiqueta opcional utilizada para clasificar la derivación
Altura	Desnivel de la derivación con respecto al fondo del nudo (en m o ft)
Compuerta Antirretorno	YES. El vertedero dispone de compuerta para evitar flujo inverso. NO. El vertedero no dispone de compuerta.
Curva de variación	Método para describir la variación del caudal Q con el nivel de agua h : FUNCTIONAL. Curva basada en una función potencial del tipo: $Q = A \cdot h^B$ TABULAR. Curva en forma tabular de valores de caudal frente a nivel de agua.
FUNCTIONAL	
Coefficiente	Valor del coeficiente A en la función potencial $Q = A \cdot h^B$
Exponente	Valor del exponente B en la función potencial $Q = A \cdot h^B$
TABULAR	
Nombre de Curva	Nombre de la curva que describe la variación del caudal derivado frente al nivel del agua. (Haga doble clic para editar la curva).

B.12 Propiedades de los Rótulos del Mapa

Label Editor	
Property	Value
Text	Rótulo
X-Coordinate	1396.83
Y-Coordinate	4206.35
Anchor Node	ANCLAJE
Font	Arial
Text of the label	

Texto	Nombre asignado por el usuario a la derivación
Coordenada X	Ubicación horizontal del vértice superior izquierdo del rótulo en el Mapa.
Coordenada Y	Ubicación vertical del vértice superior izquierdo del rótulo en el Mapa.
Nudo de Anclaje	Nombre del nudo o subcuenca al cual se ancla el rótulo durante un <i>zoom</i> . (La distancia entre el nudo de anclaje y el rótulo permanecerá constante). Déjese en blanco si no se requiere anclaje.
Fuente	Pulse <input type="button" value="..."/> o [Enter] para modificar la fuente utilizada para la presentación del rótulo.

APÉNDICE C EDITORES DE PROPIEDADES ESPECÍFICOS

C.1 Editor de Acuíferos

Property	Value
Aquifer Name	Aq1
Porosity	0.5
Wilting Point	0.15
Field Capacity	0.30
Conductivity	5.0
Conduct. Slope	10.0
Tension Slope	15.0
Upper Evap. Fraction	0.35
Lower Evap. Depth	14.0
Lower GW Loss Rate	0.002
Bottom Elevation	0.0
Water Table Elevation	10.0
Unsat. Zone Moisture	0.30

User-assigned aquifer name

OK Cancel Help

Nombre - Nombre asignado por el usuario al acuífero.

Porosidad - Fracción volumétrica de huecos (volumen de huecos/unidad de volumen de suelo)

Punto de Marchitamiento - Límite de humedad (fracción volumétrica) a partir de la cual las plantas no sobreviven.

Capacidad - Humedad del suelo después de haber drenado toda el agua (fracción volumétrica).

Conductividad - Conductividad hidráulica del suelo completamente saturado (mm/h o in/h)

Pendiente de Conductividad - Pendiente media de la curva que relaciona la conductividad y la humedad del suelo (mm/h o in/h)

Pendiente de Tensión - Pendiente media de la curva que relaciona la tensión y la humedad del suelo (mm o in)

Fracción de Evaporación Superior - Fracción de la evaporación total disponible para evapotranspiración en la capa de suelo superior insaturada.

Altura para Evaporación Inferior - Máxima altura de agua en la capa de suelo inferior saturada sobre la cual puede aparecer la evapotranspiración (m o ft)

Tasa de Pérdida a Agua Subterránea - Tasa de percolación desde la zona saturada hacia aguas subterráneas profundas (mm/h o in/h)

Cota de Fondo - Cota del fondo del acuífero (m o ft)

Nivel Freático - Cota a la que se sitúa el nivel freático al comienzo de la simulación (m o ft)

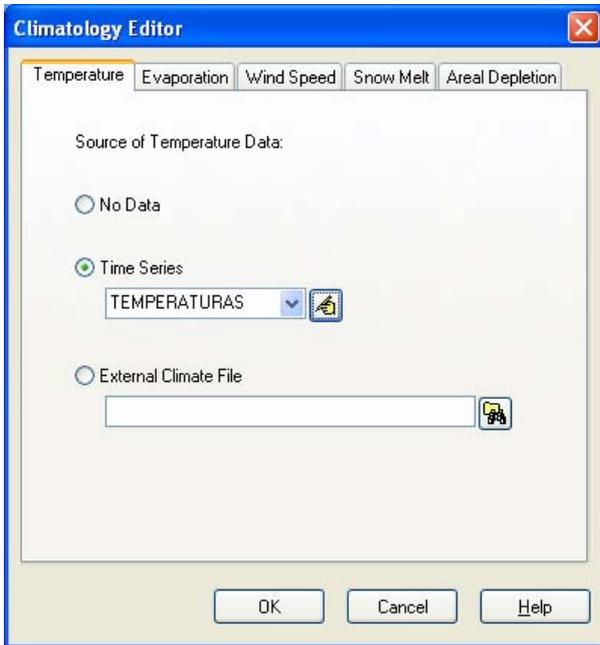
Humedad de la Zona Insaturada - Contenido en humedad de la zona insaturada superior del acuífero al comienzo de la simulación (fracción volumétrica). En ningún caso puede exceder la porosidad del suelo.

C.2 Editor de Climatología

El Editor de Climatología se utiliza para la introducción de valores de diversas variables relacionadas con el clima y que SWMM requiere para realizar ciertas simulaciones. El formulario de edición se divide en cinco pestañas o *páginas*, cada una de las cuales proporciona un editor independiente para cada categoría específica de datos climatológicos.

C.2.1 Datos de Temperatura

La pestaña de Datos de Temperatura del Editor de Climatología se utiliza para especificar el origen de los datos de temperatura utilizados para los cálculos de deshielo de nieve acumulada. Existen tres alternativas:



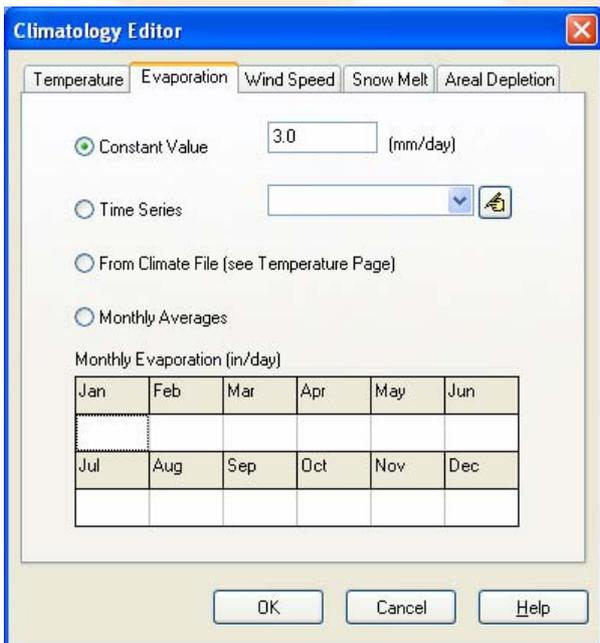
❖ **Sin Datos.** Seleccione esta opción si no se realiza simulación de deshielo de nieve.

❖ **Series Temporales.** Seleccione esta opción si la variación de temperatura a lo largo del periodo de simulación se describirá utilizando una de las series temporales del proyecto. Debe introducir también (o seleccionar) el nombre de esta serie temporal. Pulse el botón  para hacer que el Editor de Series Temporales aparezca con los datos de la serie temporal seleccionada.

❖ **Archivo Externo de Climatología.** Seleccione esta opción si las temperaturas máxima y mínima diarias se leerán de un archivo externo. Debe introducir también el nombre del archivo (o pulsar el botón  para buscar dicho archivo).

C.2.2 Datos de Evaporación

La pestaña de Datos de Evaporación del Editor de Climatología se utiliza para proporcionar tasas de evaporación para el área de estudio, en mm/día (o in/día). Existen cuatro alternativas para especificar estas tasas:



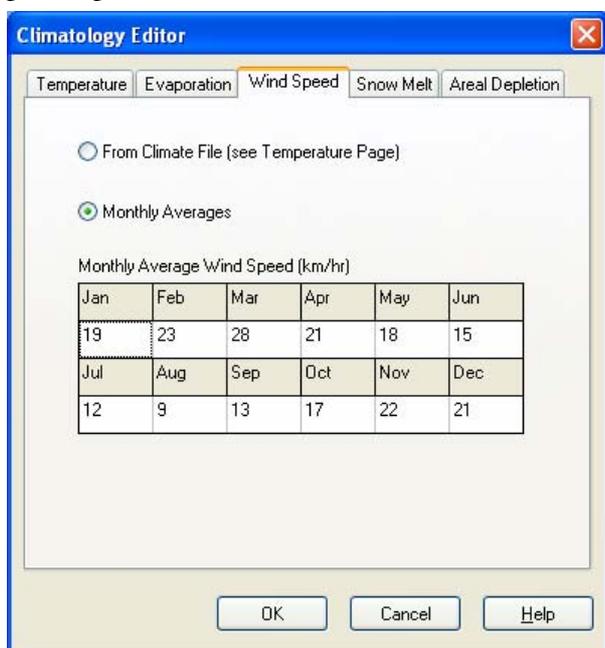
❖ **Constante.** Seleccione esta opción si la evaporación se mantiene constante durante todo el tiempo. Introduzca este valor en la casilla correspondiente.

❖ **Series Temporales.** Seleccione esta opción si la tasa de evaporación se especifica a través de una serie temporal. Debe introducir (o seleccionar) el nombre de esta serie temporal de la lista que aparece al lado de la opción. Pulse el botón  para hacer que el Editor de Series Temporales aparezca con los datos de la serie temporal seleccionada. Nótese que al especificar una fecha y una tasa de evaporación, ésta permanecerá constante mientras no aparezca una nueva fecha (es decir, no se realiza ningún tipo de interpolación en la serie).

- ❖ **Archivo Externo de Climatología.** Esta opción indica que se utilizará el mismo archivo externo especificado para las temperaturas. Debe introducir el nombre de dicho archivo externo. Introduzca coeficientes globales para cada mes en la tabla proporcionada.
- ❖ **Medias Mensuales.** Utilice esta opción para proporcionar tasas medias de evaporación para cada mes del año. Introduzca un valor para cada mes en la tabla proporcionada. Estos valores se mantendrán constantes a lo largo de todo el mes.

C.2.3 Datos de Velocidad del Viento

La pestaña de Datos de Velocidad del Viento del Editor de Climatología se utiliza para proporcionar valores medios mensuales de velocidad del viento. Estos valores se utilizan para calcular el deshielo de nieve en tiempo de lluvia. La tasa de deshielo aumenta con la velocidad del viento. Las unidades de velocidad utilizadas son km/h para unidades SI y millas/h (nudos) para unidades US. Hay dos opciones para especificar la velocidad del viento:



Climatology Editor

Temperature Evaporation **Wind Speed** Snow Melt Areal Depletion

From Climate File (see Temperature Page)

Monthly Averages

Monthly Average Wind Speed (km/hr)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
19	23	28	21	18	15
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
12	9	13	17	22	21

OK Cancel Help

- ❖ **Archivo Externo de Climatología.** Esta opción indica que se utilizará el mismo archivo externo especificado para las temperaturas. Debe introducir el nombre de dicho archivo externo.
- ❖ **Medias Mensuales.** La velocidad del viento se especifica mediante valores medios que permanecerán constantes para cada mes del año. Introduzca un valor para cada mes en la tabla proporcionada. El valor por defecto es de 0 en todos los meses del año.

C.2.4 Datos de Deshielo de Nieve Acumulada

La pestaña de Datos de Deshielo de Nieve Acumulada del Editor de Climatología se utiliza para proporcionar valores de los siguientes parámetros relacionados con el cálculo del deshielo de la nieve acumulada:

- ❖ **Temperatura discriminadora de lluvia o nieve.** Introduzca la temperatura por debajo de la cual la precipitación se produce en forma de nieve en lugar de lluvia. Utilice grados centígrados (°C) para trabajar en unidades SI y grados Fahrenheit (°F) para unidades US.
- ❖ **ATI (*Antecedent Temperature Index*¹²).** Este parámetro refleja hasta qué punto la temperatura del aire en días precedentes afecta a la transmisión de calor a través de la capa de nieve. Valores pequeños reflejan un espesor grande de la capa de nieve y, por tanto, menor tasa de transmisión de calor. Los valores deben estar entre 0 y 1, siendo 0,5 el valor por defecto.

¹² N.d.T. *Antecedent Temperature Index* = Índice de Temperaturas Precedentes. Se ha preferido no traducir este parámetro para facilitar su interpretación en el programa.

❖ **Ratio de Deshielo Negativo.** Esta es la relación entre el coeficiente de transmisión de calor de la capa de nieve durante condiciones de no-deshielo y dicho coeficiente en condiciones de deshielo. Debe ser un valor entre 0 y 1. El valor por defecto es 0,6.

❖ **Cota (m.s.n.m).** Introduzca la cota media por encima del nivel del mar del área de estudio (m o ft). Este valor se utiliza para ajustar mejor el valor de la presión atmosférica. El valor por efecto es de 0 m, lo que implica presión atmosférica de 10,33 mca (760 mmHg). El efecto de la velocidad del viento en el deshielo durante tiempo de lluvia es más acusado a altas presiones, lo que sucede en cotas bajas.

❖ **Latitud.** Introduzca la latitud del área de estudio en grados Norte. Este número se utiliza para calcular las horas de salida y puesta de sol, las cuales a su vez se utilizan para extender los valores máximo y mínimo diurnos de temperatura en valores continuos. El valor por defecto es 50°N de latitud.

❖ **Corrección de la Longitud.** Esta una corrección (en minutos) entre la hora solar y la hora de reloj estándar. Depende de la longitud geográfica (θ) y el meridiano estándar (MS) de ese huso horario a través de la expresión $4 \cdot (\theta - MS)$. Esta corrección se utiliza para ajustar las horas de salida y puesta de sol cuando se extienden los valores máximo y mínimo diurnos de temperatura en valores continuos. El valor por defecto es 0.

C.2.5 Datos de Reducción Superficial de la Capa de Nieve

Depth Ratio	Impervious	Pervious
0.0	1.0	1.0
0.1	1.0	1.0
0.2	1.0	1.0
0.3	1.0	1.0
0.4	1.0	1.0
0.5	1.0	1.0
0.6	1.0	1.0

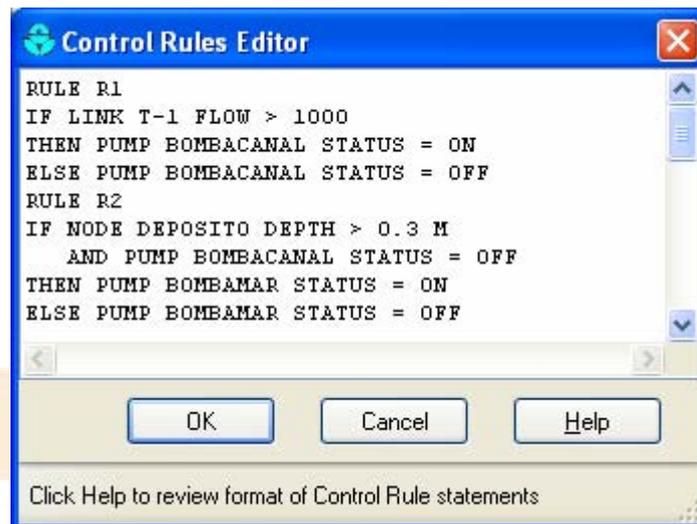
La pestaña de Datos de Reducción Superficial de la Capa de Nieve del Editor de Climatología se utiliza para especificar puntos de la curva de reducción superficial de la capa de nieve tanto para área impermeable como permeable. Estas curvas definen la relación entre la superficie cubierta por la nieve y el espesor de la capa. Cada curva se define mediante 10 intervalos regulares de espesor relativo entre 0 y 0,9. (El espesor relativo es la relación entre el espesor de la capa de nieve y el espesor correspondiente a una cobertura de nieve del 100% del área)

Introduzca en la tabla proporcionada la fracción del área cubierta por la nieve para cada espesor relativo. Los valores válidos están comprendidos entre 0 y 1, pero siempre crecientes para espesor relativo creciente.

Pulse el botón “Area Natural” para rellenar la tabla con valores típicos en áreas naturales. Pulsando el botón “Sin Reducción” se rellenará la tabla con 1, indicando que no se produce reducción superficial de la capa de nieve. Esta es la opción por defecto en proyectos nuevos.

C.3 Editor de Reglas de Control

El Editor de Reglas de Control aparece cada vez que se crea una nueva regla de control o se selecciona una existente para su edición. El editor contiene un campo de texto donde se muestran todas las reglas de control y estas pueden ser editadas.



C.3.1 Formato de una Regla de Control

Cada regla de control consiste en una serie de sentencias de la forma:

```

RULE ID_Regla

IF Condición-1
AND Condición-2
OR Condición-3
AND Condición-4
  Etc.

THEN acción-1
AND acción-2
  Etc.

ELSE acción-3
AND acción-4
  Etc.

PRIORITY Valor
  
```

En la serie anterior, las palabras mostradas en **negrita** son palabras clave y han de escribirse tal y como se muestra en dicha serie, ID_Regla es el identificador asignado a la regla de control, Condición-n es una cláusula de condición, Acción-n es una cláusula de acción y Valor es un valor

numérico de prioridad (un número entre 1 y 5). Los formatos utilizados para las cláusulas de condición y de acción se describirán más adelante.

Sólo las sentencias **RULE**, **IF** y **THEN** son necesarias en una regla, mientras que las sentencias **ELSE** y **PRIORITY** son opcionales.

En una regla se admiten líneas en blanco entre sentencias, y cualquier texto escrito a continuación de un punto y coma (;) será considerado como un comentario.

Cuando se mezclan los operadores lógicos “Y” (**AND**) y “O” (**OR**), el operador “O” tiene prioridad sobre el “Y”, es decir:

```
IF A OR B AND C
```

equivale a:

```
IF (A OR B) AND C
```

Si la interpretación de la sentencia debe ser:

```
IF A OR (B AND C)
```

Entonces la sentencia debería escribirse utilizando dos reglas:

```
IF A THEN ...  
IF B AND C THEN ...
```

El valor de prioridad (**PRIORITY**) se utiliza para determinar qué regla se ejecutará cuando dos o más reglas indican que han de realizarse acciones contradictorias sobre una misma línea. Una regla a la que no se le ha asignado un valor de prioridad siempre tomará un valor más bajo que cualquiera que tenga un valor establecido. Para dos reglas con el mismo valor de prioridad la regla que aparezca primero será considerada la de mayor prioridad.

C.3.2 Cláusulas de Condición

Una cláusula de condición tiene el siguiente formato:

```
Objeto ID Atributo Relación Valor
```

donde:

Objeto	=	Categoría del objeto
ID	=	Nombre asignado por el usuario al objeto
Atributo	=	Un atributo o propiedad del objeto
Relación	=	Un operador relacional (=, <>, <, <=, >, >=)
Valor	=	Un valor del atributo

Algunos ejemplos de cláusula de condición pueden ser:

```
NODE P-23 DEPTH > 10  
PUMP B-1 STATUS = OFF  
SIMULATION CLOCKTIME = 22:50:30
```

Los objetos y atributos que pueden aparecer en una cláusula de condición son los siguientes :

Objeto	Atributo	Significado	Valor
NODE	DEPTH	Nivel de agua	Valor numérico
	HEAD	Altura piezométrica	Valor numérico
	INFLOW	Caudal aportado	Valor numérico
LINK	FLOW	Caudal	Valor numérico
	DEPTH	Calado (Nivel)	Valor numérico
PUMP	STATUS	Estado	ON / OFF
	FLOW	Caudal	Valor numérico
ORIFICE WEIR	SETTING	Posición	Grado de apertura (fracción 0 – 1)
SIMULATION	TIME	Instante	Tiempo transcurrido (horas decimales o hh:mm:ss)
	DATE	Fecha	Fecha en formato mes/día/año
	CLOCKTIME	Hora	Hora del día (hh:mm:ss)

C.3.3 Cláusulas de Acción

Una cláusula de acción en una regla tiene uno de los siguientes formatos:

PUMP ID **STATUS** = **ON/OFF**

ORIFICE ID **SETTING** = Valor

WEIR ID **SETTING** = Valor

Donde **SETTING** se refiere al grado de apertura de un orificio como fracción respecto a cuando está completamente abierto o la relación entre la posición de la cresta del vertedero respecto a su posición original, ambas referidas a la altura de la abertura del vertedero (es decir, el control de un vertedero se realiza desplazando la cresta del mismo hacia arriba o hacia abajo).

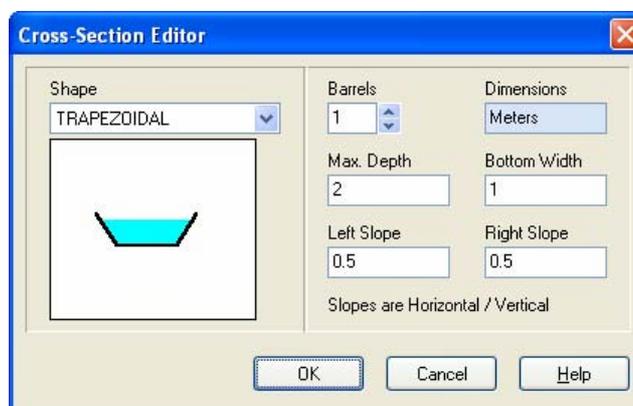
Algunos ejemplos de cláusulas de acción son:

PUMP P-1 **STATUS** = **OFF**

ORIFICE O12 **SETTING** = 0.5¹³

C.4 Editor de Geometría

El Editor de Geometría se utiliza para especificar la forma y dimensiones de la sección transversal de un conducto.



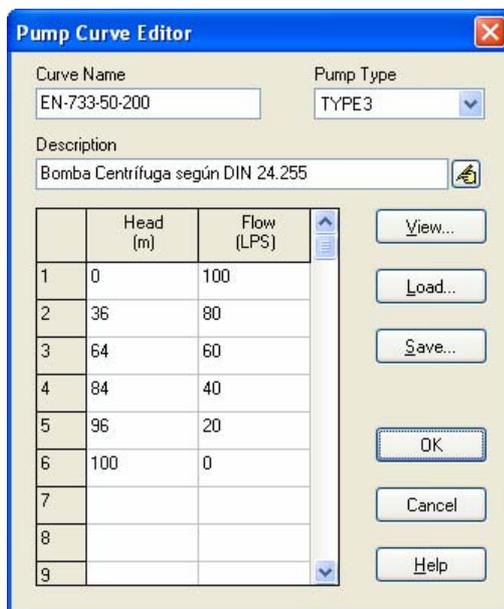
¹³ Cuando se redacte una regla de control, los valores numéricos deben expresarse siempre utilizando el punto (.) como carácter separador de decimales.

Cuando se selecciona una forma desde la lista disponible en el editor, aparece una serie de campos de edición (variable en función de la geometría) para describir las dimensiones de dicha forma. Las dimensiones de longitud (diámetros, etc.) están en pies (ft) para unidades US y en metros (m) para SI. Los valores para la pendiente lateral de un conducto trapezoidal se calcula como cociente entre distancia horizontal y distancia vertical. El campo *Barrels* (Vías) representa el número de conductos idénticos que circulan en paralelo desde el nudo inicial al nudo final.

Si se elige una sección irregular, aparecerá en el lateral una lista desplegable donde se puede seleccionar o introducir el nombre del objeto Sección Transversal que describe la geometría de dicha sección. Pulsando el botón  situado al lado de la lista se llamará al Editor de Secciones Transversales que nos permitirá editar los datos de dicha sección.

C.5 Editor de Curvas

El Editor de Curvas aparece cada vez que se crea un nuevo objeto curva o se selecciona uno ya existente para su edición. El editor se adapta por sí solo al tipo de curva que se esté editando (Depósito, Marea, Divisor, Bomba o Derivación). Para utilizar el editor de la curva:



	Head (m)	Flow (LPS)
1	0	100
2	36	80
3	64	60
4	84	40
5	96	20
6	100	0
7		
8		
9		

- ❖ Introduzca valores para los siguientes datos:

Nombre Nombre de la Curva

Tipo (Sólo para bombas). Elija el tipo de curva de la bomba, tal y como se describen en la sección 3.2 del Manual.

Descripción Descripción opcional de lo que representa la curva. Pulse el botón  para abrir un editor de texto si la descripción precisa de más de una línea de texto.

Tabla de Datos La tabla con los valores X e Y de la curva.

- ❖ Pulse el botón *View* (Ver) para ver una representación gráfica de la curva en una ventana independiente.
- ❖ Si necesita más filas para introducir datos, simplemente pulse el botón Intro desde la última fila utilizada.
- ❖ Al pulsar el botón derecho del ratón sobre la tabla aparecerá un submenú de edición. Éste contiene comandos para cortar, copiar, insertar y pegar las celdas seleccionadas en la tabla, así como opciones para insertar o borrar filas.

También puede utilizar los botones de *Load* (Cargar) para cargar una curva previamente guardada en un archivo o *Save* (Guardar) para guardar en un archivo los datos de la curva utilizada en la actualidad.

C.6 Editor de Flujo Subterráneo

El Editor de Flujo Subterráneo aparece cuando es llamado desde la propiedad “Flujo Subterráneo” de una subcuenca. Se utiliza para vincular una subcuenca a un acuífero y al nudo de la red que intercambia aguas subterráneas con el acuífero. También especifica los coeficientes que determinan el caudal de agua subterránea entre el acuífero y el nudo. Estos coeficientes (A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , y B_2) aparecen en la

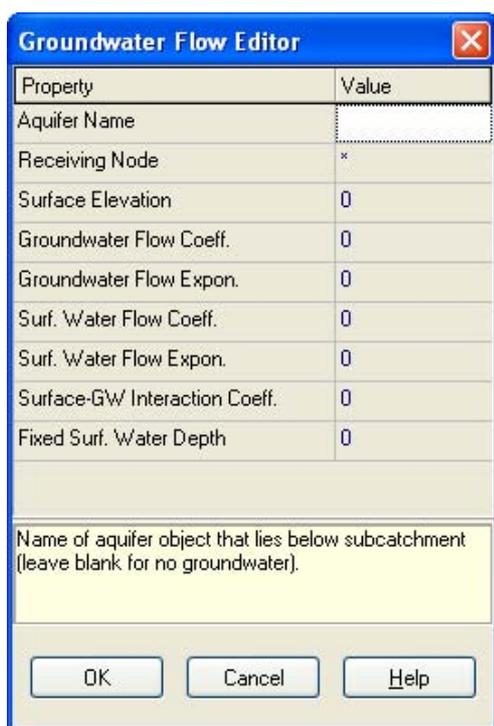
siguiente ecuación, que computa el flujo subterráneo en función de las alturas piezométricas de las aguas subterránea y superficial:

$$Q_{SUB} = A_1 \cdot (H_{SUB} - Z_0)^{B1} - A_2 \cdot (H_W - Z_0)^{B2} + A_3 \cdot H_{SUB} \cdot H_W$$

donde:

- Q_{SUB} = Flujo subterráneo, en (m³/s)/ha o (ft³/s)/acre.
- H_{SUB} = Altura piezométrica del agua subterránea, en m o ft.
- H_W = Altura piezométrica del agua en el nudo receptor, en m o ft.
- Z_0 = Cota de la solera (fondo) del nudo receptor, en m o ft.

Las propiedades listadas en el editor son:



Nombre del Acuífero - Nombre del acuífero que proporciona el agua subterránea. Déjese en blanco si no desea que la subcuenca genere flujo subterráneo.

Nudo receptor - Nombre del nudo que recibe el agua subterránea procedente del acuífero.

Cota del terreno – Cota del área de la subcuenca asentada sobre el acuífero, en m o ft.

Coefficiente de Flujo Subterráneo - Valor de A₁ en la fórmula del flujo subterráneo.

Exponente de Flujo Subterráneo - Valor de B1 en la fórmula del flujo subterráneo.

Coefficiente de Flujo Superficial - Valor de A₂ en la fórmula del flujo subterráneo.

Exponente de Flujo Superficial - Valor de B2 en la fórmula del flujo subterráneo.

Coefficiente de Interacción entre Flujos Superficial y Subterráneo - Valor de A₃ en la fórmula del flujo subterráneo.

Nivel Fijo del Agua Superficial – Nivel fijo del agua superficial en el nudo receptor (m o ft). Póngase a 0 si el nivel varía según el cálculo hidráulico realizado.

Los valores para los coeficientes del flujo tienen que darse en unidades que sean consistentes con las unidades de flujo subterráneo de (m³/s)/ha para unidades SI o (ft³/s)/acre para unidades US.



En el caso en que el flujo subterráneo es simplemente proporcional a la diferencia entre las alturas piezométricas de las aguas subterránea y superficial se fijarán los exponentes del flujo subterráneo y superficial (B1 y B2) a un valor de 1.0; el coeficiente de flujo subterráneo (A₁) a la relación de proporcionalidad, el coeficiente de flujo superficial (A₂) al mismo valor y fijar el coeficiente de interacción (A₃) a cero.

C.7 Editor de Infiltración

El Editor Infiltración se utiliza para especificar valores de los parámetros que describen la tasa de lluvia que se infiltra a la capa superior del suelo en el área permeable de una subcuenca. Este editor aparece cuando se edita la propiedad “Infiltración” de una subcuenca. Los parámetros de infiltración dependen del modelo de infiltración que se haya seleccionado para el proyecto: Horton, Green-Ampt o Número de Curva. La selección del modelo de infiltración puede cambiarse bien editando las opciones de simulación del proyecto (véase la sección 8.1), bien cambiando las opciones por defecto del proyecto (sección 5.4).

C.7.1 Parámetros de infiltración de Horton

En el editor de infiltración para el modelo de Horton aparecen los siguientes parámetros:

Property	Value
Max. Infil. Rate	3.0
Min. Infil. Rate	0.5
Decay Constant	4
Drying Time	7
Max. Volume	0

Maximum rate on the Horton infiltration curve (in/hr or mm/hr)

Tasa Infiltración Máx. – Tasa máxima de infiltración en la curva de Horton (mm/h o in/h). Véase más abajo para valores típicos.

Tasa Infiltración Mín. – Tasa mínima de infiltración en la curva de Horton (mm/h o in/h). Es equivalente a la conductividad hidráulica del suelo saturado. Véase la tabla de características del suelo en la sección A.2 para valores típicos.

Constante Decaimiento – Constante de decaimiento del índice de infiltración para la curva de Horton (1/seg). Los valores típicos están entre 2 y 7.

Tiempo de Secado – Tiempo necesario (en días) para que un suelo completamente saturado se seque. Los valores típicos están entre 2 y 14 días.

Volumen máximo – Máximo volumen de infiltración posible (en mm o in, 0 si no es aplicable). Puede estimarse como la diferencia entre la porosidad del suelo y el producto del punto de marchitamiento por el espesor de la capa de infiltración.

Los valores típicos de la tasa máxima de infiltración en la ecuación de Horton son:

1. Suelo SECO (con poca o ninguna vegetación):
 - Suelo de arena: 125 mm/h (5 in/h)
 - Suelo de margas: 75 mm/h (3 in/h)
 - Suelo de arcilla: 25 mm/h (1 in/h)
2. Suelo SECO (con vegetación densa):
 - Multiplicar los valores del apartado 1. por 2.
3. Suelo HÚMEDO:
 - Suelos drenantes que no se secaron: dividir los valores de los apds. 1. y 2. entre 3.
 - Suelos cercanos a la saturación: valores próximos a la tasa mínima de infiltración.
 - Suelos que se han secado parcialmente: dividir los valores de los apds. 1. y 2. entre 1,5 a 2,5.

C.7.2 Parámetros de infiltración de Green-Ampt

En el editor de infiltración para el modelo de Green-Ampt aparecen los siguientes parámetros:

Altura de Succión – Valor medio de la capacidad de succión capilar del suelo a lo largo del frente mojado (en mm o in).

Conductividad – Conductividad hidráulica del suelo completamente saturado (mm/h o in/h).

Déficit Inicial – Diferencia entre la porosidad del suelo y la humedad inicial (ambas expresadas como fracción volumétrica). Para un suelo completamente drenado, será la diferencia entre la porosidad del suelo y su capacidad.

Valores típicos de estos parámetros se pueden encontrar en la tabla de características del suelo de la sección A.2.

C.7.3 Parámetros de infiltración del Método del Número de Curva

En el editor de infiltración para el método del Número de Curva aparecen los siguientes parámetros:

Número de Curva (CN) – Este es el Número de Curva del SCS tabulado en la publicación SCS Urban Hydrology for Small Watersheds, 2ª Ed., (TR-55), Junio 1986. Consulta la tabla de números de curva (sección A.4) para obtener una lista de valores según el tipo de suelo, y la tabla de tipos de suelo (sección A.3) para obtener una definición de los mismos.

Conductividad – Conductividad hidráulica del suelo completamente saturado (mm/h o in/h). Valores típicos se muestran en la clasificación de tipos de suelo según el NRCS (sección A.3) y en la de características del suelo (sección A.2)

Tiempo de Secado – Tiempo necesario (en días) para que un suelo completamente saturado se seque. Los valores típicos están entre 2 y 14 días.

C.8 Editor de Aportes a un Nudo

El Editor de Aportes a un Nudo se utiliza para asignar aportes externos directos, de tiempo seco o de infiltración a la red (RDII) a un nudo del sistema de drenaje. Aparece cuando se selecciona la propiedad “Aportes” Editor de Propiedades del nudo. El formulario consiste en tres pestañas (páginas) tabuladas que proporcionan un editor especial para cada tipo de aporte.

C.8.1 Aportes Directos

La pestaña de Aportes Directos del Editor de Aportes se utiliza para especificar series temporales de aportes directos de caudal externo o de contaminante entrantes en un nudo de la red de drenaje. El cuadro consta de los siguientes campos:

Componente (Constituent) – Selecciona el componente, es decir, la naturaleza del aporte (caudal¹⁴ o uno de los contaminantes especificados en el proyecto) cuya caudal se describe.

Serie Temporal - Especifica el nombre de la serie temporal que contiene los datos del aporte para el componente seleccionado. Si se deja en blanco no existirá ningún aporte externo para el componente

¹⁴ Para especificar que el aporte es de caudal, ha de marcarse la palabra **FLOW**.

seleccionado en el nudo en cuestión. Puede pulsar el botón  para llamar el editor de series temporales para la serie seleccionada.

Tipo de Aporte – Para contaminantes, seleccione el tipo de datos de aporte de la serie temporal, pudiendo ser estos concentración o caudal másico.

Factor de Conversión – Factor numérico de conversión para convertir los datos de caudal másico de contaminante en las unidades de concentración por caudal utilizadas por el proyecto. Por ejemplo, si los datos de la serie temporal están expresados en kg/día y la concentración de contaminante en el proyecto se expresa en mg/l con unidades de caudal de m³/s, el valor del factor de conversión será $(1000000 \text{ mg/kg}) / (86400 \text{ s/día}) = 11,574$.

Se puede editar más de un componente simplemente seleccionando otra opción en las propiedades del componente mientras la ventana se encuentre activa. Sin embargo, si se pulsa el botón Cancelar se anularán todos los cambios realizados.



Si un contaminante es asignado a un aporte directo en términos de concentración, entonces será necesario definir igualmente un aporte en términos de caudal. En caso contrario no habrá aporte de contaminante en el nudo. Si el aporte se expresa en términos de flujo másico de contaminante no será necesario definir un caudal.

C.8.2 Aportes en Tiempo Seco

La pestaña de Aportes en Tiempo Seco del Editor de Aportes se utiliza para especificar un aporte continuo en tiempo seco que entra en un nudo de la red de drenaje. El cuadro consta de los siguientes campos:

Componente - Selecciona el componente (caudal¹⁵ o uno de los contaminantes especificados para el proyecto) cuyo aporte en tiempo seco se quiere especificar.

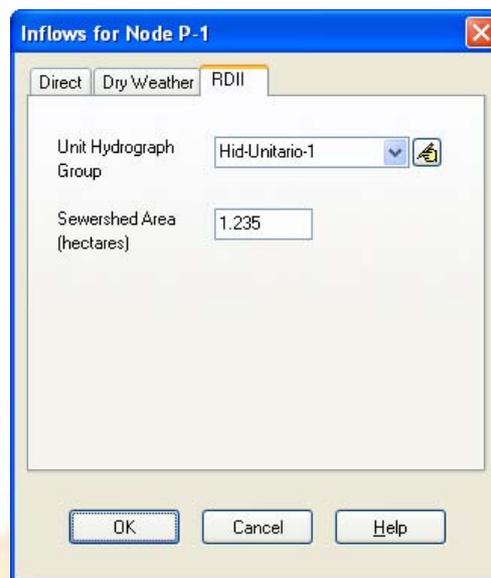
Valor Medio - Especifica el valor medio (o de referencia) del aporte en tiempo seco para el componente elegido (unidades de flujo para el flujo, unidades de concentración para los contaminantes). Déjese en blanco si no se quiere considerar el aporte en tiempo seco para el componente seleccionado.

¹⁵ Para especificar que el aporte es de caudal, ha de marcarse la palabra **FLOW**.

Patrón de Tiempos - Especifica el nombre de los patrones temporales que se utilizan para modificar los valores del aporte en tiempo seco de manera periódica por mes del año, por día de la semana y por hora del día (tanto si es fin de semana como si no lo es). Se puede definir un nombre o bien seleccionar un patrón previamente definido en la lista desplegable que aparece al lado. Se pueden definir hasta cuatro patrones de tiempo distintos. Puede pulsar el botón  que hay al lado de cada patrón temporal para editar la serie seleccionada.

Se puede editar más de un componente simplemente seleccionando otra opción en las propiedades del componente mientras la ventana se encuentre activa. Sin embargo, si se pulsa el botón Cancelar se anularán todos los cambios realizados.

C.8.3 Aportes Irregulares Dependientes de la Precipitación (RDII)



La pestaña de Aportes Irregulares (RDII) del Editor de Aportes se utiliza para especificar Aportes Irregulares Dependientes de la Precipitación¹⁶ del nudo en cuestión. El editor contiene los dos campos siguientes:

Grupo de Hidrogramas Unitarios - Introduce (o seleccione de la lista desplegable) el nombre del grupo de hidrogramas unitarios que se aplica al nudo en cuestión. El grupo de hidrogramas unitarios se utiliza en combinación con los datos del pluviómetro asociado al grupo para desarrollar así series temporales para los aportes RDII por unidad de área a lo largo del periodo de la simulación. Déjese si el nudo no recibe ningún aporte RDII. Al pulsar el botón  se abrirá el editor de aportes RDII para el grupo de hidrogramas unitarios especificado.

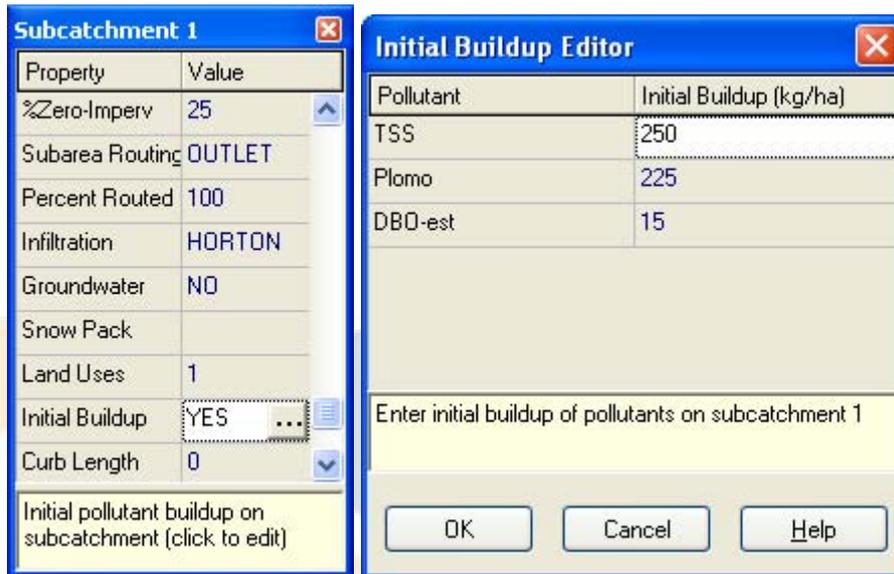
Área de Drenaje - Introduce el área (en hectáreas o acres) de vertido que aporta RDII al nudo. Nótese que dicha área será habitualmente sólo una pequeña y localizada porción del total de la subcuenca que aporta escorrentía superficial al nudo.

¹⁶ Normalmente se utilizan las siglas originales en inglés: RDII = Rainfall-Dependent Infiltration/Inflow.

C.9 Editor de Acumulación Inicial

El Editor de Acumulación Inicial aparece cuando se edita la propiedad “Acumulación Inicial” desde el editor de propiedades de una subcuenca. Especifica la cantidad de un contaminante acumulada inicialmente sobre la superficie de la cuenca al inicio de una simulación.

El editor consiste en una tabla con dos columnas para la entrada de datos. La primera columna lista el nombre de cada uno de los contaminantes definidos para el proyecto, mientras que la segunda columna contiene cuadros para introducir el valor de la acumulación inicial. Si no se proporcionan valores de acumulación inicial, se asumirá que es 0. Las unidades para la acumulación inicial son kg/ha para unidades SI y libras/acre para unidades US.



Si se establece un valor no nulo para la acumulación inicial de un contaminante, éste sustituirá cualquier otro valor calculado previamente usando el parámetro “Número de Días Previos sin Lluvia” especificado en la pestaña de Fechas del formulario de Opciones de la Simulación (véase la sección 8.1).

C.10 Editor de Usos del Suelo

El Editor de Usos del Suelo se utiliza para definir un tipo de uso del suelo para el área de estudio y definir así las características de acumulación y arrastre de contaminantes. El cuadro contiene tres pestañas (páginas) tabuladas de propiedades del uso del suelo:

- General – Define el nombre para un uso del suelo y fija los parámetros de limpieza de calles.
- Acumulación (*Buildup*) - Define la tasa de acumulación del contaminante.
- Arrastre (*Washoff*) - Define la tasa de arrastre del contaminante.

C.10.1 Datos Generales

La pestaña de Datos Generales del Editor de Usos del Suelo describe las siguientes propiedades para cada tipo de uso del suelo:



Nombre de uso del suelo - Nombre asignado al uso del suelo.

Descripción - Comentario o descripción opcional del uso del suelo. (Pulse o [Enter] para editarla).

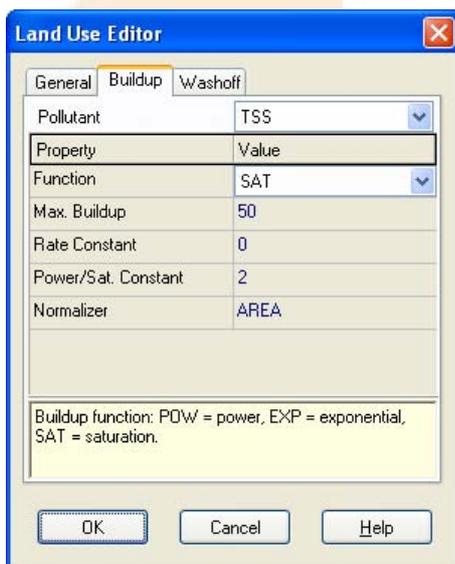
Intervalo de Limpieza de Calles – Tiempo transcurrido (en días) entre limpiezas de la calle. (Utilice 0 si no se efectúa ninguna limpieza).

Disponibilidad para la Limpieza - Fracción del contaminante acumulado que puede ser eliminado mediante la limpieza de la calle.

Última Limpieza - Número de días transcurridos desde la última limpieza de la calle al comienzo de la simulación.

C.10.2 Datos de Acumulación

La pestaña de Datos de Acumulación del Editor de Usos del Suelo describe las propiedades asociadas a la acumulación de contaminantes sobre el terreno durante periodos de tiempo seco. Estos consisten en:



Contaminante - Nombre del contaminante cuyas propiedades de acumulación estén siendo editadas.

Función – Tipo de función de acumulación utilizada para el contaminante. Las opciones son: **NONE** (ninguna) si no hay acumulación, **POW** para una función potencial de acumulación, **EXP** para acumulación exponencial y **SAT** para una acumulación según una función de saturación. Véase la sección 3.3.9 para obtener más información sobre las distintas funciones de acumulación de contaminantes.

Máxima Acumulación – La máxima acumulación que puede llegar a ocurrir, expresada en kg (o lbs) de contaminante por unidad de variable normalizadora (área o longitud, ver más adelante). Se representa como C_1 en las funciones de acumulación expuestas en la sección 3.3.9.

Constante proporcional – Una constante temporal que gobierna la tasa de acumulación de contaminante. Es el coeficiente C_2 en las funciones de acumulación potencial y exponencial expuestas en la sección 3.3.9. Para la función potencial las unidades son de masa/días^{C2} y para la función exponencial es días⁻¹.

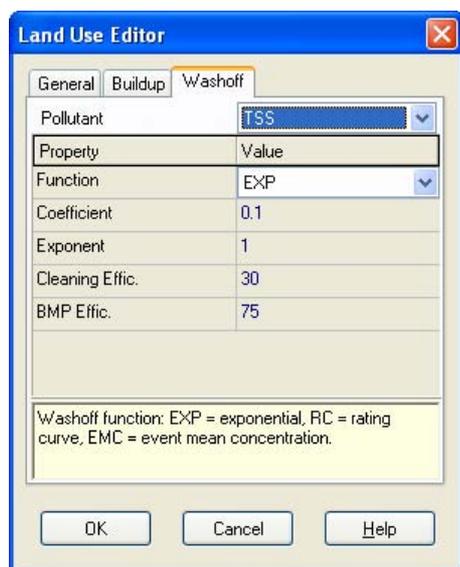
Exponente (Power/Sat. Constant) – Es el exponente C_3 utilizado en la función potencial o la constante de semisaturación C_2 en la función de saturación expuestas en la sección 3.3.9. Para este último caso, las unidades son días.

Variable de Normalización - La variable utilizada para la normalización de la acumulación por unidad. Las opciones son área del terreno (en ha o acres) y longitud de cauce. Para la longitud de cauce se puede utilizar cualquier unidad, puesto que ésta permanecerá constante para todas las subcuencas del proyecto.

Cuando se dispone de más de un contaminante el usuario debe seleccionar cada contaminante por separado y especificar las características de acumulación de cada uno de ellos.

C.10.3 Datos de Arrastre

La pestaña de Datos de Arrastre del Editor de Usos del Suelo describe las propiedades asociadas a la limpieza y arrastre de contaminantes sobre el terreno durante eventos de tormenta. Estos consisten en:



Contaminante - Nombre del contaminante cuyas propiedades de arrastre se están editando.

Función - Tipo de función de acumulación utilizada para el contaminante. Las opciones son: **NONE** (ninguna) si no hay arrastre, **EXP** para arrastre exponencial, **RC** para utilizar una curva de arrastre en función del caudal de escorrentía y **EMC** indicar que la relación con el caudal de escorrentía es lineal. Véase la sección 3.3.10 para obtener más información sobre las distintas funciones de arrastre de contaminantes.

Coeficiente - Es el valor del coeficiente C_1 en las expresiones de arrastre exponencial y mediante curva, o bien la concentración media de contaminante durante el evento.

Exponente - Es el valor del exponente C_2 en las expresiones de arrastre exponencial y mediante curva.

Eficiencia de la Limpieza - Eficiencia de eliminación en la limpieza de calles (en porcentaje) para el contaminante. Representa la fracción del total de contaminante susceptible de ser limpiado en el total del uso del suelo (especificado en la pestaña de datos generales de este editor) que es finalmente arrastrado.

Eficiencia BMP¹⁷ - Eficiencia de la eliminación (en porcentaje) asociada con técnicas de mejora de la gestión de la red que pudieran haberse realizado. La carga de arrastre calculada en cada intervalo se reduce en esta proporción.

Al igual que sucede con la acumulación, cuando se dispone de más de un contaminante el usuario debe seleccionar cada contaminante por separado y especificar las características de arrastre de cada uno de ellos.

C.11 Editor de Asignación de Usos del Suelo

El Editor de Asignación Usos del Suelo aparece cuando desde el Editor de Propiedades de una subcuenca cuando se edita la propiedad "Usos del Suelo" (*Land Uses*). El propósito de este editor es asignar usos del suelo a las subcuencas para realizar cálculos de la calidad del agua. Junto a cada tipo de uso del suelo se introduce el porcentaje de área en la subcuenca cubierta por ese uso del suelo. Si ese uso del suelo no está presente en la subcuenca el campo ha de dejarse en blanco. Los porcentajes introducidos no tienen por qué sumar 100.

¹⁷ N.d.T. BMP (*Best Management Practices*). Buenas Prácticas de Gestión. Se ha preferido respetar las siglas en el inglés original.

Land Use	% of Area
Residencial	15
Urbano	65
Rústico	10

C.12 Editor de Contaminantes

El Editor de Contaminantes aparece cuando se crea un nuevo contaminante o se selecciona uno existente para su edición. Contiene los siguientes campos:

Property	Value
Name	Pb-Total
Units	UG/L
Rain Concen.	0.0
GW Concen.	5.0
I&I Concen.	2.5
Decay Coeff.	2.5
Snow Only	NO
Co-Pollutant	TSS
Co-Fraction	0.2

User-assigned name of the pollutant.

Nombre - Nombre asignado al contaminante.

Unidades - Unidades de concentración (mg/l, µg/L o #/l (Uds./l)) en las cuales se expresa la concentración de contaminante.

Concentración en Lluvia - Concentración del contaminante en el agua de lluvia (unidades de concentración).

Concentración en Aguas Subterráneas - Concentración del contaminante en aguas subterráneas (unidades de concentración).

Concentración en Aportes Irregulares (I/I) - Concentración del contaminante en cualquier aporte irregular (RDII) (unidades de concentración).

Coeficiente de Decaimiento - Coeficiente de decaimiento de primer orden para el contaminante (1/días).

Sólo Nieve - Ponga **YES** (SI) si el arrastre de contaminante se produce sólo si ocurre una nevada y **NO** en caso contrario (la opción por defecto es **NO**).

Co-Contaminante - Nombre de otro contaminante cuya concentración en el caudal de escorrentía contribuye a la concentración del que está siendo editado.

Co-Fracción - Fracción de la concentración del co-contaminante en el caudal de escorrentía que contribuye a la concentración del que está siendo editado.

Un ejemplo de relación con un co-contaminante podría pasar cuando la concentración de un determinado metal pesado en el caudal de escorrentía es una fracción fija de la concentración total de sólidos en suspensión. En este caso los sólidos en suspensión se declararían como el co-contaminante del metal pesado en cuestión.

C.13 Editor de Capa de Nieve

El Editor de Capa de Nieve aparece cuando se crea un nuevo objeto de capa de nieve o se selecciona uno existente para su edición. El editor contiene un campo para introducir el nombre del objeto capa de nieve y dos pestañas (páginas), una para las características de la capa de nieve y otra para los parámetros de desaparición de la nieve.

C.13.1 Parámetros de la Capa de Nieve

La página de Parámetros de la Capa de Nieve proporciona parámetros de deshielo de la nieve y condiciones iniciales de la nieve acumulada sobre tres tipos distintos de áreas: el área impermeable que admite el uso de máquinas quitanieves y por tanto está sujeta a retirada de la nieve (*plowable*), el resto del área impermeable y toda el área permeable. La página contiene una tabla con tres columnas, una para cada tipo de área y filas para la introducción de los siguientes parámetros:

Snow Pack Editor

Snow Pack Name: NIEVE-1

Snow Pack Parameters | Snow Removal Parameters

Subcatchment Surface Type	Plowable	Impervious	Pervious
Min. Melt Coeff. (mm/hr/deg C)	0.001	0.001	0.001
Max. Melt Coeff. (mm/hr/deg C)	0.001	0.001	0.001
Base Temperature (deg C)	32.0	32.0	32.0
Fraction Free Water Capacity	0.10	0.10	0.10
Initial Snow Depth (mm)	0.00	0.00	0.00
Initial Free Water (mm)	0.00	0.00	0.00
Depth at 100% Cover (mm)	0.00	0.00	0.00

Fraction of Impervious Area That is Plowable: 0.0

OK Cancel Help

Coefficiente de Deshielo Mínimo – Coeficiente de deshielo de nieve grados–día correspondiente al 21 de diciembre. Las unidades son mm/(h °C) o in/(h °F).

Coefficiente de Deshielo Máximo – Coeficiente de deshielo de nieve grados–día correspondiente al 21 de junio. Las unidades son mm/(h °C) o in/(h °F). Para una simulación corta de menos de una semana se puede utilizar un solo valor para ambos coeficientes de deshielo máximo y mínimo.

Los coeficientes de deshielo máximo y mínimo se utilizan para estimar un coeficiente de deshielo que varía en función del día del año. Éste se utiliza en la siguiente ecuación de grados–día para calcular la cantidad (tasa) de deshielo para un día concreto:

$$\text{Tasa de Deshielo} = (\text{Coef. Deshielo}) \times (\text{Temp. Aire} - \text{Temp. Base})$$

Temperatura Base – Temperatura a partir de la cual la nieve se empieza a derretir (°C o °F).

Capacidad para Agua Líquida – Volumen de huecos en la capa de nieve que deben llenarse antes de que aparezca escorrentía a causa del agua derretida, expresada como una fracción del volumen total de la capa de nieve.

Espesor Inicial de Nieve – Espesor de la capa de nieve al inicio de la simulación (mm o in de nivel de agua equivalente).

Agua Líquida Inicial – Nivel de agua líquida procedente del deshielo existente en la capa de nieve al comienzo de la simulación (mm o in). Este número debe ser menor o igual que el producto del Espesor Inicial de Nieve por la Capacidad para Agua Líquida.

Nivel para 100% de Cubierta – Espesor de la capa de nieve (en mm o in) a partir del cual la superficie cubierta por la misma es del 100% y no ha lugar a utilizar curvas de reducción superficial de la capa de nieve.

Fracción del Área Impermeable con Quitanieves¹⁸ – La fracción del área impermeable que es adecuada para el uso de máquinas quitanieves y que, por tanto, no está sujeta a curvas de acumulación y reducción superficial de la capa de nieve.

C.13.2 Parámetros de Retirada de Nieve

La página de Retirada de Nieve describe cómo se produce la retirada de nieve en el área cubierta por la nieve que admite el uso de máquinas quitanieves. Los parámetros que rigen este proceso son los siguientes:

Espesor para comenzar la retirada de nieve (mm o in) – No hay retirada de nieve por debajo de este espesor y las fracciones especificadas a continuación se aplican sólo a espesores de nieve mayores que éste.

Fracción sacada de la Subcuenca – Fracción de la nieve sobrante que es retirada del sistema (y no se convierte en escorrentía)

Fracción retirada al Área Impermeable - Fracción de la nieve sobrante que es retirada hacia la capa de nieve acumulada sobre el área impermeable (y se añade a la capa de nieve de la misma)

Fracción retirada al Área Permeable - Fracción de la nieve sobrante que es retirada hacia la capa de nieve acumulada sobre el área permeable (y se añade a la capa de nieve de la misma)

Fracción convertida en Agua - Fracción de la nieve sobrante que se funde y pasa a ser agua líquida que circula sobre la cualquier cuenca asociada al objeto Capa de Nieve editado.

¹⁸ N.d.T. En inglés, *plowable* se podría traducir como “adecuada para el uso de máquinas quitanieves”.

Fracción pasada a otra cuenca - Fracción de la nieve sobrante que es retirada hacia la capa de nieve acumulada en otra subcuenca. En este caso debe proporcionarse el nombre de dicha cuenca.

C.14 Editor de Patrones Temporales

El Editor de Patrones Temporales aparece cuando se crea un nuevo patrón temporal o se selecciona uno existente para su edición. El editor contiene los siguientes campos para la introducción de datos:

Multipliers	
12 AM	1.0
1 AM	1.0
2 AM	1.0
3 AM	1.0
4 AM	1.0
5 AM	1.0
6 AM	1.0

Nombre – Introduzca el nombre asignado al patrón temporal.

Tipo - Seleccione el tipo de patrón temporal que se está editando.

Descripción - Comentario o descripción opcional para el patrón de tiempo. (Pulse  para abrir un editor de texto si necesita más de una línea en el comentario).

Multiplicadores - Introduzca un valor para cada coeficiente. El número y significado de los coeficientes cambia en función del tipo de patrón temporal seleccionado:

MONTHLY	Mensual	12 coef. , uno para cada mes del año
DAILY	Semanal	7 coef. , uno para cada día de la semana
HOURLY	Diario (Laborable)	24 coef. , uno para cada hora desde las 00:00 horas hasta las 23:00
WEEKEND	Diario (Fin de Semana)	24 coef. Como el patrón <i>HOURLY</i> , pero aplicado sólo a los fines de semana.



Con el fin de mantener el valor medio del caudal en tiempo seco o la concentración de un contaminante tal y como se especifica en el Editor de Aportes, los coeficientes de un patrón deben sumar 1,0.

C.15 Editor de Series Temporales

El Editor de Series Temporales aparece cuando se crea una nueva serie temporal o se selecciona una existente para su edición. Para utilizar el editor de series de tiempo:

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	00:00	0
	01:00	12.7
	02:00	25.4
	03:00	19.05
	04:00	12.7
	05:00	6.35
	06:00	0

- ❖ Introduzca valores para los siguientes datos:

Nombre - Nombre de la serie temporal.

Descripción - Comentario o descripción opcional sobre qué representa la serie. (Pulse  para abrir un editor de texto si necesita más de una línea en el comentario).

Columna Fecha - Fecha opcional (en formato mes/día/año) de los valores para la serie temporal (sólo necesario en valores que corresponden a una nueva fecha)

Columna Hora - Si se utiliza la fecha, introduzca la hora en formato militar (horas: minutos u horas decimales). Si no se utiliza la fecha introduzca el tiempo transcurrido en horas desde el principio de la simulación.

Valores - Los valores numéricos de la serie temporal.

- ❖ Pulse el botón Ver (View) para ver un gráfico de la serie temporal en una ventana independiente.
- ❖ Si se necesitan más filas en la tabla de datos porque la serie temporal se extiende más allá de la tabla, simplemente presiones [Enter] cuando esté en la última fila y se añadirá una nueva fila a la tabla.
- ❖ Al pulsar el botón derecho del ratón sobre la tabla aparecerá un submenú de edición. Éste contiene comandos para cortar, copiar, insertar y pegar las celdas seleccionadas en la tabla, así como opciones para insertar o borrar filas.



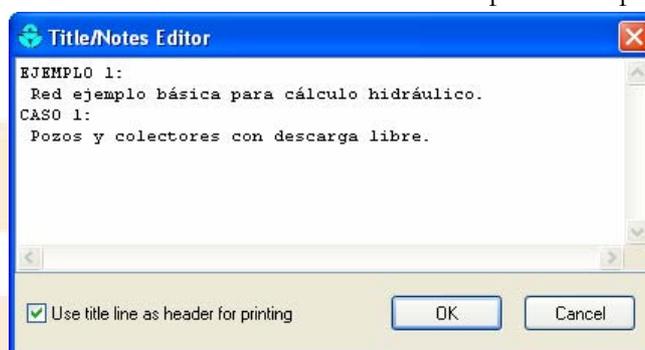
Nótese que existen dos métodos para describir el tiempo en las series temporales.

- a) Como fecha/hora del día (se requiere introducir por lo menos una fecha, al comienzo de la serie)
- b) Como tiempo transcurrido desde el principio de la simulación (donde los campos de la columna fecha permanecerán vacíos)

También puede pulsar el botón Cargar (*Load*) para cargar series temporales previamente guardadas o pulsar el botón Guardar (*Save*) para guardar los datos de la serie temporal actual en un archivo.

C.16 Editor de Título y Notas

El Editor de Título y Notas aparece cuando se seleccionan los datos de Título y Notas del Proyecto para su edición. Como se muestra en la figura inferior, se trata de un editor de texto multilínea en el que se puede introducir una descripción del proyecto. Incluye también una casilla para indicar si la primera línea del título debe utilizarse como encabezado en las salidas impresas del programa.



C.17 Editor de Secciones Transversales

El Editor de Secciones Transversales aparece cuando se crea una nueva sección transversal o se selecciona una existente para su edición. Contiene los siguientes campos de datos:

Nombre - Nombre asignado a la sección transversal.

Descripción - Comentario o descripción opcional de la sección transversal.

Tabla de Datos Estación/Cota - Valores de distancia desde el lado izquierdo del canal y la correspondiente altura del fondo del canal, ordenados de izquierda a derecha del canal y en dirección aguas abajo. Pueden introducirse hasta 1500 valores de una misma sección.

Rugosidad - Valores del coeficiente n de Manning para los márgenes izquierdo y derecho del canal, así como del canal principal de la sección transversal. El coeficiente n para un margen puede ser 0 si dicho margen no existe.

Estaciones del Margen - Valores de la distancia dados en la tabla que marcan el final del margen izquierdo y el principio del margen derecho del canal. Si no hay márgenes descrito, utilícese 0.

Modificadores¹⁹ - Un modificador de estación es un factor por el que se multiplica la distancia entre cada estación de la sección transversal cuando ésta es procesada por SWMM. Utilícese un valor de 0 si

¹⁹ Esto permite, por ejemplo, introducir un colector de sección visitable como sección irregular y modificar su anchura o su cota sin necesidad de crear una nueva sección transversal.

no se necesita ningún factor. El modificador de cotas es un valor constante que será sumado a cada valor de la cota.

Transect Editor

Transect Name: Description:

	Station (m)	Elevation (m)
1	0	25.0
2	1	22.0
3	2	19.5
4	3	18.0
5	4	18.5
6	5	18.8
7	6	18.3
8	7	19.2
9	8	21.1
10	9	23.5

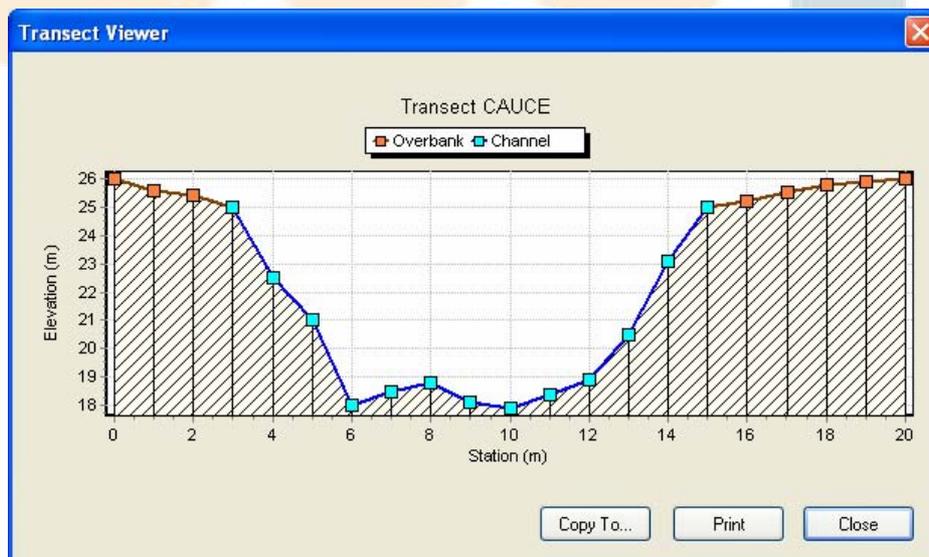
Property	Value
Roughness:	
Left Bank	0.015
Right Bank	0.015
Channel	0.015
Bank Stations:	
Left	0.0
Right	0.0
Modifiers:	
Stations	0.0
Elevations	0.0

Buttons: View... OK Cancel Help

Si se necesitan más filas en la tabla de datos porque la serie temporal se extiende más allá de la tabla, simplemente presiones [Enter] cuando esté en la última fila y se añadirá una nueva fila a la tabla.

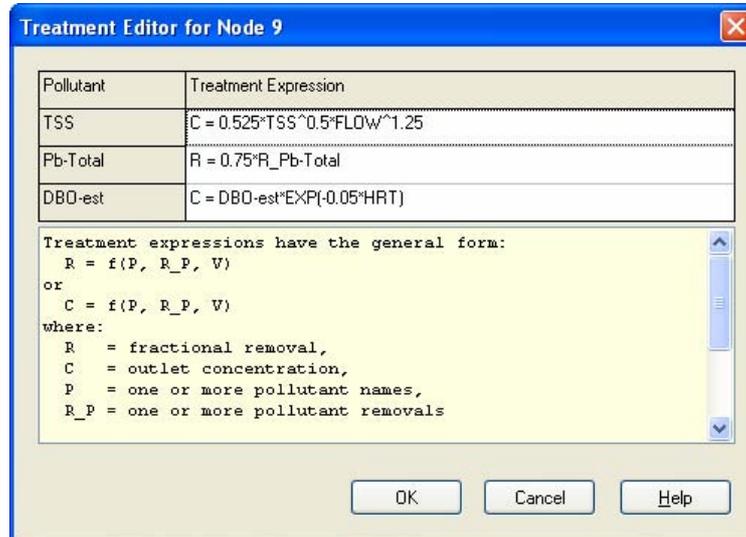
Al pulsar el botón derecho del ratón sobre la tabla aparecerá un submenú de edición. Éste contiene comandos para cortar, copiar, insertar y pegar las celdas seleccionadas en la tabla, así como opciones para insertar o borrar filas.

Pulse el botón Ver (View) para ver un gráfico de la serie temporal en una ventana independiente (véase figura inferior).



C.18 Editor de Tratamientos

El Editor de tratamientos aparece cuando se selecciona la propiedad “Tratamiento” desde el editor de propiedades de cualquier nudo. Este editor presenta un listado de todos los contaminantes definidos en el proyecto junto con un cuadro de texto al lado, tal y como se muestra en la figura siguiente.



Introduzca en el cuadro de texto una expresión válida de tratamiento para cada contaminante tratado. Consulte la sección 3.3 para obtener información sobre cómo escribir una expresión válida para el tratamiento.

C.19 Editor de Hidrogramas Unitarios

El Editor de Hidrogramas Unitarios aparece cuando se crea un nuevo grupo de hidrogramas unitarios o se selecciona un grupo ya existente para su edición. Se utiliza para especificar los parámetros de forma y el pluviómetro para un grupo de hidrogramas unitarios triangulares. Estos hidrogramas se utilizan para calcular aportes irregulares dependientes de la precipitación (RDII) en los nudos seleccionados del sistema de transporte. Un grupo de hidrogramas unitarios puede contener hasta 12 conjuntos de hidrogramas unitarios (uno para cada mes del año), y cada conjunto está formado por 3 hidrogramas individuales (para corto, medio y largo plazo, respectivamente). El editor (mostrado en la figura inferior) contiene los siguientes campos de entrada:

Nombre - Introducir el nombre asignado al grupo de hidrogramas unitarios.

Pluviómetro - Escribir (o seleccionar de la lista desplegable) el nombre del pluviómetro que proporciona los datos de lluvia para los hidrogramas del grupo.

Tabla de Parámetros R-T-K - Utilice esta tabla de parámetros para proporcionar los parámetros de forma R-T-K para cada conjunto de hidrogramas unitarios en los meses del año seleccionados. La primera fila se utiliza para especificar los parámetros de respuesta del hidrograma a corto plazo (es decir, para un valor pequeño de T), la segunda para la respuesta a medio plazo y la tercera para la respuesta a largo plazo (los mayores valores de T). No es necesario definir los tres hidrogramas. Los parámetros de forma para cada hidrograma consisten en:

R: la fracción del volumen de lluvia que entra en el sistema de alcantarillado.

T: el tiempo desde el inicio de la lluvia hasta alcanzar el máximo del hidrograma, en horas.

K: cociente entre el instante en que se produce el máximo y el tiempo de recesión del hidrograma, es decir, el tiempo desde ese máximo hasta que vuelve a hacerse 0.

Si una celda de la tabla se deja vacía, el valor correspondiente del parámetro se asumirá que es cero.

RDII Unit Hydrograph Editor

Name of UH Group: Grupo-HU-1

Rain Gage: RG1

Month:

- All Months
- January
- February
- March
- April
- May
- June
- July
- August
- September
- October
- November
- December

Hydrograph Parameters

Response Type	R	T	K
Short-Term	0.5	2	2
Medium-Term	0.3	6	2
Long-Term	0.1	12	22

R = fraction of rainfall that becomes I&l
T = time to hydrograph peak (hours)
K = ratio of base time to peak time

OK Cancel Help

Al pulsar el botón derecho del ratón sobre la tabla aparecerá un submenú de edición. Éste contiene comandos para cortar, copiar, insertar y pegar las celdas seleccionadas en la tabla.

APÉNDICE D **FORMATO DEL ARCHIVO DE DATOS DE SWMM 5**

Este apéndice no ha sido traducido. Al tratarse de la descripción del archivo de texto utilizado internamente por SWMM para almacenar la información, sólo resulta de interés para la importación y exportación de datos con otros sistemas a través de programación. En cualquier caso, se adjunta con el resto del manual.

Table of Contents

I.	Introduction	179
II.	Input File Format	180
III.	Map File Format	235
IV.	RDII/ Routing File Format	244

I. Introduction

The US EPA's National Risk Management Research Laboratory, in conjunction with CDM Inc., is currently rewriting the well-known Storm Water Management Model (SWMM) software. This new version of SWMM, labeled as SWMM5, is scheduled for release sometime in 2004. As part of this effort, the entire input file structure of SWMM has been re-designed to make it compatible with a more integrated approach to modeling urban runoff and transport in sewers and natural channels, as well as making it easier to work with. Instead of having separate input files used for each major process, such as rainfall, runoff, and transport, input to the SWMM5 engine is contained in a single file. This report documents the format for this new file structure.

Because SWMM5 contains a Windows-based graphical user interface users will normally not have to deal directly with the input file. Instead they would use the interface's input forms and graphical editors to supply the information required for their modeling project. However the SWMM5 engine can also be run as a console application, without using the Windows interface (as with older versions of SWMM). It is also capable of being used as a DLL (dynamic linked library) of function calls in other programs. For these kinds of applications the input file must be generated either by the user directly or by other software.

At this point in the development cycle the format specifications for the input file are not 100 percent complete and are subject to change at any future time.

II. Input File Format

The SWMM5 computational engine receives its input data from an ASCII text file whose contents are divided into several different sections. Each section begins with a specific keyword in brackets. Figure 1 illustrates an example SWMM5 input file. (Any text appearing after a semicolon is a comment added to enhance readability.) The keywords and the categories of input data they represent are:

[TITLE]	project title
[OPTIONS]	analysis options
[REPORT]	output reporting instructions
[FILES]	interface file options
[RAINGAGES]	rain gage information
[EVAPORATION]	evaporation data
[TEMPERATURE]	temperature data
[SUBCATCHMENTS]	subcatchment information
[SUBAREAS]	subcatchment impervious/pervious subarea data
[INFILTRATION]	subcatchment infiltration parameters
[AQUIFERS]	groundwater aquifer parameters
[GROUNDWATER]	subcatchment groundwater parameters
[SNOWMELT]	subcatchment snowmelt parameters
[JUNCTIONS]	junction node information
[OUTFALLS]	outfall node information
[DIVIDERS]	flow divider node information
[STORAGE]	storage node information
[CONDUITS]	conduit link information
[PUMPS]	pump link information
[ORIFICES]	orifice link information
[WEIRS]	weir link information
[OUTLETS]	outlet device information
[XSECTIONS]	conduit and regulator cross-section geometry
[TRANSECTS]	transect geometry for conduits with irregular cross-sections
[LOSSES]	conduit entrance/exit losses and check valves
[CONTROLS]	parameters that control pump & regulator operation

[POLLUTANTS]	pollutant information
[LANDUSES]	land use categories
[COVERAGES]	assignment of land uses to subcatchments
[BUILDUP]	buildup functions for pollutants and land uses
[WASHOFF]	washoff functions for pollutants and land uses
[TREATMENT]	pollutant removal in storage units and conduits
[INFLOWS]	external hydrograph/pollutograph inflow at nodes
[DWF]	baseline dry weather sanitary inflow at nodes
[PATTERNS]	periodic variation in dry weather inflow
[RDII]	RDII inflow information at nodes
[HYDROGRAPHS]	unit hydrograph data used to construct RDII inflows
[LOADINGS]	initial pollutant loads on subcatchments
[CURVES]	x-y tabular data referenced in other sections
[TIMESERIES]	time series data referenced in other sections

The sections can appear in any arbitrary order in the input file, and not all sections must be present. Each section can contain one or more lines of data. Blank lines may appear anywhere in the file and the semicolon (;) can be used to indicate that what follows on the line is a comment, not data. Data items can appear in any column of a line. Observe how in Figure 1 these features were used to create a tabular appearance for the data, complete with column headings.

Section keywords can appear in mixed lower and upper case, and only the first four characters (plus the open bracket) are used to distinguish one keyword from another (e.g., [DIVIDERS] and [Divi are equivalent). An option is available in the [OPTIONS] section to choose flow units from among cubic feet per second (CFS), gallons per minute (GPM), million gallons per day (MGD), cubic meters per second (CMS), liters per second, (LPS), or million liters per day (MLD). If cubic feet or gallons are chosen for flow units, then US units are used for all other quantities. If cubic meters or liters are chosen, then metric units apply to all other quantities. The default flow units are CFS. The units for all data in each system are as follows:

	US Units	Metric Units
Subcatchment Data:		
Length:	feet	meters
Area:	acres	hectares
Rainfall:	inches per hour	millimeters per hour
Evaporation:	inches per day	millimeters per day
Storage Depth:	inches	millimeters
Drainage System Data:		
Length & Depth:	feet	meters
Flow Area:	square feet	square meters
Volume:	cubic feet	cubic meters
Flow:	cubic feet per second	cubic meters per second
	gallons per minute	liters per second
	million gallons per day	million liters per day

A detailed description of the data in each section of the input file will now be given. Each section begins on a new page. Mandatory keywords are shown in boldface while optional items appear in parentheses.

```

[TITLE]
Example SWMM Project

[OPTIONS]
FLOW_UNITS          CFS
INFILTRATION        GREEN_AMPT
FLOW_ROUTING         KW
START_DATE           8-6-2002
START_TIME           10:00
END_TIME             18:00
WET_STEP             00:15:00
DRY_STEP             01:00:00
ROUTING_STEP         00:05:00

[RAINGAGES]
;Name      SrcType      SrcName  Format      Interval
;=====
GAGE1      TIMESERIES    SERIES1  INTENSITY   0:15

[EVAPORATION]
CONSTANT  0.02

[SUBCATCHMENTS]
;Name  Raingage  Outlet  Area  %Imperv  Width  Slope
;=====
AREA1  GAGE1      NODE1   2     80.0    800.0  1.0
AREA2  GAGE1      NODE2   2     75.0    50.0   1.0

[SUBAREAS]
;Subcatch  N_Imp  N_Perv  S_Imp  S_Perv  %ZER  RouteTo
;=====
AREA1      0.02   0.2    0.02   0.1    20.0  OUTLET
AREA2      0.02   0.2    0.02   0.1    20.0  OUTLET

[INFILTRATION]
;Subcatch  Suction  Conduct  InitDef
;=====
AREA1      4.0     1.0     0.34
AREA2      4.0     1.0     0.34

[JUNCTIONS]
;Name      Elev
;=====
NODE1      10.0
NODE2      10.0
NODE3      5.0
NODE4      5.0
NODE6      1.0
NODE7      2.0

[DIVIDERS]
;Name      Elev  Link  Type  Parameters
;=====
NODE5      3.0  C6    CUTOFF 1.0

```

Figure 1 Example SWMM5 Data File (continued on next page)

```

[CONDUITS]
;Name      Node1      Node2      Length      N      Z1      Z2      Q0
;=====
C1         NODE1      NODE3      800         0.01      0      0      0
C2         NODE2      NODE4      800         0.01      0      0      0
C3         NODE3      NODE5      400         0.01      0      0      0
C4         NODE4      NODE5      400         0.01      0      0      0
C5         NODE5      NODE6      600         0.01      0      0      0
C6         NODE5      NODE7      400         0.01      0      0      0

[XSECTIONS]
;Link      Type          G1      G2      G3      G4
;=====
C1         RECT_OPEN      0.5      1      0      0
C2         RECT_OPEN      0.5      1      0      0
C3         CIRCULAR      1.0      0      0      0
C4         RECT_OPEN      1.0      1.0    0      0
C5         PARABOLIC     1.5      2.0    0      0
C6         PARABOLIC     1.5      2.0    0      0

[POLLUTANTS]
;Name      Units      Cppt      Cgw      Kd      CoPollut      CoFract
;=====
TSS        mg         0         0         0
Lead       ug         0         0         0      TSS           0.20

[LANDUSES]
RESIDENTIAL
UNDEVELOPED

[WASHOFF]
;Landuse   Pollutant   Type      Coeff      Expon      SweepEff      BMPEff
;=====
RESIDENTIAL TSS         EMC       23.4       0           0           0
UNDEVELOPED TSS         EMC       12.1       0           0           0

[COVERAGES]
;Subcatch  Landuse     Pcnt      Landuse     Pcnt
;=====
AREA1      RESIDENTIAL 80        UNDEVELOPED 20
AREA2      RESIDENTIAL 55        UNDEVELOPED 45

[TIMESERIES]
;Rainfall time series
SERIES1    0:0        0.1       0:15       1.0        0:30       0.5
SERIES1    0:45       0.1       1:00       0.0        2:00       0.0

[REPORT]
INPUT      YES
SUBCATCHMENTS ALL
NODES     ALL
LINKS     C4      C5      C6

```

Figure 1. Example SWMM5 Data File (continued from previous page)

Section: [TITLE]

Purpose:

Attaches a descriptive title to the to the problem being analyzed.

Format:

Any number of lines may be entered. The first line will be used as a page header in the output report.

Section: [OPTIONS]

Purpose:

Provides values for various system properties and analysis options.

Format:

FLOW_UNITS	CFS / GPM / MGD / CMS / LPS / MLD
INFILTRATION	HORTON / GREEN_AMPT / CURVE_NUMBER
FLOW_ROUTING	UF / KW / EKW / DW
ALLOW_PONDING	YES / NO
START_DATE	month-day-year
START_TIME	hours:minutes
END_DATE	month-day-year
END_TIME	hours:minutes
REPORT_START_DATE	month-day-year
REPORT_START_TIME	hours:minutes
START_DRY_DAYS	days
WET_STEP	hours:minutes:seconds
DRY_STEP	hours:minutes:seconds
ROUTING_STEP	hours:minutes:seconds
REPORT_STEP	hours:minutes:seconds
DYNWAVE_METHOD	EULER / PICARD
SLOPE_WEIGHTING	YES / NO
NORMAL_FLOW_LIMITED	YES / NO
USE_LENGTHENING	YES / NO
INERTIAL_DAMPING	value
COURANT_FACTOR	value

Remarks:

These items can appear in any order. Items not specified revert to their default values (see below).

FLOW_UNITS determines the units in which flow rates are expressed. The choices are:

CFS (cubic feet per second)	CMS (cubic meters per second)
GPM (gallons per minute)	LPS (liters per second)
MGD (million gallons per day)	MLD (million liters per day)

If **CFS**, **GPM**, or **MGD** are specified then US units are used for all other quantities. If **CMS**, **LPS**, or **MLD** are used then metric units apply. The default flow units are **CFS**.

INFILTRATION selects the type of infiltration model to use. **HORTON** uses Horton's empirical curve method, **GREEN-AMPT** uses an analytical solution to a simplified form of the 1-D unsaturated soil flow model, and **CURVE_NUMBER** uses the NRSC's empirical curve number

method. Consult the *SWMM5 Users Manual* for more description of these different infiltration methods. The default is **HORTON**.

FLOW_ROUTING selects the type of method used to route flow through the network of conduits. Use **UF** for uniform flow, **KW** for kinematic wave routing, **EKW** for extended kinematic wave routing, or **DW** for dynamic wave routing. Consult the *SWMM 5.0 Users Manual* for more description of these various forms of flow routing. The default is **KW**.

ALLOW_PONDING indicates whether flooding that occurs from junction nodes should be allowed to pond and re-enter the drainage network. For this to happen, a non-zero value for a node's *PondedArea* parameter has to be supplied. The default for this option is **NO**, meaning that all flooding will be lost from the system. (Note: overflows from storage units are always lost from the system, as is any outflow from outfalls or terminal nodes).

START_DATE provides the starting date for the simulation. A date, such as June 15, 2001, can be entered as either 6-15-2001 or JUN-15-2001. The default is 1-1-2002.

START_TIME provides the starting time of day for the simulation. The default is 0:00.

START_DRY_DAYS is the number of antecedent dry days prior to the start of the simulation. The default is 0.

END_DATE provides the ending date of the simulation. The default is the same as the **START_DATE**.

END_TIME is the time of day on the end date when the simulation ends. The default is 24:00.

REPORT_START_DATE is the date on which reporting is to start. The default is the same as the **START_DATE**.

REPORT_START_TIME is the time of day when reporting is to start. The default is the same as the **START_TIME**.

WET_STEP is the time step used to compute runoff when there is rainfall over the catchment's area. This value should be less than the interval at which rainfall is recorded. The default is 1 hour.

DRY_STEP is the time step used to compute runoff when there is no rainfall over the catchment's area. It must be greater than the wet time step. The default is 24 hours.

ROUTING_STEP is the time step used to route runoff and other flows through the conduit network. **DW** routing places some severe restrictions on the size of this time step to ensure that the computed results are numerically stable. The default is 5 minutes for Uniform or Kinematic Wave routing and 30 seconds for Dynamic Wave routing.

REPORT_STEP is the time step at which results are reported. The default is the routing time step.

REPORT_START denotes the amount of time from the start of the simulation before reporting begins. It can be entered as either decimal days or in hours:minutes formats. The default is 0 hours.

DYNWAVE_METHOD specifies which integration method should be used with dynamic wave flow routing. The choices are **EULER** for the modified Euler method used in previous versions of SWMM and **PICARD** for the Picard iteration method.

SLOPE_WEIGHTING indicates whether special weighting should be applied to upstream conditions in steeply sloped conduits under dynamic wave flow routing. The default is **YES**.

NORMAL_FLOW_LIMITED signals whether flow rates should not be allowed to exceed the normal flow value under super-critical flow conditions. The default is **NO**.

USE_LENGTHENING determines whether conduits whose length does not meet the Courant stability condition at full flow will be lengthened. If a conduit is lengthened by a factor X to meet the criterion its roughness value is reduced by a factor $1/\sqrt{X}$ to maintain equivalency of friction slope. This feature is active only under Dynamic Wave flow routing.

INERTIAL_DAMPING is a factor that determines how much the inertial terms in the St. Venant equation are damped out under super-critical flow conditions. A value of 0 indicates that this feature is not active. The default is 1.0.

COURANT_FACTOR is a safety factor between 0 and 1 indicating how much the maximum allowable time step needed to maintain stability at nodes should be reduced. This parameter is only used for dynamic wave routing where a variable time step is computed. If its value is 0 then a fixed time step will be used. The default is 0.75.

Section: [REPORT]

Purpose:

Describes the contents of the output report.

Formats:

INPUT	YES / NO
CONTINUITY	YES / NO
FLOWSTATS	YES / NO
CONTROLS	YES / NO
SUBCATCHMENTS	ALL / NONE / list of subcatchment names
NODES	ALL / NONE / list of node names
LINKS	ALL / NONE / list of link names

Remarks:

INPUT specifies whether or not a summary of the input data should be provided in the output report. The default is **NO**.

CONTINUITY specifies whether continuity checks should be reported or not. The default is **YES**.

FLOWSTATS specifies whether summary flow statistics should be reported or not. The default is **YES**.

CONTROLS specifies whether all control actions taken during a simulation should be listed or not. The default is **NO**.

SUBCATCHMENTS gives a list of subcatchments whose results are to be reported. The default is **NONE**.

NODES gives a list of nodes whose results are to be reported. The default is **NONE**.

LINKS gives a list of links whose results are to be reported. The default is **NONE**.

< TO BE COMPLETED AT A LATER DATE >

Section: [FILES]

Purpose:

Identifies optional binary interface files used or saved by a run.

Formats:

USE / SAVE	RAINFALL	filename
USE / SAVE	RUNOFF	filename
USE / SAVE	HOTSTART	filename
USE / SAVE	RDII	filename
USE / SAVE	ROUTING	filename

Remarks:

All entries in this section are optional. The “filename” parameter refers to the name of an external file. If the name does not include path information, then the path is assumed to be the same as that of the SWMM5 input file. If the name includes spaces then it must be contained in double quotes.

RAINFALL is used to specify whether the file that SWMM creates to collate rainfall data from separate rain gages should be used as input to a run or saved after a run. This file is generated internally by SWMM. Only one **RAINFALL** file may be used with a run.

RUNOFF is used to specify whether previously saved results of the runoff analysis for a drainage area should be used in the current run, or if the runoff results from the current run should be saved. This file is generated internally by SWMM. Only one **RUNOFF** file may be used with a run.

HOTSTART is used to specify whether the results obtained at the end of a routing analysis should be saved or used as the input to start off a new routing analysis. This file contains water depths at all nodes and links, flows in all links, and water quality values at all nodes and links for a specific point in time. It is generated internally by SWMM. Only one **HOTSTART** file may be used with a run.

RDII is used to specify whether the file that SWMM uses for RDII (rainfall dependent inflow / infiltration) should be used as input to a run or saved after a run. This text file can be generated internally by SWMM or be created externally by the user (see the **RDII/Routing File Format** topic for details). When the USE RDII option is invoked, all RDII inflows will be taken from the specified file and not be computed based on information in the [RDII] and [HYDROGRAPHS] sections of the input file.

ROUTING is used to specify if the time series of outflows from the project’s outfall nodes should be saved to a file or if outflows saved from a run of an “upstream” drainage area should be used

as inflows to nodes in the current project. The format of the Routing interface file is described in the section entitled **RDII/Routing File Format**.

Examples:

```
[FILES]
```

```
SAVE RAINFALL myrain.dat ; save rainfall file
```

```
USE HOTSTART "project1 hotstart.dat" ; use previously generated hotstart file
```

Section: [RAINGAGES]

Purpose:

Identifies each rain gage that provides rainfall data for the study area.

Formats:

GageName **FILE** *FileName* *StaNo* (*Start* *End*)

GageName **TIMESERIES** *SeriesName* *Form* *Interval*

Parameters:

GageName name assigned to rain gage

FileName name of external file

StaNo precipitation station number

Start date to begin reading from the file in Month-Day-Year format

End date to end reading from the file in Month-Day-Year format

SeriesName name of time series

Form **INTENSITY, VOLUME or CUMULATIVE**

Interval time interval between gage readings (in decimal hours or hours:minutes format)

Remarks:

One line should appear for each rain gage.

The data source for the rain gage can either be a time series (whose data will appear in the [TIMESERIES] section) or an external data file. Supported file formats include the NWS 3240 and 3260 formats and the Canadian CMC formats.

For user-supplied time series data, the rainfall amounts represent either the intensity or volume that falls within the stated interval. The **CUMULATIVE** option is used to indicate that successive values are cumulative amounts.

If no **Start/End** dates are supplied for a rainfall data file then the entire period of record will be used.

Examples:

[RAINGAGES]

GAGE1 TIMESERIES SERIES1 VOLUME 0:15

GAGE2 FILE "C:\RAIN\STA702282.DAT" 702282 1-1-1982 12-31-2002

Section: [EVAPORATION]

Purpose:

Specifies how daily evaporation rates vary with time for the study area.

Formats:

CONSTANT	<i>value</i>
MONTHLY	<i>value1 value2 ... value12</i>
TIMESERIES	<i>SeriesName</i>
FILE	<i>FileName StaNo Start End</i>
PAN	<i>value1 value2 ... value12</i>

Remarks:

CONSTANT indicates that a single constant evaporation rate will be used for the entire simulation.

MONTHLY provides 12 monthly values, starting with January.

TIMESERIES specifies that evaporation data will come from a time series located in the [TIMESERIES] section of the input file.

FILE is used to read pan evaporation data from an NWS (National Weather Service) climatological data file. The parameters for this option are:

<i>FileName</i>	name of file
<i>StaNo</i>	8-digit NWS station number
<i>Start</i>	date to begin reading from the file in Month-Day-Year format
<i>End</i>	date to end reading from the file in Month-Day-Year format

PAN must be used whenever a NWS file is used. It supplies monthly values of pan coefficients that are used to convert the NWS pan evaporation data to free-water-surface evaporation values.

Normally only one of the above options for evaporation data will appear in the [EVAPORATION] section.

User-supplied evaporation values are in units of inches/day (mm/day).

Section: [TEMPERATURE]
--

Purpose:

Specifies how daily average temperature varies with time for the study area. Required only when snowmelt is being modeled.

Formats:

MONTHLY *value1 value2 ... value12*
TIMESERIES *SeriesName*
FILE *FileName StaNo MaxMin Start End*

Remarks:

MONTHLY supplies 12 monthly values, starting with January.

TIMESERIES specifies that temperature data will come from a time series located in the [TIMESERIES] section of the input file.

FILE is used to read temperatures from an NWS (National Weather Service) climatological data file. The parameters for this option are:

FileName name of file
StaNo 8-digit NWS station number
MaxMin **MAX** for daily maximum values or **MIN** for minimum values
Start date to begin reading from the file in Month-Day-Year format
End date to end reading from the file in Month-Day-Year format

Normally only one of the above options will appear in the [TEMPERATURE] section.

Section: [SUBCATCHMENTS]

Purpose:

Identifies each subcatchment within the study area. Subcatchments are land area units which generate runoff from rainfall.

Format:

Name Raingage Outlet Area %Imperv Width Slope Clength

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to subcatchment
<i>Raingage</i>	name of rain gage assigned to subcatchment
<i>Outlet</i>	name of node or subcatchment that receives runoff from subcatchment
<i>Area</i>	area of subcatchment (acres or hectares)
<i>%Imperv</i>	percent imperviousness of subcatchment
<i>Width</i>	characteristic width of subcatchment (ft or meters)
<i>Slope</i>	subcatchment slope (percent)
<i>Clength</i>	total curb length (any length units)

Remarks:

Use one line to describe each subcatchment.

A subcatchment cannot have the same name as another subcatchment or drainage system node.

Each subcatchment defined in this section should have a corresponding entry in the [SUBAREAS] and [INFILTRATION] sections to describe its sub-area characteristics and its infiltration parameters, respectively.

The *Outlet* parameter indicates where the runoff from the subcatchment is sent. It can either be to a node of the drainage network or to another subcatchment.

Curb length is only needed when pollutant buildup is normalized to this parameter. Otherwise it can be entered as 0. It can be expressed in any set of length units (feet, kilometers, etc.) as long as these same units are used in each subcatchment.

Examples:

```
[ SUBCATCHMENTS ]
SC1  RG1  Node22  10  65  50  0.4  0 ; runoff to node Node22
SC2  RG1  SC3     5   95  24  0.2  0 ; runoff to subcatch SC3
SC3  RG1  Node22  12  56  55  1.5  0
```

Section: [SUBAREAS]

Purpose:

Supplies information about pervious and impervious areas for each subcatchment. Each subcatchment can consist of a pervious sub-area, an impervious sub-area with depression storage, and an impervious sub-area without depression storage.

Format:

```
Subcatch Imperv_N Perv_N Imperv_S Perv_S PctZero RouteTo
```

Parameters:

<i>Subcatch</i>	subcatchment name
<i>Imperv_N</i>	Manning's N for overland flow over the impervious sub-area
<i>Perv_N</i>	Manning's N for overland flow over the pervious sub-area
<i>Imperv_S</i>	Depression storage for impervious sub-area (inches or mm)
<i>Perv_S</i>	Depression storage for pervious sub-area (inches or mm)
<i>PctZero</i>	Percent of impervious area with no depression storage
<i>RouteTo</i>	Use IMPERV if pervious area runoff runs onto impervious area, P ERV if impervious runoff runs onto impervious area, or OUTLET if both areas drain to the subcatchment's outlet.

Remarks:

Use one line for each subcatchment specified in the [SUBCATCHMENTS] section.

All parameters must be supplied, even if the subcatchment is 100% pervious or impervious.

Examples:

```
[ SUBAREAS ]
SC1 0.02 0.1 0 0.02 50 OUTLET
SC2 0.03 0.1 0.02 0.03 85 OUTLET
SC3 0.02 0.1 0.01 0.02 32 IMPERV
```

Section: [INFILTRATION]

Purpose:

Supplies infiltration parameters for each subcatchment. Rainfall lost to infiltration only occurs over the pervious sub-area of a subcatchment.

Formats:

Subcatch MaxRate MinRate DecayRate Regen MaxInfil
Subcatch Suction Conduct InitDef
Subcatch CurveNo Conduct Regen

Parameters:

Subcatch subcatchment name

For Horton Infiltration:

MaxRate Maximum infiltration rate on Horton curve (in/hr or mm/hr)
MinRate Minimum infiltration rate on Horton curve (in/hr or mm/hr)
DecayRate Decay rate of Horton curve (1/sec)
Regen Dry weather regeneration factor for Horton curve (fraction)
MaxInfil Maximum infiltration volume possible (0 if not applicable) (in or mm)

For Green-Ampt Infiltration:

Suction Soil capillary suction (in or mm)
Conduct Soil saturated hydraulic conductivity (in/hr or mm/hr)
InitDef Initial soil moisture deficit (fraction)

For Curve-Number Infiltration:

CurveNo Runoff Curve Number
Conduct Soil saturated hydraulic conductivity (in/hr or mm/hr)
Regen Dry weather regeneration constant (1/hr)

Remarks:

Use one line for each subcatchment.

The first format is used for the Horton infiltration model; the second is for the Green-Ampt model; and the third is for the SCS Curve Number method. The choice of model is made in the [OPTIONS] section (Horton is the default).

Section: [AQUIFERS]

Purpose:

Supplies parameters for each unconfined groundwater aquifer in the study area. Aquifers consist of two zones – a lower saturated zone and an upper unsaturated zone.

Formats:

Name Por WP FC K Kslope Ψ slope UEF LED GWR BE WTE UMC

Parameters:

<i>Name</i>	aquifer name
<i>Por</i>	soil porosity (fraction)
<i>WP</i>	soil wilting point (fraction)
<i>FC</i>	soil field capacity (fraction)
<i>K</i>	saturated hydraulic conductivity (in/hr or mm/hr)
<i>Kslope</i>	slope of hydraulic conductivity versus moisture content curve
<i>Ψslope</i>	slope of soil tension versus moisture content curve
<i>UEF</i>	fraction of total evaporation available for evapotranspiration in the upper unsaturated zone
<i>LED</i>	maximum depth into the lower saturated zone over which evapotranspiration can occur (ft or m)
<i>GWR</i>	rate of percolation from saturated zone to deep groundwater when water table is at ground surface (in/hr or mm/hr)
<i>BE</i>	elevation of the bottom of the aquifer (ft or m)
<i>WTE</i>	water table elevation at start of simulation (ft or m)
<i>UMC</i>	unsaturated zone moisture content at start of simulation (fraction)

Remarks:

Use one line for each groundwater aquifer specified in the [AQUIFERS] section.

A single aquifer can underlie multiple subcatchment areas.

Parameters that describe the groundwater flow between the aquifer underneath a subcatchment and a node of the conveyance network are supplied in the [GROUNDWATER] section.

Section: [GROUNDWATER]

Purpose:

Supplies parameters that determine the rate of groundwater flow between the aquifer underneath a subcatchment and a node of the conveyance system.

Formats:

Subcatch Aquifer Node SurfElev A1 B1 A2 B2 A3 TW

Parameters:

<i>Subcatch</i>	subcatchment name
<i>Aquifer</i>	name of groundwater aquifer underneath the subcatchment
<i>Node</i>	name of node in conveyance system exchanging groundwater with aquifer
<i>SurfElev</i>	surface elevation of subcatchment (ft or m)
<i>A1</i>	groundwater flow coefficient (see below)
<i>B1</i>	groundwater flow exponent (see below)
<i>A2</i>	surface water flow coefficient (see below)
<i>B2</i>	surface water flow exponent (see below)
<i>A3</i>	surface water – groundwater interaction coefficient (see below)
<i>TW</i>	fixed depth of surface water at receiving node (ft or m) (set to zero if surface water depth will vary as computed by flow routing)

Remarks:

Use one line for each subcatchment that exchanges groundwater with the conveyance system.

The flow coefficients are used in the following equation that determines a groundwater flow rate based on groundwater and surface water elevations:

$$Q_{gw} = A1(H_{gw} - E)^{B1} - A2(H_{sw} - E)^{B2} + A3H_{gw}H_{sw}$$

- where
- Q_{gw} = groundwater flow (cfs per acre or cms per hectare)
 - H_{gw} = computed elevation of groundwater table (ft or m)
 - H_{sw} = computed elevation of surface water at receiving node (ft or m) if TW is 0 or $TW + E$ otherwise
 - E = fixed elevation of node invert as specified in input (ft or m)

If groundwater flow is simply proportional to the difference between the groundwater table elevation and the surface water elevation, then set A1 equal to the proportionality constant, A2 to A1, B1 and B2 to 1.0, and A3 to 0.

Section: [SNOWMELT]

< TO BE ADDED LATER >

Section: [JUNCTIONS]

Purpose:

Identifies each junction node of the drainage system. Junctions are points in space where channels and pipes connect together. For sewer systems they can be either connection fittings or manholes.

Format:

```
Name InvertEl ( MaxDepth InitDepth SurDepth ( PondedArea ) )
```

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to junction node
<i>InvertEl</i>	elevation of junction invert (ft or m)
<i>MaxDepth</i>	depth from ground to invert elevation (ft or m)
<i>InitDepth</i>	water depth at start of simulation (ft or m)
<i>SurDepth</i>	maximum additional head above ground elevation that manhole junction can sustain under surcharge conditions (ft or m)
<i>PondedArea</i>	area subjected to surface ponding once water depth exceeds <i>SurDepth</i> (ft ² or m ²)

Remarks:

Use one line for each junction node.

A junction's name cannot be the same as that of another node or subcatchment.

A value must be supplied for *InvertEl*. The remaining parameters are optional with a default value of zero. If not supplied, the actual maximum depth at the junction will be computed internally from the connecting channel or pipe with the highest crown elevation.

Use the *SurDepth* parameter to allow a manhole junction to partly pressurize during surcharge events, as might happen with bolted manholes. Use a value of 0 if flooding occurs once the water depth exceeds the *Maxdepth* value.

Enter a non-zero value for *PondedArea* if overflows can be stored and be re-introduced into the drainage system when the **ALLOW_PONDING** option in the [OPTIONS] section is set to **YES**. The default value is 0.

Section: [OUTFALLS]

Purpose:

Identifies each outfall node (i.e., final downstream boundary) of the drainage system and the corresponding water stage elevation. Only one link can be incident on an outfall node.

Formats:

<i>Name</i>	<i>InvertEl</i>	FREE	<i>FlapGate</i>	
<i>Name</i>	<i>InvertEl</i>	NORMAL	<i>FlapGate</i>	
<i>Name</i>	<i>InvertEl</i>	FIXED	<i>FixedStage</i>	<i>FlapGate</i>
<i>Name</i>	<i>InvertEl</i>	TIDAL	<i>TidalCurve</i>	<i>FlapGate</i>
<i>Name</i>	<i>InvertEl</i>	TIMESERIES	<i>StageSeries</i>	<i>FlapGate</i>

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to outfall node
<i>InvertEl</i>	invert elevation (ft or m)
<i>FixedStage</i>	elevation of fixed stage outfall (ft or m)
<i>TidalCurve</i>	name of curve in [CURVES] section containing tidal height (i.e., outfall stage) v. hour of day over a complete tidal cycle
<i>StageSeries</i>	name of time series in [TIMESERIES] section that describes how outfall stage varies with time
<i>FlapGate</i>	YES or NO depending on whether a flap gate is present or not.

Remarks:

Use one line, describing the applicable outfall type, for each outfall node.

An outfall's name cannot be the same as that of another node or subcatchment.

Use of outfall nodes is optional for uniform flow (UF) or kinematic wave (KW) routing. At least one outfall must be present in a drainage system analyzed with dynamic wave routing.

A **FREE** outfall bases the outfall stage on the smaller of the critical and normal depths of flow in the connecting conduit. A **NORMAL** outfall uses just the normal depth of flow. A **FIXED** outfall uses a constant water elevation at all times. A **TIDAL** outfall has outfall stage varying in a repeating fashion over a tidal period. The **TIMESERIES** outfall allows the outfall stage varying in any specified manner over time.

The *FlapGate* parameter determines whether backflow through the outfall is allowed or not.

Section: [DIVIDERS]

Purpose:

Identifies each flow divider node of the drainage system. Flow dividers are junctions with exactly two outflow conduits where the total outflow is divided between the two in a prescribed manner.

Formats:

Name InvertEl DivertedLink CUTOFF FlowValue

Name InvertEl DivertedLink TABULAR FlowCurve

Name InvertEl DivertedLink WEIR MinFlow MaxFlow MaxHead Cd

Parameters:

Name name assigned to divider node

InvertEl invert elevation (ft or m)

DivertedLink name of link to which flow is diverted

FlowValue flow for **CUTOFF** divider at which diversion begins (flow units)

FlowCurve name of curve for **TABULAR** divider that relates diverted flow to total flow

MinFlow minimum flow for **WEIR** divider (flow units)

MaxFlow maximum flow for **WEIR** divider (flow units)

MaxHead maximum head difference over **WEIR** divider (ft or m)

Cd discharge coefficient for **WEIR** divider

Remarks:

Use one line, with one choice of divider type (**CUTOFF**, **TABULAR**, or **WEIR**), for each divider node.

For a **CUTOFF** divider, all flow above the cutoff level is diverted. For a **TABULAR** divider, a curve is supplied that specifies the amount of diverted flow to total flow. For a **WEIR** divider the diverted flow is linearly proportional to the total flow in excess of some minimum flow.

A divider's name cannot be the same as that of another node or subcatchment.

Section: [STORAGE]

Purpose:

Identifies each storage node of the drainage system. Storage nodes can have any shape as specified by a surface area versus water depth relation.

Format:

<i>Name</i>	<i>InvertEl</i>	<i>MaxDepth</i>	<i>InitDepth</i>	TABULAR	<i>Acurve</i>		
<i>Name</i>	<i>InvertEl</i>	<i>MaxDepth</i>	<i>InitDepth</i>	FUNCTIONAL	<i>Acoeff</i>	<i>Aexp</i>	

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to storage node
<i>InvertEl</i>	invert elevation (ft or m)
<i>MaxDepth</i>	maximum water depth possible (ft or m)
<i>InitDepth</i>	water depth at start of simulation (ft or m)
<i>Acurve</i>	name of curve with surface area (ft ² or m ²) as a function of depth (ft or m) for TABULAR geometry
<i>Acoeff</i> , <i>Aexp</i>	coefficient and exponent, respectively, of power function that relates surface area A (ft ² or m ²) to depth D (ft or m) for FUNCTIONAL geometry (i.e., $A = Acoeff(D)^{Aexp}$)

Remarks:

Use one line for each storage node.

A storage node's name cannot be the same as that of another node or subcatchment.

A storage node whose cross-sectional area remains constant with depth (e.g. a cylinder or cube) can be described by using a **FUNCTIONAL** geometry type whose coefficient equals the cross-sectional area and whose exponent is 0.

Pumps or regulators (e.g., orifice) links can be used to model outlets, where the parameters of such links will determine the outflow as a function of storage depth.

Examples:

```
[ STORAGE ]
;Example of a storage node of variable geometry
S1 125 10 5 TABULAR AREATBL1

;Example of a cylindrical storage node
S2 247 6 5 FUNCTIONAL 125 0
```

Section: [CONDUITS]

Purpose:

Identifies each conduit link of the drainage system. Conduits are pipes or channels that convey water from one node to another.

Format:

Name Node1 Node2 Length Nvalue Zup Zdown InitFlow

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to conduit link
<i>Node1</i>	name of upstream node
<i>Node2</i>	name of downstream node
<i>Length</i>	conduit length (ft or m)
<i>Nvalue</i>	value of N (i.e., roughness parameter) in Manning's equation
<i>Zup</i>	offset height of upstream end of conduit invert above the invert elevation of its upstream node (ft or m)
<i>Zdown</i>	offset height of downstream end of conduit invert above the invert elevation of its downstream node (ft or m)
<i>InitFlow</i>	flow in conduit at start of simulation (flow units)

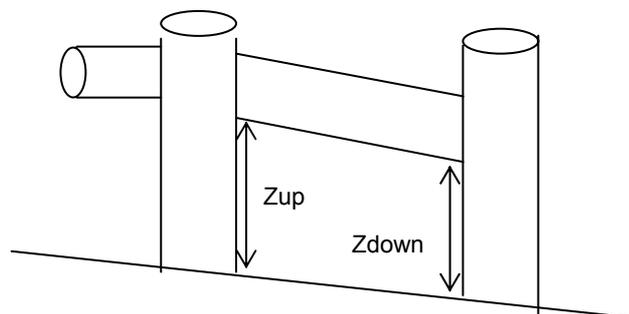
Remarks:

Use one line for each conduit link.

A conduit's name cannot be the same as that of another link.

A conduit's cross-sectional geometry data is entered in the [XSECTION] section.

The figure below illustrates the meaning of the Zup and Zdown parameters.



Section: [PUMPS]

Purpose:

Identifies each pump link of the drainage system.

Format:

Name Node1 Node2 PumpType CurveName (InitStatus)

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to pump link
<i>Node1</i>	name of upstream node
<i>Node2</i>	name of downstream node
<i>PumpType</i>	TYPE1, TYPE2, TYPE3, or TYPE4 (see below)
<i>CurveName</i>	name of pump curve listed in the [TABLES] section of the input
<i>InitStatus</i>	either ON or OFF

Remarks:

Use one line for each pump link.

A pump's name cannot be the same as that of another link.

The various pump types and their pump curves are defined as follows:

TYPE1 – an off-line pump with wet well. The pump's upstream node must be a storage unit. The pump curve consists of any number of wet well volume – pump flow points. The pumping rate remains constant between each curve segment.

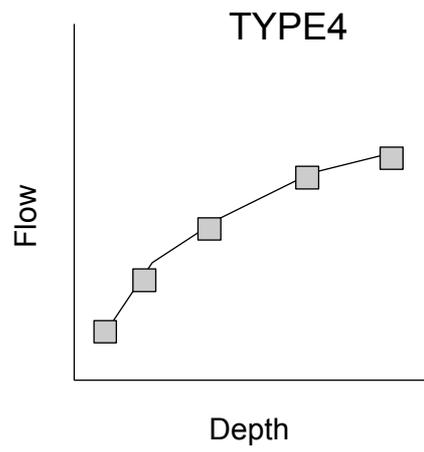
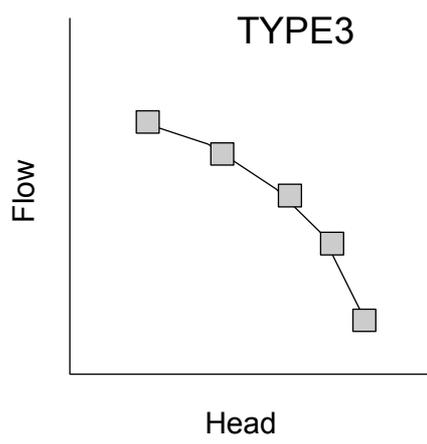
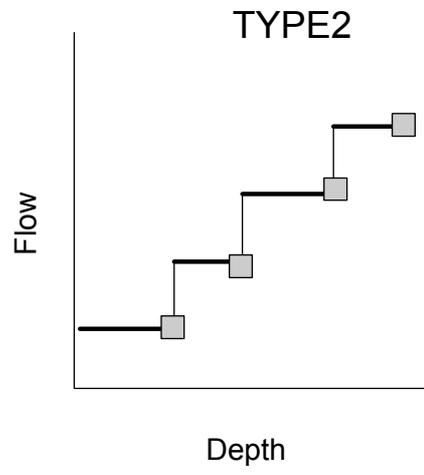
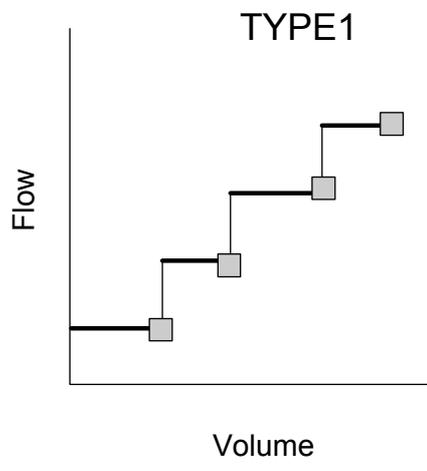
TYPE2 – an in-line lift pump. The pump curve consists of any number of node depth – pump flow points. The pumping rate remains constant between each curve segment.

TYPE3 – an in-line, declining head-discharge pump. The pump discharge is a decreasing function of the head difference between discharge and inlet nodes. The pump curve consists of any number of head – flow points. The pumping rate is linearly interpolated between points.

TYPE4 – a variable speed in-line pump. The pump curve is similar to that of a **TYPE2** pump, consisting of any number of depth – flow points, except that linear interpolation is used to determine flow over each curve segment.

The operation of pumps can be controlled through rules entered in the [CONTROLS] section of the input file.

The default value for *InitStatus* is **ON**.



Section: [ORIFICES]

Purpose:

Identifies each orifice link of the drainage system. An orifice link serves to limit the flow exiting a node and is often used to model flow diversions.

Format:

Name Node1 Node2 Type Height Cd (FlapGate)

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to orifice link
<i>Node1</i>	name of upstream node
<i>Node2</i>	name of downstream node
<i>Type</i>	SIDE OR BOTTOM
<i>Height</i>	height of a side orifice's bottom from invert of upstream node (ft or m)
<i>Cd</i>	discharge coefficient (unitless)
<i>FlapGate</i>	YES if flap gate present, NO if not

Remarks:

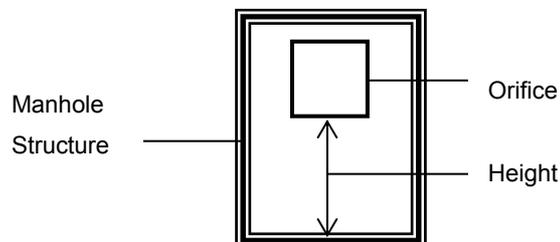
Use one line for each orifice.

An orifice's name cannot be the same as that of another link.

Orifices can have flap gates that prevent reverse flow through them. The default value for *FlapGate* is **NO**.

The *Height* parameter for **Bottom** orifices will always be overridden to 0.

The geometry of an orifice's opening must be described in the [XSECTION] section. The only allowable shapes are CIRCULAR and RECT_CLOSED (closed rectangular).



Section: [WEIRS]

Purpose:

Identifies each weir link of the drainage system. Weirs are used to model flow diversions.

Format:

Name Node1 Node2 Type Height Cd (FlapGate EC Cd2)

Parameters:

Name name assigned to weir
Node1 name of upstream node
Node2 name of downstream node
Type **TRANSVERSE, SIDEFLOW, V-NOTCH, or TRAPEZOIDAL**
Height height of weir crest above invert of upstream node (ft or m)
Cd weir discharge coefficient (for CFS if using US flow units or CMS if using metric flow units)
FlapGate **YES** if flap gate is present, **NO** if not
EC number of end contractions for **TRANSVERSE** or **TRAPEZOIDAL** weir
Cd2 discharge coefficient for triangular ends of a **TRAPEZOIDAL** weir (for CFS if using US flow units or CMS if using metric flow units)

Remarks:

Use one line for each weir.

A weir's name cannot be the same as that of another link.

The geometry of a weir's opening is described in the [XSECTION] section. The following shapes must be used with each type of weir:

Weir Type	Cross-Section Shape
Transverse	RECT_OPEN
Sideflow	RECT_OPEN
V-Notch	TRIANGULAR
Trapezoidal	TRAPEZOIDAL

Default values for *FlapGate*, *EC*, and *Cd2* are **NO**, 0, and 0, respectively.

Section: [OUTLETS]

Purpose:

Identifies each outlet flow control device of the drainage system. These devices are used to model outflows from storage units or flow diversions with a user-defined relation between flow rate and water depth.

Format:

```
Name Node1 Node2 Height TABULAR Qcurve ( FlapGate )
Name Node1 Node2 Height FUNCTIONAL Qcoeff Qexpon ( FlapGate )
```

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to outlet
<i>Node1</i>	name of upstream node
<i>Node2</i>	name of downstream node
<i>Height</i>	minimum water depth at upstream node for outflow to occur (ft or m)
<i>Qcurve</i>	name of rating curve with outflow rate (flow units) as a function of head (ft or m) across the outlet for a TABULAR outlet
<i>Qcoeff,</i>	
<i>Qexp</i>	coefficient and exponent, respectively, of power function that relates outflow (Q) to head across the outlet (H) for a FUNCTIONAL outlet (i.e., $Q = Qcoeff(H)^{Qexp}$)
<i>FlapGate</i>	YES if flap gate present, NO if not

Remarks:

Use one line for each outlet.

An outlet's name cannot be the same as that of another link.

The default value for *FlapGate* is **NO**.

Section: [XSECTIONS]

Purpose:

Provides cross-section geometric data for conduit and regulator links of the drainage system.

Formats:

Link *Shape* *Geom1* *Geom2* *Geom3* *Geom4*
Link **IRREGULAR** *Transect*

Parameters:

<i>Link</i>	name of conduit, orifice, or weir
<i>Shape</i>	cross-section shape (see Table 2 below for available shapes)
<i>Geom1</i>	maximum depth (ft or m)
<i>Geom2</i>	width parameter (ft or m)
<i>Geom3</i> , <i>Geom4</i>	auxiliary parameters (e.g., side slopes) (See Table 2 for details).
<i>Transect</i>	name of entry in [TRANSECTS] section which describes the cross-section geometry of the link

Remarks:

Each conduit in the [CONDUITS] section and regulator in the [ORIFICES] and [WEIRS] sections must provide cross-section information in this section.

Examples:

```
[XSECTIONS]
PIPE1  CIRCULAR  2  0  0  0
CHAN1  RECT_OPEN  2  3  0  0
CHAN2  TRAPEZOIDAL  2  3  1  1
; Natural channel with irregular cross-section
CHAN3  IRREGULAR  XCHAN3
```

Table 2 Geometric Parameters of Conduit Cross Sections

Shape	Geom1	Geom2	Geom3	Geom4
CIRCULAR	Diameter			
RECT_CLOSED	Height	Top Width		
RECT_OPEN	Height	Top Width		
TRAPEZOIDAL	Height	Top Width	Left Slope	Right Slope
TRIANGULAR	Height	Top Width		
HORIZ_ELLIPSE	Height			
VERT_ELLIPSE	Height			
ARCH	Height ¹			
PARABOLIC	Height	Top Width		
POWER_FUNCTION	Height	Top Width	Exponent	
RECT_TRIANGULAR	Height	Top Width	Triangle Height	
RECT_CIRCULAR	Height	Top Width	Bottom Radius	
MOVBASKETHANDLE	Height	Bottom Width		
EGG	Height			
HORSESHOE	Height			
GOTHIC	Height			
CATENARY	Height			
SEMIELLIPTICAL	Height			
BASKETHANDLE	Height			
SEMICIRCULAR	Height			

¹Nominal standard size.

Section: [LOSSES]

Purpose:

Specifies minor head loss coefficients and flap gates for conduits.

Formats:

Conduit EntryLoss ExitLoss AvgLoss (FlapGate)

Parameters:

<i>Conduit</i>	name of conduit
<i>EntryLoss</i>	entrance minor loss coefficient
<i>ExitLoss</i>	exit minor loss coefficient
<i>AvgLoss</i>	average minor loss coefficient across length of conduit
<i>FlapGate</i>	YES if conduit has a flap gate that prevents back flow, NO otherwise

Remarks:

Only conduits with minor losses or flap gates need be entered in this section.

Minor losses are only computed for the DW flow routing option (see [OPTIONS] section). They are computed as $Kv^2 / 2g$ where K = minor loss coefficient, v = velocity, and g = acceleration of gravity. Entrance losses are based on the velocity at the entrance of the conduit, exit losses on the exit velocity, and average losses on the average velocity.

Section: [TRANSECTS]

Purpose:

Describes the cross-section geometry of natural channels or conduits with irregular shapes following the HEC-2 data format.

Formats:

```

NC Nleft Nright Nchannel
X1 Name Nsta Xleft Xright 0 0 0 Wfactor Eoffset
GR Elevation Station ...

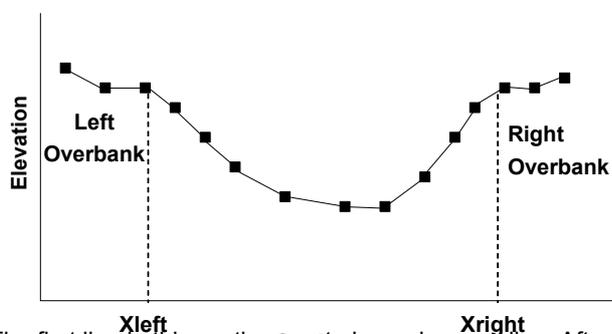
```

Parameters:

<i>Nleft</i>	Manning's N of left overbank portion of channel (use 0 if no change from previous NC line)
<i>Nright</i>	Manning's N of right overbank portion of channel (use 0 if no change from previous NC line)
<i>Nchannel</i>	Manning's N of main channel portion of channel (use 0 if no change from previous NC line)
<i>Name</i>	name assigned to channel
<i>Nsta</i>	number of stations across cross-section at which elevation data is supplied
<i>Xleft</i>	station position which ends the left overbank portion of the channel (ft or m)
<i>Xright</i>	station position which begins the right overbank portion of the channel (ft or m)
<i>Wfactor</i>	factor by which distances between stations should be multiplied to increase (or decrease) the width of the channel (enter 0 if not applicable)
<i>Eoffset</i>	amount added (or subtracted) from the elevation of each station (ft or m)
<i>Elevation</i>	elevation of the channel bottom at a cross-section station relative to some fixed reference (ft or m)
<i>Station</i>	distance of a cross-section station from some fixed reference (ft or m)

Remarks:

Transect geometry is described as shown below, assuming that one is looking in a downstream direction:



The first line in this section always be a **NC** line. After that, the **NC** line is only needed when a transect has different N values than the previous one.

The Manning's N values on the **NC** line will supercede any roughness value entered for the conduit which uses the irregular cross-section.

There should be one **X1** line for each transect. Any number of **GR** lines may follow, and each **GR** line can have any number of Elevation-Station data pairs. (In HEC-2 the **GR** line is limited to 5 stations.)

The station that defines the left overbank boundary on the **X1** line must correspond to one of the stations on the **GR** lines that follow. The same holds true for the right overbank boundary. If there is no match, a warning will be issued and the program will assume that no overbank area exists.

NOTE: The current Beta Test version of SWMM 5 has the order of the Elevation-Station pairs switched on the **GR** line. This will be corrected in the final release of the program.

Examples:

```
[ TRANSECTS ]
NC  0.08  0.08  0.03
X1  T92  6  50  110  0.0  0.0  0.0  0.0  799
GR  0  5  50  4  55  1  100  0  110  3
GR  150  5
```

Section: [CONTROLS]

Purpose:

Determines how pumps and regulators will be adjusted based on simulation time or conditions at specific nodes and links.

Formats:

Each control rule is a series of statements of the form:

```
RULE ruleID
IF condition_1
AND condition_2
OR condition_3
AND condition_4
Etc.
THEN action_1
AND action_2
Etc.
ELSE action_3
AND action_4
Etc.
PRIORITY value
```

Parameters:

RuleID an ID label assigned to the rule
condition_n a condition clause
action_n an action clause
value a priority value (e.g., a number from 1 to 5)

Condition Clause Format:

A condition clause of a Control Rule has the following format:

```
object id attribute relation value
```

where *object* = a category of object
id = the object's ID label
attribute = an attribute or property of the object
relation = a relational operator (=, <>, <, <=, >, >=)
value = an attribute value

Some examples of condition clauses are:

```
NODE N23 DEPTH > 10
PUMP P45 STATUS = OFF
SIMULATION TIME = 12:45:00
```

The objects and attributes that can appear in a condition clause are as follows:

Object	Attributes	Value
--------	------------	-------

NODE	DEPTH	numerical value
	HEAD	numerical value
	INFLOW	numerical value
LINK	FLOW	numerical value
	DEPTH	numerical value
PUMP	STATUS	ON or OFF
	FLOW	numerical value
ORIFICE	SETTING	fraction open
WEIR	SETTING	fraction open
SIMULATION	TIME	elapsed time in decimal hours or hr:min:sec
SIMULATION	DATE	month-day-year
	CLOCKTIME	time of day in hr:min:sec

Action Clause Format:

An action clause of a Control Rule can have one of the following formats:

```
PUMP      id  STATUS  =  ON/OFF
ORIFICE   id  SETTING =  value
WEIR      id  SETTING =  value
```

where **SETTING** refers to the fractional amount that an orifice is fully open or to the fractional amount of the original height between the crest and the top of a weir that remains (i.e., weir control is accomplished by moving the crest height up and down). Some examples of action clauses are:

```
PUMP P67 STATUS = OFF
ORIFICE O212 SETTING = 0.5
```

Remarks:

Only the **RULE**, **IF** and **THEN** portions of a rule are required; the other portions are optional.

When mixing **AND** and **OR** clauses, the **OR** operator has higher precedence than **AND**, i.e.,

```
IF A or B and C
```

is equivalent to

```
IF (A or B) and C.
```

If the interpretation was meant to be

```
IF A or (B and C)
```

then this can be expressed using two rules as in

```
IF A THEN ...
IF B and C THEN ...
```

The **PRIORITY** value is used to determine which rule applies when two or more rules require that conflicting actions be taken on a link. A rule without a priority value always has a lower priority than one with a value. For two rules with the same priority value, the rule that appears first is given the higher priority.

Examples:

```
; Simple time-based pump control
```

```

RULE R1
IF SIMULATION TIME > 8
THEN PUMP 12 STATUS = ON
ELSE PUMP 12 STATUS = OFF

; Multi-condition orifice gate control
RULE R2A
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 100
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0.5

RULE R2B
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 200
THEN ORIFICE R55 SETTING = 1.0

RULE R2C
IF NODE 23 DEPTH <= 12
OR LINK 165 FLOW <= 100
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0

; Pump station operation (as in a SWMM4 Type5 pump)
RULE R3A
IF NODE N1 DEPTH > 5
THEN PUMP N1A STATUS = ON

RULE R3B
IF NODE N1 DEPTH > 7
THEN PUMP N1B STATUS = ON

RULE R3C
IF NODE N1 DEPTH <= 3
THEN PUMP N1A STATUS = OFF
AND PUMP N1B STATUS = OFF

```

Section: [POLLUTANTS]

Purpose:

Identifies the pollutants being analyzed.

Format:

Name Units Crain Cgw Kdecay (CoPollut CoFract)

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to pollutant
<i>Units</i>	concentration units (MG/L for milligrams per liter, UG/L for micrograms per liter, or #/L for direct count per liter)
<i>Crain</i>	concentration of pollutant in rainfall (concentration units)
<i>Cgw</i>	concentration of pollutant in groundwater (concentration units)
<i>Kdecay</i>	first-order decay coefficient (1/days)
<i>CoPollut</i>	name of co-pollutant
<i>CoFract</i>	fraction of co-pollutant concentration

Remarks:

Use one line for each pollutant included in the analysis.

FLOW and **EROSION** are reserved words and cannot be used to name a pollutant.

If there is no co-pollutant, then the last two parameters can be omitted.

When pollutant X has a co-pollutant Y, it means that fraction *CoFract* of pollutant Y's runoff concentration is added to pollutant X's runoff concentration when wash off from a subcatchment is computed.

Examples:

[POLLUTANTS]

BOD mg/L 0 0 0.5

TSS mg/L 0 0 0.0

;10% of mg/L of TSS is ug/L of lead

Lead ug/L 0 5 0.0 TSS 0.1

Section: [LANDUSES]

Purpose:

Identifies the various categories of land uses within the drainage area. Each subcatchment area can be assigned a different mix of land uses. Each land use can be subjected to a different street sweeping schedule.

Format:

Name (*SweepInterval* *Availability* *LastSweep*)

Parameters:

<i>Name</i>	land use name
<i>SweepInterval</i>	days between street sweeping
<i>Availability</i>	fraction of pollutant buildup available for removal by street sweeping
<i>LastSweep</i>	days since last sweeping at start of the simulation

Remarks:

Use one line for each land use category.

If street sweeping does not apply, then the last three items can be omitted.

Examples:

```
[LANDUSES]
RESIDENTIAL 3 0.8 0 ; swept every 3 days
UNDEVELOPED ; undeveloped land not swept
```

Section: [COVERAGES]

Purpose:

Specifies the percentage of a subcatchment's area that is covered by each category of land use.

Format:

Subcatch Landuse Percent Landuse Percent . . .

Parameters:

<i>Subcatch</i>	subcatchment name
<i>Landuse</i>	land use name
<i>Percent</i>	percent of subcatchment area

Remarks:

More than one pair of land use - percentage values can be entered per line. If more than one line is needed, then the subcatchment name must still be entered first on the succeeding lines.

If a land use does not pertain to a subcatchment, then it does not have to be entered.

If no land uses are associated with a subcatchment then no contaminants will appear in the runoff from the subcatchment.

Section: [BUILDUP]

Purpose:

Specifies the rate at which pollutants build up over different land uses between rain events.

Format:

Landuse Pollutant FuncType C1 C2 C3 Normalizer

Parameters:

Landuse land use name
Pollutant pollutant name
FuncType buildup function type: (**POWER** / **EXPONENTIAL** / **SATURATION**)
C1, C2, C3 buildup function parameters (see Table 3)
Normalizer **AREA** if buildup is per unit area, **CURBLENGTH** if per length of curb.

Remarks:

Use one line for each land use - pollutant combination for which the buildup process pertains.

Table 3 Available Pollutant Buildup Functions
(Mass per unit of Normalizer for t antecedent dry days)

Function	Equation
Power	$\text{Min}(C1, C3*t^{C2})$
Exponential	$C1*(1 - \exp(-C2*t))$
Saturation	$C1*t / (C3 + t)$

Section: [WASHOFF]

Purpose:

Specifies the rate at which pollutants are washed off from different land uses during rain events.

Format:

Landuse Pollutant Model Coeff Expon SweepEffic BMPeffic

Parameters:

Landuse land use name
Pollutant pollutant name
Model washoff model type (see Table 4): (**EXP** / **RC** / **EMC**)
Coeff washoff model coefficient
Expon washoff model exponent
SweepEffic street sweeping removal efficiency (percent)
BMPeffic BMP removal efficiency (percent)

Remarks:

Use one line for each land use - pollutant combination for which wash off occurs.

Table 4 Pollutant Wash Off Models

Function	Name	Equation	Units
EXP	Exponential	Coeff (runoff) ^{Expon} (buildup)	Mass/sec
RC	Rating Curve	Coeff (runoff) ^{Expon}	Mass/sec
EMC	Event Mean Concentration	Coeff	Mass/Liter

In the equations listed above, the runoff variable for the Exponential model is expressed in catchment depth per unit of time (inches per hour or millimeters per hour), while for the rating Curve model it is in whatever flow units were specified in the [OPTIONS] section of the input file (e.g., CFS, CMS, etc.).

Section: [TREATMENT]

Purpose:

Specifies the degree of treatment received by pollutants at specific nodes of the conveyance system.

Format:

Node Pollut FuncType Function

Parameters:

<i>Node</i>	Name of node where treatment occurs
<i>Pollut</i>	Name of pollutant receiving treatment
<i>FuncType</i>	Type of treatment function specified. Choices are: CONCEN – function computes effluent concentration REMOVAL – function computes fractional removal RATE – function computes rate of removal (mass/hour) within storage units only
<i>Function</i>	mathematical function expressing treatment result in terms of pollutant concentrations, pollutant removals, and other standard variables (see below).

Remarks:

Use one line for each node - pollutant combination where treatment occurs.

STILL UNDER CONSTRUCTION.

Section: [DWF]

Purpose:

Specifies baseline dry weather flow or quality entering the drainage system at specific nodes.

Format:

Node Item Value (Pattern1 Pattern2 ...)

Parameters:

Node name of node where dry weather flow enters
Item keyword **FLOW** for flow or pollutant name for quality constituent
Value average baseline value for corresponding *Item* (flow or concentration units)
Pattern1,
Pattern2,
etc. optional name of time pattern appearing in the [PATTERNS] section

Remarks:

Use one or more lines for each node that receives inflow contribution from dry weather flow.

A maximum of 6 pattern names can be used, one for monthly variation, one for day of week variation, one for AM hourly variation, one for PM hourly variation, one for weekend AM hourly variation and one for weekend PM hourly variation.

The actual dry weather input will equal the product of the baseline value and any adjustment factors supplied by the specified patterns. (If not supplied, an adjustment factor defaults to 1.0.)

Examples:

```
[DWF]
Node1 FLOW 34.5 Monthly1 AM1 PM1
Node2 FLOW 10.2 Monthly1 AM1 PM1
Node2 BOD 80 Monthly2 DayOfWeek2
```

Section: [PATTERNS]

Purpose:

Specifies time pattern of dry weather flow or quality in the form of adjustment factors applied as multipliers to baseline values.

Format:

Name **MONTHLY** *Factor1* *Factor2* ... *Factor12*
Name **DAILY** *Factor1* *Factor2* ... *Factor7*
Name **AM** *Factor1* *Factor2* ... *Factor12*
Name **PM** *Factor1* *Factor2* ... *Factor12*
Name **AM_WEEKEND** *Factor1* *Factor2* ... *Factor12*
Name **PM_WEEKEND** *Factor1* *Factor2* ... *Factor12*

Parameters:

Name name used to identify the pattern
Factor1,
Factor2,
etc. multiplier values

Remarks:

The **MONTHLY** format is used to set monthly pattern factors for dry weather flow constituents.

The **DAILY** format is used to set dry weather pattern factors for each day of the week, where Sunday is day 1.

The **AM** and **PM** formats are used to set dry weather factors for each hour of the AM and PM portions of the day, respectively. If these factors are different for weekend days than for weekday days then the **AM_WEEKEND** and **PM_WEEKEND** formats can be used to specify hourly adjustment factors just for weekends.

The pattern factors are applied as multipliers to any baseline dry weather flows or quality concentrations supplied in the [DWF] section.

If not supplied, each adjustment factor for each constituent defaults to 1.0.

Examples:

```
[PATTERNS]
; Day of week adjustment factors
DAILY1 0.5 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 0.5
DAILY2 0.8 0.9 1.0 1.1 1.0 0.9 0.8

; Hourly adjustment factors
AM1 0.5 0.6 0.7 0.8 0.8 0.9 1.1 1.2 1.3 1.5 1.1 1.0
PM1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5
```

Section: [INFLOWS]

Purpose:

Specifies external runoff hydrographs and pollutographs that enter the drainage system at specific nodes.

Formats:

Node **FLOW** *FlowSeries*
Node *Pollut* *PollutSeries* *Format* (*ConvFactor*)

Parameters:

Node name of node where external inflow enters
FlowSeries name of time series describing how external inflows vary with time
Pollut name of pollutant
PollutSeries name of time series describing how external pollutant loading varies with time
Format **CONCEN** if pollutant inflow is described as a concentration, **MASS** if it is described as a mass flow rate.
ConvFactor if pollutant inflow is a mass flow rate, the factor that converts this value into (concentration units) times (flow units), where concentration units are those specified for the pollutant in the [POLLUTANTS] section and flow units are those specified in the [OPTIONS] section

Remarks:

Use one line for each external inflow that is described.

Pollutant inflow can either be described with a constant inflow concentration (second format above) or with a time-varying concentration (third format above).

If an external inflow of a pollutant concentration is specified for a node, then there must also be an external inflow of **FLOW** provided for the same node.

Examples:

```
[ INFLOWS ]
NODE2      FLOW    N2FLOW
NODE2      BOD     100
NODE33     TSS     N33TSS    CONCEN

;Mass inflow of BOD in time series N65BOD given in lbs/hr
NODE65    BOD    N65BOD    MASS    4.5    ;(4.5 converts lbs/hr to cfs-mg/L)
```

Section: [LOADINGS]

Purpose:

Specifies the pollutant buildup that exists on each subcatchment at the start of a simulation.

Format:

Subcatch Pollut InitBuildup

Parameters:

Subcatch name of a subcatchment

Pollut name of a pollutant

InitBuildup initial buildup of pollutant (same units as used in [BUILDUP] section)

Remarks:

Use one line for each subcatchment and pollutant where initial pollutant buildup will be specified.

If an initial buildup is not specified for a pollutant, then its initial buildup is computed by applying the **DRY_DAYS** option (specified in the [OPTIONS] section) to the pollutant's buildup function for each land use in the subcatchment.

Section: [RDII]

Purpose:

Specifies the parameters that describe rainfall dependent inflow / infiltration entering the drainage system at specific nodes.

Format:

Node UHgroup SewerArea

Parameters:

Node name of a node

UHgroup name of an RDII unit hydrograph group specified in the [HYDROGRAPHS]
section

SewerArea area of the sewershed which contributes RDII to the node (acres or hectares)

Remarks:

Use one line to specify the UH group and sewershed area for each node with RDII.

Examples:

[RDII]

N1 UH101 56.5

Section: [HYDROGRAPHS]

Purpose:

Specifies the shapes of the triangular unit hydrographs that determine the amount of rainfall dependent inflow / infiltration (RDII) entering the drainage system.

Format:

```
UHgroup Raingage
UHgroup Month R1 T1 K1 R2 T2 K2 R3 T3 K3
```

Parameters:

UHgroup name assigned to a unit hydrograph (UH) group
Raingage name of rain gage used by UH group
Month month of the year (e.g., *JAN*, *FEB*, etc. or *ALL* for all months)
R1, R2, R3 response ratios for the short-term, intermediate-term, and long-term UH responses, respectively
T1, T2, T3 time to peak (hours) for the short-term, intermediate-term, and long-term UH responses, respectively
K1, K2, K3 recession limb ratios for short-term, intermediate-term, and long-term UH responses, respectively

Remarks:

For each group of unit hydrographs, use one line to specify its rain gage followed by one or more lines containing UH shape parameters for months with RDII flow. Months not listed are assumed to have no RDII.

The response ratios (R) are the fraction of a unit of rainfall depth that becomes RDII. The sum of the ratios for the three UH's do not have to equal 1.0.

The recession limb ratios (K) are the ratio of the duration of the UH recession limb to the time to peak (T) making the UH time base $T*(1+K)$ hours. The area under each UH is 1 inch (or mm).

Examples:

```
[HYDROGRAPHS]
;All UH sets in this group have the same shapes except those in July
UH101 RG1
UH101 ALL 0.033 1.0 2.0 0.033 3.0 2.0 0.033 10.0 2.0
UH101 JUL 0.033 0.5 2.0 0.011 2.0 2.0 0.0 5.0 2.0
```

Section: [CURVES]

Purpose:

Describes in tabular format a relationship between two variables.

Format:

Name *Type* *X-value* *Y-value* ...

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to table
<i>Type</i>	STORAGE / DIVERSION / TIDAL / PUMP1 / PUMP2 / PUMP3 / PUMP4 / RATING
<i>X-value</i>	an x (independent variable) value
<i>Y-value</i>	the y (dependent variable) value corresponding to x

Remarks:

Each table must have a unique name.

Multiple pairs of x-y values can appear on a line. If more than one line is needed, repeat the table's name (but not the type) on subsequent lines. The x-values must be entered in increasing order.

Choices for table type have the following meanings (flows are expressed in the user's choice of flow units set in the [OPTIONS] section):

- **STORAGE** (area in ft² (m²) v. depth in ft (m) for a storage unit node)
- **DIVERSION** (diverted outflow v. total inflow for a flow divider node)
- **TIDAL** (water surface elevation in ft (m) v. hour of tidal cycle for an outfall node)
- **PUMP1** (pump outflow v. volume in ft³ (m³))
- **PUMP2** (pump outflow v. depth in ft (m))
- **PUMP3** (pump outflow v. head in ft (m))
- **PUMP4** (pump outflow v. depth in ft (m))
- **RATING** (outlet flow v. head in ft (m))

Examples:

```
[CURVES]
;Storage area curve (x = depth (ft), y = surface area (ft2))
AC1 STORAGE 0 1000 2 2000 4 3500 6 4200 8 5000

;Type1 pump curve (x = wet well vol. (ft3), y = flow (cfs))
PC1 PUMP1
PC1 100 5 300 10 500 20
```

Section: [TIMESERIES]

Purpose:

Describes how some quantity varies over time.

Formats:

Name Date ClockTime Value ...
Name Time Value ...

Parameters:

<i>Name</i>	name assigned to time series
<i>Date</i>	date in Month-Day-Year format (e.g., June 15, 2001 would be 6-15-2001)
<i>ClockTime</i>	24-hour military time (e.g., 8:40 pm would be 20:40) relative to the last date specified (or to midnight of the starting date of the simulation if no previous date was specified)
<i>Time</i>	hours since the start of the simulation, expressed as a decimal number or as <i>Hours:Minutes</i>
<i>Value</i>	value corresponding to given date and time

Remarks:

Each time series must have a unique name.

Multiple date-time-value or time-value entries can appear on a line. If more than one line is needed, the table's name must be repeated as the first entry on subsequent lines.

The first two formats can be mixed together in the same series. Thus once a date is specified, the next time without a date is interpreted to be hours since midnight of the last date entered. An example illustrating this is the rainfall series shown in the Examples section below. The last entry on the first line means 10 hours after midnight of June 15, 2001 and not 10 hours from the start of the simulation.

It is recommended that comment lines be used to describe what each time series represents.

Time series can be used for the following quantities:

Rainfall	Evaporation
Temperature	Outfall Stage
Inflow Hydrograph	Inflow Pollutograph

Examples:

```
[TIMESERIES]
;Rainfall time series with dates specified
TS1 6-15-2001 7:00 0.1 8:00 0.2 9:00 0.05 10:00 0
TS1 6-21-2001 4:00 0.2 5:00 0 14:00 0.1 15:00 0

;Inflow hydrograph with time relative to start of simulation
;(Note that hours can be expressed as decimal hours or hr:min)
HY1 0 0 1.25 100 2:30 150 3.0 120 4.5 0
HY1 32:10 0 34.0 57 35.33 85 48.67 24 50 0
```

III. Map File Format

SWMM5's Graphical User Interface (GUI) can display a schematic map of the drainage area being analyzed. This map displays subcatchments as polygons, nodes as circles, links as polylines, and rain gages as bitmap symbols. In addition it can display text labels and a backdrop image, such as a street map. The GUI has tools for drawing, editing, moving, and displaying these map elements. The map's coordinate data are stored in the format described below. Normally these data are simply appended to the SWMM5 input file by the GUI so users do not have to concern themselves with it. However it is sometimes more convenient to import map data from some other source, such as a CAD or GIS file, rather than drawing a map from scratch using the GUI. In this case the data must be stored in a separate map file using the format described below and can then be imported into a SWMM5 project using a command from the GUI. SWMM5 does not provide any automated facility for converting coordinate data from other file formats into the SWMM5 map file format.

The map file is organized similarly to the SWMM5 input file, consisting of the following six sections:

[POLYGONS]	X,Y coordinates for each vertex of subcatchment polygons
[COORDINATES]	X,Y coordinates for nodes
[VERTICES]	X,Y coordinates for each interior vertex of polyline links
[LABELS]	X,Y coordinates and text of labels
[SYMBOLS]	X,Y coordinates for rain gages
[BACKDROP]	X,Y coordinates of map's bounding rectangle and information on the map's backdrop image.

Figure 2 displays a sample map and Figure 3 the map file that describes it. As with the input data file, any text following a semicolon is interpreted as a comment and is ignored. Note that only one link, 3, has interior vertices which give it a curved shape. Also observe that this map's coordinate system has no units, so that the positions of its objects may not necessarily coincide to their real-world locations.

A detailed description of the data in each section of the map file will now be given. Each section begins on a new page. Mandatory keywords are shown in boldface while optional items appear in parentheses. Remember that a map file is only used as a visualization aid for SWMM5's GUI and plays no role in any of the runoff/routing computations.

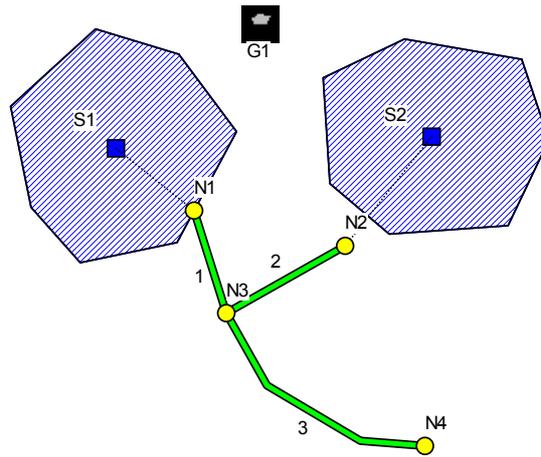


Figure 2. Example Drainage Area Map

```

[ COORDINATES ]
;Node          X-Coord          Y-Coord
N1             4006.62          5463.58
N2             6953.64          4768.21
N3             4635.76          3443.71
N4             8509.93          827.81

[ VERTICES ]
;Link          X-Coord          Y-Coord
3             5430.46          2019.87
3             7251.66          927.15

[ SYMBOLS ]
;Gage          X-Coord          Y-Coord
G1            5298.01          9139.07

[ Polygons ]
;Subcatchment X-Coord          Y-Coord
S1            3708.61          8543.05
S1            4834.44          7019.87
S1            3675.50          4834.44
S1            1788.08          4437.09
S1            827.81           5529.80
S1            430.46           7516.56
S1            2086.09          9039.74
S2            10397.35         8443.71
S2            10927.15         6854.30
S2            10132.45         5165.56
S2            7831.13          4983.44
S2            6655.63          5993.38
S2            6523.18          8079.47
S2            8112.58          8841.06

[ LABELS ]
;X-Coord      Y-Coord          Label
5033.11      8807.95          "G1"
1655.63      7450.33          "S1"
7715.23      7549.67          "S2"

[ BACKDROP ]
DIMENSIONS    0.00    0.00    10000.00    10000.00
UNITS         None
FILE
OFFSET        0.00    0.00

```

Figure 3. Map File for Example Map

Section: [COORDINATES]

Purpose:

Assigns X,Y coordinates to drainage network nodes.

Formats:

Node Xcoord Ycoord

Parameters:

Node name of node

Xcoord horizontal coordinate relative to origin in lower left of map

Ycoord vertical coordinate relative to origin in lower left of map

Remarks:

Include one line for each node displayed on the map.

Section: [VERTICES]

Purpose:

Assigns X,Y coordinates to interior vertex points of curved drainage system links.

Formats:

Link Xcoord Ycoord

Parameters:

Link name of link

Xcoord horizontal coordinate of vertex relative to origin in lower left of map

Ycoord vertical coordinate of vertex relative to origin in lower left of map

Remarks:

Include a separate line for each interior vertex of the link, ordered from start node to end node.

Straight-line links have no interior vertices and therefore are not listed in this section.

Section: [POLYGONS]

Purpose:

Assigns X,Y coordinates to vertex points of polygons that define a subcatchment boundary.

Formats:

Subcatch Xcoord Ycoord

Parameters:

Subcatch name of subcatchment

Xcoord horizontal coordinate of vertex relative to origin in lower left of map

Ycoord vertical coordinate of vertex relative to origin in lower left of map

Remarks:

Include a separate line for each vertex of the subcatchment polygon, ordered in a consistent clockwise or counter-clockwise sequence.

A subcatchment polygon must contain at least three vertices.

Section: [SYMBOLS]

Purpose:

Assigns X,Y coordinates to rain gage symbols.

Formats:

Gage Xcoord Ycoord

Parameters:

Gage name of rain gage

Xcoord horizontal coordinate relative to origin in lower left of map

Ycoord vertical coordinate relative to origin in lower left of map

Remarks:

Use a separate line for each rain gage.

Section: [LABELS]

Purpose:

Assigns X,Y coordinates to user-defined map labels.

Formats:

Xcoord Ycoord Label (Anchor Font Size Bold Italic)

Parameters:

<i>Xcoord</i>	horizontal coordinate relative to origin in lower left of map
<i>Ycoord</i>	vertical coordinate relative to origin in lower left of map
<i>Label</i>	text of label surrounded by double quotes
<i>Anchor</i>	name of node or subcatchment that anchors the label on zoom-ins (use an empty pair of double quotes if there is no anchor)
<i>Font</i>	name of label's font (surround by double quotes if the font name includes spaces)
<i>Size</i>	font size in points
<i>Bold</i>	YES for bold font, NO otherwise
<i>Italic</i>	YES for italic font, NO otherwise

Remarks:

Use a separate line for each label.

Use of the anchor node feature will prevent the label from moving outside the viewing area when the map is zoomed in on.

If no font information is provided then a default font is used to draw the label.

Section: [BACKDROP]

Purpose:

Assigns control points, distance units, and backdrop file to the map.

Formats:

DIMENSIONS	<i>X-LowerLeft Y-LowerLeft X-UpperRight Y-UpperRight</i>
UNITS	FEET / METERS / DEGREES / NONE
FILE	<i>filename</i>
OFFSET	<i>X-offset Y-offset</i>
SCALING	<i>Width Height</i>

Parameters:

<i>X-LowerLeft</i>	lower-left X coordinate of full map extent
<i>Y-LowerLeft</i>	lower-left Y coordinate of full map extent
<i>X-UpperRight</i>	upper-right X coordinate of full map extent
<i>Y-UpperRight</i>	upper-right Y coordinate of full map extent
<i>Filename</i>	name of file containing backdrop image
<i>X-offset</i>	X coordinate of upper left corner of backdrop image
<i>Y-offset</i>	Y coordinate of upper left corner of backdrop image
<i>Width</i>	width of backdrop image (in map coordinates)
<i>Height</i>	height of backdrop image (in map coordinates)

Remarks:

DIMENSIONS and **UNITS** apply to the full drainage area map, not to the backdrop image.

III. RDII/Routing File Format

SWMM5 uses a plain text file to hold time series data of RDII or routed inflows into specific nodes of a project's conveyance system. The format of this file is as follows:

- the keyword "SWMM5" (without the quotes)
- a line of text that describes the file (may be blank)
- the time step used for all inflow records (integer seconds)
- the number of parameters, including flow rate
- the name and units of each parameter where flow rate must be listed first (one per line)
- the number of nodes with recorded inflow data
- the ID name of each node (one per line)
- for each time step having at least one node with non-zero inflow:
 - the year, month, day, hour, minute, and second of the time step (all on one line, separated by spaces)
 - for each node:
 - the name of the node
 - the flow rate for the node
 - the concentration of each quality constituent (one per line)

Note that time periods with no inflow at any node can be skipped. Figure 4 displays an excerpt from an RDII / Routing interface file.

```
SWMM5
Example File
300
1
FLOW CFS
2
N1
N2
2002 04 01 00 20
N1
0.000000
N2
0.002549
2002 04 01 00 25
N1
0.000000
N2
0.002549
```

Figure 4. Excerpt from an RDII/Routing Interface File