

CAPITULO 4

DESCRIPCIÓN DE LOS PROGRAMAS THI.EXE, ESC.EXE, MC. EXE Y TX.EXE

4.1 GENERALIDADES

Con la finalidad de agilizar el proceso de cálculo y con ello la obtención de resultados, para tomar las decisiones necesarias, este proyecto trata de simular, lo mejor posible, y bajo diversas condiciones, las diferentes fases del proceso lluvia-escorrimento, con ayuda de los modelos que más se apeguen a las características específicas para cada problema.

Para ello se elaboraron cuatro programas de cómputo con base en la teoría descrita en los capítulos 1, 2 y 3. Estos programas se llaman:

- a) THI.EXE (Para calcular la lluvia efectiva)
- b) ESC.EXE (Para calcular el hidrograma unitario)
- c) MC.EXE (Para calcular el tránsito de avenidas en cauces usando el método de Muskingum-Cunge)
- d) TX.EXE (Para calcular el tránsito de avenidas en cauces naturales usando el esquema Sánchez-Fuentes)

4.2 PROGRAMA THI.EXE

El programa THI.EXE (ref. 4) calcula la lámina de lluvia y la infiltración en una cuenca apoyado en el método de los polígonos de Thiessen, el cual analiza las precipitaciones medias de la cuenca, basado en datos de precipitaciones de estaciones climatológicas que estén en ella. Adicionalmente, para calcular la infiltración requiere del conocimiento de los escurrimientos para esa tormenta en especial.

La infiltración estimada se representa de tres maneras:

- Coeficiente de infiltración media, ϕ ,
- Coeficiente de escurrimiento, C_e ,
- El número de escurrimiento, N o S .

Además muestra en forma gráfica la curva masa media y la curva masa ajustada de la lluvia analizada, el hietograma de lluvia total y el de escurrimiento directo.

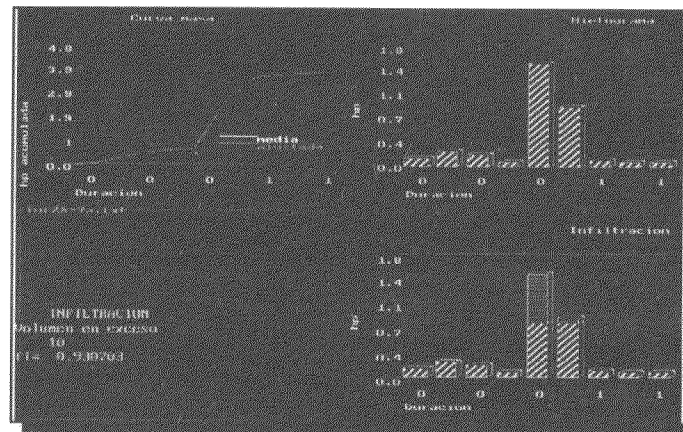


Figura 3.18 Curva masa media

4.3 PROGRAMA ESC.EXE

Este programa (ref. 4) calcula el hidrograma unitario instantáneo con base en un método matricial. Los datos que requiere son: un hietograma de lluvia total y su respectivo hidrograma de escurrimiento directo. Además será necesario el valor del coeficiente de pérdidas por infiltración " ϕ , C_e o S " (que se obtiene al correr el programa "THI.EXE").

El programa calcula el hietograma en exceso y de forma gráfica muestra tanto el hidrograma como el hietograma leídos (fig. 4.1) y separa la lluvia en exceso de la que se

infiltra. Más adelante, calcula el hidrograma unitario instantáneo, mostrado en la figura 4.2, en la que el recuadro inferior izquierdo representa al H.U.I., que multiplicado por el volumen de lluvia efectiva (recuadro superior izquierdo), da como resultado el hidrograma de escurrimiento directo teórico (recuadro derecho).

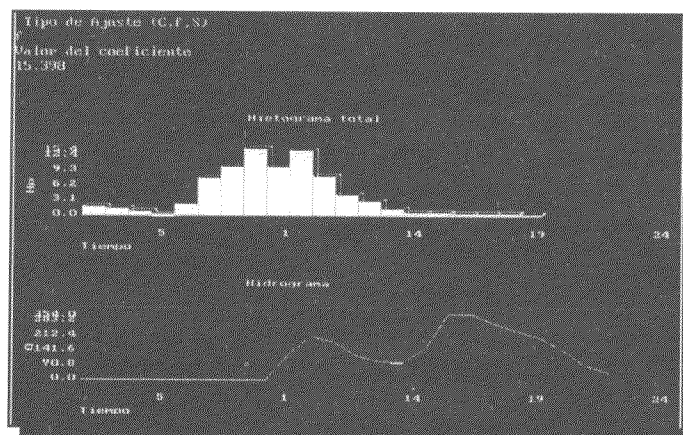


Figura 4.1 Hietograma e hidrograma leídos

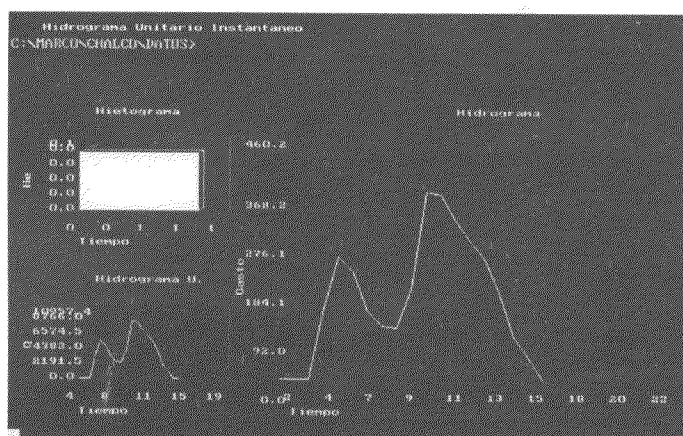


Figura 4.2 Hidrograma unitario Instantáneo calculado

4.4 PROGRAMA MC.EXE

El programa MC.EXE (ref. 5) simula el fenómeno del tránsito de avenidas utilizando el método de Muskingum-Cunge.

Al utilizar el método de Muskingum-Cunge, y con la finalidad de agilizar el cálculo y la obtención de resultados, se desarrolló un programa de computadora (MC.EXE) que aplica el método mediante algunas subrutinas. Así por ejemplo, la identificación de los archivos que contienen todos los datos del sistema por simular (características del cauce, hidrograma de entrada al inicio del río, gastos laterales, número y geometría de las secciones, etc.) se realiza en el programa principal. El cálculo del gasto de ingreso tanto en la sección inicial como en los afluentes, para cada intervalo de cálculo, se lleva a cabo con ayuda de la subrutina "INTER". La estabilidad en cálculo del método se revisa con la subrutina "CURVA". Finalmente, el tirante normal se calcula con la subrutina "MANNING" y la subrutina "BISEC" que a su vez, para obtener las características geométricas de la sección, utiliza la subrutina "AREA".

4.5 PROGRAMA TX.EXE

El programa TX.EXE (ref. 5) lleva a cabo el tránsito de avenidas en cauces naturales, basándose en un método propuesto por los ingenieros José Luis Sánchez Bribiesca y Óscar Fuentes Mariles, ambos del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Además se acompaña por un conjunto de programas que ayudan a revisar la información que se le proporciona y los resultados obtenidos, y para representar estos últimos gráficamente.

Es posible llevar a cabo el tránsito de una avenida en un río y al mismo tiempo en sus afluentes y subafluentes, es decir en un sistema de ríos donde las confluencias solamente pueden unir al cauce principal y a uno de sus afluentes, o bien a un afluente y a un solo subafluente, pero no a dos.

Como todos los métodos hidráulicos, requiere de información sobre la geometría de las secciones, así como el coeficiente de rugosidad y la pendiente de los tramos del cauce, limitados por las secciones analizadas. Además es necesario definir las fronteras del flujo, es

decir establecer unas condiciones de flujo aguas arriba y aguas abajo (en la primera y en la última sección). Por ejemplo, en la sección aguas arriba puede definirse un hidrograma de entrada, mientras que en la última sección aguas abajo se mantiene un tirante constante o una curva de tirantes vs. gastos. En cada una de las secciones es posible incluir un gasto lateral que puede variar con el tiempo (hidrograma).

Otro requisito para iniciar la simulación del tránsito de la avenida es que se debe iniciar con un flujo uniforme, por lo que al principio del programa se hacen los cálculos necesarios para que se establezca dicha condición. A esta etapa se le llama "de calentamiento" y en su inicio se proponen tirantes y velocidades. También debe cuidarse la condición de Courant para que el cálculo converja; esta condición depende de la longitud de los tramos y del intervalo de tiempo seleccionado para el cálculo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo del trabajo es ayudar a entender mejor los mecanismos del proceso lluvia-escurrimiento, de tal forma que puedan llevarse a cabo pronósticos más precisos y oportunos de las crecientes que pueden afectar algún sitio de interés (fig. 5.1). Para la calibración es necesario disponer de datos simultáneos de lluvia y escurrimiento y procesarlos eficientemente, utilizando diversos modelos.

El programa de cómputo que se elaboró se dividió en módulos que corresponden a las diferentes fases del proceso de transformación de lluvia en escurrimiento (transformación de lluvia total en lluvia efectiva; conversión de ésta en escurrimiento directo y tránsito del escurrimiento por cauces y vasos). De esta forma, el proceso de calibración de los modelos permitirá identificar aquéllos que mejor se comportan y encontrar los factores que intervienen en la estimación de gastos y volúmenes escurridos.

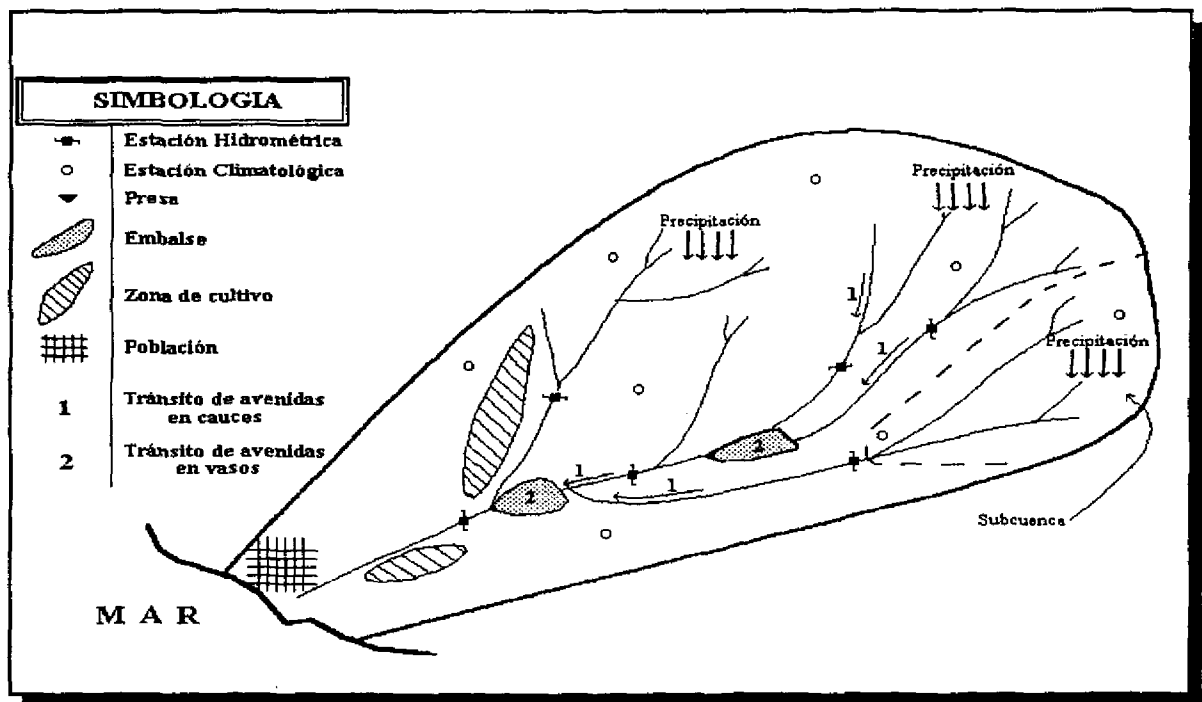


Figura 5 Esquema de los sitios de interés que pueden ser afectados por una avenida

Los métodos más simples (en cuanto a su concepción y, por consiguiente, cuyos resultados son gruesas aproximaciones), son los más utilizados en la práctica, gracias a su bondad de requerimiento de información.

Ahora bien, si existe alguna condición de frontera en el extremo de aguas abajo del cauce en estudio, el método a utilizar es sin duda el esquema Sánchez-Fuentes, ya que una de sus ventajas es precisamente brindar la oportunidad de definir el comportamiento del cauce en la parte final, cosa que no es posible con el Muskingum-Cunge.

El esquema Sánchez-Fuentes, por su parte, permite representar mejor condiciones de frontera complejas y considerar la posibilidad de transitar simultáneamente los afluentes y el cauce principal, para con ello tener una simulación más acorde con la realidad. Por su parte el Muskingum-Cunge necesita en una primera etapa, transitar los afluentes y, posteriormente, hacer lo mismo con el cauce principal, agregando los hidrogramas resultantes de los tránsitos de los afluentes.

Teniendo en cuenta lo mencionado en estas conclusiones, se debe estar consciente de dos puntos muy importante que deberán ser considerados cuando se trate de realizar el pronóstico de alguna avenida:

No es posible recomendar un modelo específico, y menos con carácter general, pues su selección depende de las características de cada caso (tamaño de la cuenca, condiciones de la red de medición, objetivo del pronóstico, comportamiento hidrológico de la cuenca, etc.), lo más prudente es hacer una preselección de dos o tres de ellos y decidir tomando en cuenta sus resultados.

Un modelo hidrológico, por complejo que sea, no genera información referente a la cuenca, sólo la procesa. De esta forma, si se desea mucha información como respuesta, igual de abundante debe ser la que alimente al modelo (desde el punto de vista de cantidad como de calidad de información). Por lo anterior, no es de sorprender que los resultados obtenidos con un modelo complejo sean semejantes a los logrados con un modelo más simple, cuando ambos se alimenten con datos similares.

Además de utilizar los programas de cómputo para atacar problemas urgentes, con la información que se tenga disponible, es necesario llevar a cabo campañas de mediciones en cuencas "piloto", representativas de las diversas características fisiográficas y climatológicas del país, con objeto de desarrollar nuevos modelos de cada una de las fases del proceso. Para ello deberá trabajarse con mediciones precisas de escurrimientos y sobre todo de la distribución espacial y temporal de las lluvias. Adicionalmente, para extrapolar los resultados a otras cuencas, es necesario describir detalladamente las características físicas de las cuencas en estudio.

Se propone por ello realizar una revaluación de la red nacional de medición y decidir si la información proporcionada por las estaciones que la forman es adecuada para el pronóstico

de crecientes o bien se requiere modificarla.

Debe hacerse notar que todavía se desconocen muchos de los procesos hidrológicos que ocurren en una cuenca y existen diferencias importantes en la información disponible. Por esos motivos, el ingeniero debe estar consciente de que aunque se tenga un buen modelo matemático, los resultados estarán siempre sujetos a algún grado de error, de tal forma que mientras estas limitaciones no sean superadas, se recomienda hacer un análisis probabilístico de las incertidumbres involucradas en el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Linsley, R. K. y Franzini, J. B., "Ingeniería de los recursos hidráulicos", C.E.C.S.A., México, 1984.
2. Godínez A., A., "Problemática del desarrollo de la hidrología", Problemas nacionales de la hidrología superficial en la CNA, Ingeniería Hidráulica en México, número especial, octubre 1990.
3. Sánchez B. J. L. y Domínguez M. R., "Algunas consideraciones sobre el desarrollo de la hidrología en el país", Ingeniería Hidráulica en México, número especial, octubre 1990.
4. Domínguez M. R., "El desarrollo de la hidrología en México", Ingeniería Hidráulica en México, número especial, octubre 1990.
5. U.S. Soil Conservation Service, "National Engineering Handbook", sec. 4, suplement A, Hydrology, 1957.

6. Cunge J. A., "On the subject of a flood propagation method", Journal of Hydraulic Research, I.A.H.R., vol. 7, 1969

7. Sánchez B. J. L. y Fuentes M.O.A., "Método alternativo para la evaluación de efectos transitorios en canales", C.F.E., México 1986.

REFERENCIAS

1. Gracia S. J. y Domínguez M. R., "Manual de diseño de obras civiles", Cap. A.1.4, Pérdidas, C.F.E., México, 1983.
2. Viessman W., "Introduction to hydrology", Harper and Row, New York, 1977.
3. Salas S. M. A. y Domínguez M. R., "Desarrollo de un modelo para predicción de avenidas a partir de datos de lluvia", 2º informe parcial, CENAPRED, México, 1993.
4. Salas S. M. A. y Domínguez M. R., "Desarrollo de un modelo para predicción de avenidas a partir de datos de lluvia", 1º informe parcial, CENAPRED, México, 1992.
5. Jiménez E. M. y Salas S. M. A., "Manual de uso de los programas de cómputo MC.EXE y TX.EXE para el tránsito de avenidas en cauces naturales", CENAPRED, México, 1993.