

Nº 67
REV.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

"MÉTODOS ANALÍTICOS Y ESTADÍSTICOS APLICADOS
A LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

Oscar A. Kampfner Rodríguez

MEXICO, D. F.

1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**METODOS ANALITICOS Y ESTADISTICOS APLICADOS A LA
HIDROLOGIA SUPERFICIAL**

Capítulo I	Introducción
Capítulo II	La Hidrología aplicada
Capítulo III	Precipitación
Capítulo IV	Infiltración
Capítulo V	Relación Lluvia-Escorrimento
Capítulo VI	Almacenamiento y Tránsito de Avenidas
Capítulo VII	Avenidas de Diseño
Capítulo VIII	Programación
Capítulo IX	Manual del Usuario
Capítulo X	Ejemplos Resueltos
Capítulo XI	Conclusiones
Capítulo XII	Apéndice

I N D I C E

CAPITULO I	
Introducción	1
CAPITULO II	
La Hidrología Aplicada	4
2.1 Alcances	5
2.2 Disponibilidad de Información	6
CAPITULO III	
Precipitación	7
3.1 Generalidades	7
3.2 Curvas $i - d - T_r$	8
3.3 Curvas $h_p - A - d$	14
3.4 Transferencia de información	15
Ejemplos Resueltos	19
CAPITULO IV	
Infiltración	26
4.1 Generalidades	26
4.2 Criterio de la Capacidad de Infiltración Media ..	28
4.3 Criterio del Coeficiente de escurrimiento	29
4.4 Criterio de la U.S. Soil Conservation Service ...	30
4.5 Tiempo de Encharcamiento	31
Ejemplos Resueltos	35
CAPITULO V	
Relación Lluvia - Escurrimiento	42
5.1 Generalidades	42
5.2 Métodos empíricos	45
5.2.1 Racional Americano	45
5.2.2 Índice Area	46
5.2.3 U.S. Soil Conservation Service	46
5.2.4 Método de Chow	47
5.3 Métodos Hidrológicos	48
5.3.1 H.U. Sintético del U.S.S.C.S.	48
5.3.2 H.U. Triangular del U.S. Bureau of Reclama-	49
tion	49
5.3.3 H.U. Adimensional del S.C.S.	50
5.3.4 Método de I Pai Wu	50

CAPITULO VI	
Almacenamiento y Tránsito de Avenidas	52
6.1 Funcionamiento y Tránsito de Avenidas	52
6.1.1 Generalidades	52
6.1.2 Funcionamiento de un Vaso	54
6.1.3 Algoritmo del Funcionamiento de Vasos	54
6.2 Tránsito de Avenidas	57
6.2.1 Tránsito de Avenidas en Vasos	57
6.2.2 Tránsito de Avenidas en Cauces	63
Ejemplos Resueltos	66
CAPITULO VII	
Avenidas de Diseño	79
Ejemplos Resueltos	89
CAPITULO VIII	
Programación	92
CAPITULO IX	
Ejemplos Resueltos	150
CAPITULO X	
Manual del Usuario	168
CAPITULO XI	
Conclusiones	171
CAPITULO XII	
Apéndice	173
REFERENCIAS	190

CAPITULO I

INTRODUCCION

La hidrología como parte de la naturaleza, es la ciencia que se ocupa de determinar la ocurrencia, distribución y circulación de las aguas de la tierra, su interactuar con el medio ambiente y la relación con el ser humano. La hidrología ha estado ligada a la existencia del hombre, ya que al depender de ella para vivir y estar condicionado al suministro natural del líquido, ha motivado al hombre al desarrollo de estudios acerca de los fenómenos hidrológicos.

La presentación de nuevas técnicas de cálculo en el desarrollo de la hidrología, sin duda representa un progreso en esta área como es el ejemplo de la aplicación de programas para microcomputadoras que permite hacer una sola vez el planteamiento del procedimiento disminuyendo errores de operación con un tiempo de proceso relativamente pequeño.

De lo anterior se desprende que la hidrología dentro de la ingeniería civil, tiene diversas aplicaciones a través

de diseños y operación de proyectos de ingeniería para el control y aprovechamiento del agua, así como en la construcción de obras de protección contra eventos hidrológicos. En virtud de lo anterior es necesario el conocimiento de los fundamentos de la hidrología en la formación del ingeniero civil.

La hidrología para su análisis y estudio la podemos dividir en 2 ramas:

1. determinística
2. estocástica

En la primer rama se debe contar, para su análisis, con un control y registro de fenómenos hidrológicos que permitan calibrar la cuenca ó parte de ella y de esta forma conocer su respuesta. Tal es el caso de la simulación de la variación de un hidrograma al recorrer el tramo de cauce, en donde se requiere conocer un hidrograma en un punto A y otro simultáneo en un punto B para poder calibrar unos parámetros y coeficientes de almacenamiento para posteriormente poder aplicar alguna metodología para la simulación de otro evento.

Para lograr el objetivo anterior resulta indispensable contar con la instrumentación de las cuencas en estudio, que permitan medir y registrar fenómenos hidrológicos. A su vez, también es necesario contar con personal calificado que procese con oportunidad la información obtenida.

Para el análisis estocástico, se requiere de técnicas estadísticas aplicadas a la solución de problemas en hidrología. Como es de esperarse resulta una tarea muy difícil presentar todas esas técnicas y por tal motivo sólo se presentarán las más relevantes y utilizadas.

El presente trabajo tiene el objeto de desarrollar de una forma sencilla y clara los criterios y técnicas empleadas para el proceso de información hidrológica.

En el primer capítulo se presenta la introducción en donde se describen algunas reseñas de la hidrología y se marcan las metas a alcanzar.

En el segundo capítulo se resalta la importancia y trascendencia de la hidrología para el hombre y en el desarrollo de un país. Asimismo se hará mención de sus limitaciones y del uso de algoritmos que se puedan programar.

En los capítulos III, IV, V, VI Y VII se hará una descripción de las técnicas empleadas en el trabajo que además son las más utilizadas en los fenómenos que estudia la hidrología.

En los capítulos VIII Y IX se presentarán los listados (que conforman el paquete) de los programas que contiene el paquete. Asimismo, se presenta el manual del usuario que es una guía para el correcto uso de los programas.

En el capítulo X se dará solución a una serie de planteamientos de fenómenos hidrológicos empleando el paquete elaborado, observando ventajas y desventajas. El planteamiento de los problemas es de naturaleza ingenieril, lo cual hace que el trabajo no se aboque a una investigación exhaustiva de los métodos presentados.

En el capítulo XI se presentarán las conclusiones del trabajo y se darán las recomendaciones pertinentes.

En el capítulo XII se presentarán las tablas y gráficas empleadas en el desarrollo del trabajo.

CAPITULO II

LA HIDROLOGIA APLICADA

Para plantear y entender la aplicación de la hidrología es indispensable resaltar que el hombre no puede existir sin el agua, es por esto que el conocimiento de la hidrología resulta importante para un mejor y eficiente aprovechamiento de este elemento. Sin embargo, debemos considerar que además del uso doméstico que es una actividad vital, el agua tiene un papel importante en industrias, comercios y en la agricultura que son la base para el desarrollo de un país.

Para la planeación, manejo y desarrollo de los aprovechamientos hidráulicos es necesario contar con técnicas y criterios hidrológicos adecuados; justamente el manejo y planeación de estos recursos es uno de los objetivos principales de la hidrología y para lograrlo se requiere de la comprensión de los sistemas físicos que se manejan, así como de los problemas y deficiencias que en ellos existen. También se requiere del uso de modelos matemáticos que permitan visualizar el funcionamiento de los sistemas hidrológicos para estar en condiciones de evaluarlos.

Al aplicar técnicas hidrológicas en el análisis de un evento, debe considerarse que en su aplicación se pueden obtener resultados diferentes a los esperados, este fenómeno

se pudiera deber a que, las técnicas empleadas han sido desarrolladas para dar solución a determinados eventos ocurridos, en los que inciden parámetros propios y que para eventos similares pudieran variar; otra causa pudiera ser la insuficiente información hidrológica de que se dispone. Por esto, al aplicar un criterio ó técnica hidrológica se deben tomar en cuenta los aspectos antes mencionados para llegar a una solución adecuada, asignándole el peso que merece.

En lo que se refiere a las limitaciones de la hidrología, estas se relacionan íntimamente con la información disponible, como también de la complejidad de los fenómenos en estudio. Esto nos hace pensar que cada problema analizado es único y requiere de estudios específicos, para lo cual es necesario plantear sistemas y técnicas más complejas en donde intervengan aún más variables que las consideradas comúnmente que conduzcan a soluciones satisfactorias.

2.1 Alcances

Para el análisis de los problemas propuestos nos basaremos en algoritmos y metodologías desarrolladas que nos permitirán llegar a una solución, y más aún, con la ayuda de un equipo de cómputo se disminuirá el tiempo de análisis y los errores de operación. Sin embargo, debemos hacer notar que en algunos de los métodos presentados se incurre en idealizaciones y simplificaciones que pudieran provocar errores significativos en los resultados obtenidos.

Por lo anterior se pudiera recomendar, cuando sea posible, una investigación más a fondo que permita el análisis al fenómeno en cuestión y de aquí obtener un estudio más preciso y dar la pauta para mejorar o desarrollar nuevas técnicas aplicadas a la hidrología.

El trabajo presenta una serie de programas que permiten el análisis de algunos problemas que se presentan en el área de hidrología y que en seguida se exponen:

1. avenidas de diseño.
2. tránsito de avenidas.
3. funcionamiento de vasos.
4. hidrograma unitario.
5. curvas I-d-Tr.
6. curvas hp-A-d.
7. índice de infiltración.

2.2 Disponibilidad de información

En el País existen distintas dependencias Federales y Estatales que de una forma sistemática operan y capturan información de estaciones climatológicas e hidrométricas para su registro y análisis (figura 2.1). A continuación se presenta una breve lista de estas dependencias:

A. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

- Comisión Nacional del Agua.
- Servicio Meteorológico Nacional.
- Comisión de Aguas del Valle de México.
- Comisión de Estudios del Río Papaloapan.
- Comisión de Estudios del Río Pánuco.

B. Comisión Federal de Electricidad.

C. Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

D. Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

E. Gobiernos Estatales.

F. Particulares.

Comúnmente la información que se captura y procesa está relacionada con precipitaciones y no con escurrimientos; esto es, en el territorio nacional existe un gran número de estaciones climatológicas, que entre otros datos nos proporciona láminas de precipitación y evaporación; así mismo, existe un número muy reducido de estaciones hidrométricas, las cuales nos proporcionan datos de aforos de corrientes. Esto implica que se sigan utilizando y desarrollando los modelos Lluvia-Escorrentamiento que permiten el análisis de la información pluviométrica.

CAPITULO III

PRECIPITACION

3.1 Generalidades

La precipitación es el elemento principal del ciclo hidrológico ya que constituye la fuente principal del ocurrimiento superficial, así mismo ayuda a la recarga de los acuíferos. La precipitación se deriva de un enfriamiento de la atmósfera de tal manera que el vapor de agua contenido en el aire se condensa y se precipita. Es necesario contar con la instrumentación adecuada para la medición y registro de la precipitación, ya que esto permite realizar estudios concernientes a problemas por una precipitación abundante.

Debido a la diversidad de factores que inciden en la precipitación, resulta difícil el desarrollo de técnicas y métodos de análisis de predicción que sean generales; por lo regular, los métodos que existen son aplicables para las regiones donde se desarrolla y por lo tanto no se pueden generalizar.

CAPITULO III

PRECIPITACION

3.1 Generalidades

La precipitación es el elemento principal del ciclo hidrológico ya que constituye la fuente principal del escurrimiento superficial, así mismo ayuda a la recarga de los acuíferos. La precipitación se deriva de un enfriamiento de la atmósfera de tal manera que el vapor de agua contenido en el aire se condensa y se precipita. Es necesario contar con la instrumentación adecuada para la medición y registro de la precipitación, ya que esto permite realizar estudios concernientes a problemas por una precipitación abundante.

Debido a la diversidad de factores que inciden en la precipitación, resulta difícil el desarrollo de técnicas y métodos de análisis de predicción que sean generales; por lo regular, los métodos que existen son aplicables para las regiones donde se desarrolla y por lo tanto no se pueden generalizar.

La información es recabada a través de pluviómetros y pluviógrafos, siendo los primeros con los que se cuenta generalmente; en México por ejemplo, por cada pluviógrafo existen 6 pluviómetros. La diferencia principal entre estos dos aparatos es que el pluviómetro nos permite conocer la lámina de agua precipitada y el pluviógrafo además de la información anterior nos proporciona la distribución de la lluvia en el tiempo.

El pluviómetro es un dispositivo compuesto por un recipiente cilíndrico y un embudo cuyo diámetro es 10 veces mayor al diámetro del recipiente. Esta relación de diámetros permite hacer lecturas de hasta una décima de milímetro de lluvia, esto es, por cada milímetro de lluvia se deposita un centímetro en el recipiente. El embudo receptor tiene un diámetro de 20 cm. y descarga al recipiente cilíndrico que tiene una altura de 30 cm. (figura 3.1).

El pluviógrafo (figura 3.2) es un aparato que proporciona un registro continuo de lluvia. Consta de un mecanismo de reloj que proporciona un movimiento constante a un tambor, sobre el cual se coloca un registro especial; también cuenta con un recipiente de forma cilíndrica en donde se acumula el agua precipitada hasta una altura de 10 mm., ya que tiene un sistema de flotadores que mueven una plumilla que registra en el tambor la altura de lluvia que se va acumulando (cabe mencionar que al llegar a una altura de 10 mm. el recipiente se vacía automáticamente de acuerdo a un sistema de tipo sifón que hace descargar dicho recipiente).

Existen diferentes métodos de procesamiento de los datos de precipitación para lograr su utilidad como es el caso de la curva intensidad-duración-periodo ($i-d-T_r$) de retorno, altura de precipitación-área-duración (h_p-A-d) y deducción de datos faltantes.

3.2 Curvas $i-d-T_r$

Estas curvas nos permiten conocer la variación de las diferentes intensidades con una probabilidad de ocurrencia asociadas a una duración, y pueden ser empleadas en el diseño ó revisión de obras hidráulicas. Generalmente estas

PLUVIOMETRO

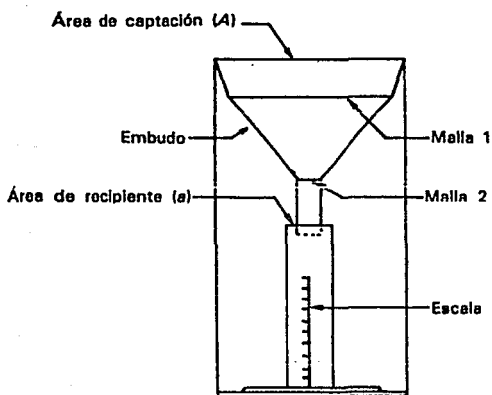


FIG. 3.1

PLUVIOGRAFO

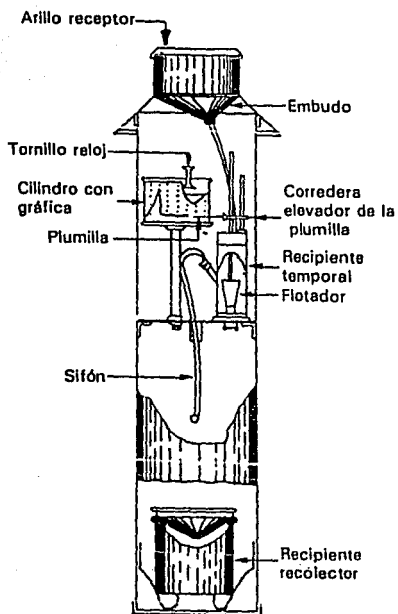


FIG. 3.2

curvas son empleadas en proyectos de recolección de aguas pluviales ó drenajes de ciudades, aeropuertos, alcantarillas, etc.

Para el cálculo de la ecuación que generan las curvas $i-d-T_r$ se tienen dos metodologías

- a. intensidad-período de retorno.
- b. correlación lineal múltiple.

En este capítulo se desarrollará el segundo método, el cual parte de un modelo de ecuación que genera un sistema de ecuaciones de 3×3 (debido a que inciden 3 variables).

Previo al análisis es necesario conocer los tipos de ecuaciones que relacionan las variables antes mencionadas.

La ecuación más común que genera las curvas $i-d-T_r$ es del tipo:

$$i = \frac{KT_r^m}{(d+c)^n} \quad (3.1)$$

en donde:

i = intensidad.
 T_r = período de retorno.
 K, m, n, c = constantes.

El valor de c nos sirve para un mejor ajuste de la ecuación, pero para nuestro análisis será $c=0$. Si tomamos logaritmos a la ecuación (3.1).

$$\ln i = \ln K + m \ln Tr - n \ln d \quad (3.2)$$

la ecuación anterior es de la forma

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \quad (3.3)$$

en donde:

$$\begin{aligned} a_0 &= \ln K. \\ a_1 &= m. \\ a_2 &= -n. \\ x_1 &= \ln Tr. \\ x_2 &= \ln(d+c). \end{aligned}$$

La ecuación (3.3) encuentra solución mediante una regresión lineal con 3 parámetros ó variables, del cual se deriva un sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} E y &= N a_0 + a_1 E x_1 + a_2 E x_2 \\ E(x_1 y) &= a_0 E x_1 + a_1 E(x_1^2) + a_2 E(x_1 x_2) \\ E(x_2 y) &= a_0 E x_2 + a_1 E(x_1 x_2) + a_2 E(x_2^2) \end{aligned}$$

La solución del sistema de ecuaciones proporciona los valores de a_0 , a_1 y a_2 que a su vez nos permite conocer los valores de k , m y n . La ecuación al sistema de ecuaciones está dado por:

$$A = \begin{vmatrix} N & \Sigma x_1 & \Sigma x_2 \\ \Sigma x_1 & \Sigma x_1^2 & \Sigma x_1 x_2 \\ \Sigma x_2 & \Sigma x_1 x_2 & \Sigma x_2^2 \end{vmatrix}$$

$$a_0 = \frac{\begin{vmatrix} \Sigma y & \Sigma x_1 & \Sigma x_2 \\ \Sigma y x_1 & \Sigma x_1^2 & \Sigma x_1 x_2 \\ \Sigma y x_2 & \Sigma x_1 x_2 & \Sigma x_2^2 \end{vmatrix}}{A}$$

$$a_1 = \frac{\begin{vmatrix} N & \Sigma y & \Sigma x_2 \\ \Sigma x_1 & \Sigma y x_1 & \Sigma x_1 x_2 \\ \Sigma x_2 & \Sigma y x_2 & \Sigma x_2^2 \end{vmatrix}}{A}$$

$$a_2 = \frac{\begin{vmatrix} N & \Sigma x_1 & \Sigma y \\ \Sigma x_1 & \Sigma x_1^2 & \Sigma y x_1 \\ \Sigma x_2 & \Sigma x_1 x_2 & \Sigma y x_2 \end{vmatrix}}{A}$$

Los valores antes determinados se sustituyen en la ecuación (3.1) y para generar las curvas bastará con seleccionar y sustituir un período de retorno y proponer diferentes duraciones. De esta manera se conocerán varios valores de intensidades, que junto con los valores propuestos se pueden llevar a una gráfica y así obtener una de las curvas intensidad-duración-período de retorno. Para las demás curvas se seleccionarán otros períodos de retorno convenientes y se repetirá el proceso anterior.

3.3 Curvas h_p -A-d

El análisis de estas curvas debe hacerse para la precipitación más desfavorable que se tenga registrada, y así obtener las combinaciones de precipitación respecto a sus áreas de distribución, para diferentes duraciones de tormentas; además permite conocer el potencial de precipitación que se tiene en la zona estudiada.

Para desarrollar este análisis es importante que la zona en estudio esté instrumentada con pluviógrafos para conocer la distribución de la tormenta en el tiempo. Esto generalmente representa un problema en el análisis de información debido a que es más común contar con pluviómetros. Cuando en la zona en estudio se localiza un pluviógrafo, la distribución de la lluvia registrada se adopta como representativa de la cuenca.

Una vez recopilada la información de una tormenta, la secuela de cálculo para las curvas h_p -A-d es la siguiente:

- a. Trazar los polígonos de Thiessen y las isoyetas de la zona en estudio.
- b. Obtener el área que encierran cada 2 isoyetas, partiendo de la que tiene mayor valor, y determinar la precipitación media.
- c. Se superpone el plano de isoyetas con el de los polígonos de Thiessen para obtener el área de influencia de cada estación en el área calculada en el paso anterior.

- d. Para el área encerrada entre el parteaguas y cada una de las isoyetas (comenzando por la mayor) se estima la curva masa media, la cual se ajusta multiplicándola por el porcentaje obtenido en el inciso anterior.
- e. Para cada duración (comúnmente se usan intervalos de 6 hrs.) se ordenan de mayor a menor los incrementos de precipitación de la curva masa ajustada.
- f. Se llevan a una gráfica los valores de altura de precipitación, área y duración.

Con el proceso anterior se establecen precipitaciones máximas para diferentes áreas y duraciones, basándose en registros simultáneos de una tormenta dada. Esta información obtenida se grafica en un papel semilogarítmico para cada intervalo de tiempo generando así las curvas altura de precipitación-área-duración.

3.4 Transferencia de información

A menudo resulta una técnica muy útil al analizar registros históricos, para transferir información de una estación A a una estación B con un registro pequeño cuando han registrado eventos en forma simultánea al paso del tiempo. La técnica de transferencia de información es muy utilizada para mejorar estimadores hidrológicos, para deducción de datos faltantes y extender registros históricos hacia el pasado ó futuro; en especial se estudiará esto último.

Para el análisis de extensión de registros históricos, el modelo más empleado se basa en un análisis de regresión lineal entre dos poblaciones que pueden ser del mismo tipo ó diferentes, cuidando que su distribución de probabilidad sea normal. Es común que las muestras no tengan esta distribución, por lo que debemos recurrir a los logaritmos para normalizarla. Al emplear esta técnica se pueden obtener resultados satisfactorios ó no satisfactorios, esto lo podemos estimar al calcular el coeficiente de correlación entre las poblaciones.

Dando un enfoque estocástico podemos establecer que el modelo está constituido por una componente determinística y una aleatoria.

Determinística + Aleatoria = Modelo

Sin embargo, en ocasiones no dá buenos resultados el factor aleatorio, por lo que en el proceso se puede eliminar y de esta forma observar si el resultado mejora. El modelo para extensión de registros puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$Y_c = \bar{Y}_1 + r \frac{S_1(Y)}{S_1(X)} (X_c - \bar{X}) + \alpha \theta \sqrt{1-r^2} S_1(Y) \epsilon_c \quad (3.4)$$

en donde:

- Y_c = representa el valor de la regresión para un valor dado de X.
- r = coeficiente de correlación simple.
- X_1 y Y_1 = media de los registros en el intervalo de tiempo que son comunes.
- $S_1(X)$ y $S_1(Y)$ = desviación estándar de las muestras.
- α = parámetro usado para remover el sesgo.
- θ = parámetro con valor unitario para usar componente aleatorio y valor nulo cuando no se usa la componente aleatoria.
- ϵ_c = número aleatorio normal con media cero y variación igual a uno.
- N_1 = longitud del registro corto.
- N_2 = longitud del registro más largo en el intervalo de tiempo que no son simultáneos los registros.

$$r = \frac{1}{N_1} \frac{\sum_{c=1}^{N_1} (\bar{X}_c - \bar{X}_1) (\bar{Y}_c - \bar{Y}_1)}{S_1(X) S_1(Y)}$$

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{N_1} \sum_{c=1}^{N_1} X_c \quad \bar{Y}_1 = \frac{1}{N_1} \sum_{c=1}^{N_1} Y_c$$

$$S_1(X) = \left[\frac{\sum_{c=1}^{N_1} (X_c - \bar{X}_1)^2}{N_1 - 1} \right]^{1/2} \quad S_1(Y) = \left[\frac{\sum_{c=1}^{N_1} (Y_c - \bar{Y}_1)^2}{N_1 - 1} \right]^{1/2}$$

$$a = \frac{N_2 (N_1 - 4) (N_1 - 1)}{(N_2 - 1) (N_1 - 3) (N_1 - 2)}$$

$$e_n = \left[\text{Ln} \frac{1}{U_1} \right]^{1/2} \cos(2\pi * U_2)$$

en donde:

U_1 y U_2 = números aleatorios uniformes.

Una vez determinados los parámetros estadísticos de los registros históricos de las estaciones seleccionadas, se sustituyen en la ecuación (3.4) para transferir la información deseada hacia la estación con registro histórico corto y de este modo se logra extender el registro hacia el futuro ó hacia el pasado. Al contar con un registro amplio podemos mejorar los estimadores estadísticos y elevar el nivel de confianza al aplicar metodologías que impliquen el uso de parámetros estadísticos.

EJEMPLOS RESUELTOS

Ejemplo 3.1 En la estación pluviográfica "Mixcoac" se registraron las siguientes precipitaciones máximas para las duraciones indicadas. Determinar la ecuación que genera las curvas $i-d-T_r$.

Año	intensidades (mm/hr)				
	5	15	30	60	120
1960	117.6	60.0	40.0	20.6	11.3
1961	85.2	28.4	14.2	7.1	3.6
1962	162.0	80.0	60.0	43.5	40.0
1963	96.0	40.0	27.0	17.8	8.9
1964	120.0	71.2	35.6	22.3	15.0

Solución:

1. Ordenación en forma descendente de las intensidades y obtención del periodo de retorno correspondiente.

m	T_r	intensidades (mm/hr)				
		5	15	30	60	120
1	6.0	162.0	80.0	60.0	43.5	40.0
2	3.0	120.0	60.0	40.0	22.3	15.0
3	2.0	117.6	71.2	35.6	20.6	4.3
4	1.5	86.0	40.0	27.0	17.8	8.9
5	1.2	85.2	28.4	14.2	7.1	3.6

$$i = \frac{K * T_r^{-m}}{d^{-1}}$$

2. Ajuste de los valores de K, m y l por medio de una regresión lineal múltiple.

n	Ln i Y	Ln T _r X ₁	Ln d X ₂	X ₁ ²	X ₂ ²	Y*X ₁	Y*X ₂	X ₁ *X ₂
1	5.087	1.792	1.609	3.210	2.590	9.116	8.188	2.884
2	4.787	1.099	1.609	1.207	2.590	5.260	7.705	1.768
3	4.767	0.693	1.609	0.480	2.590	3.304	7.673	1.116
4	4.564	0.405	1.609	0.164	2.590	1.851	7.346	0.653
5	4.445	0.182	1.609	0.033	2.590	0.810	7.154	0.293
6	4.380	1.792	2.708	3.210	7.334	7.852	11.867	4.852
7	4.265	1.099	2.708	1.207	7.334	4.686	11.551	2.975
8	4.094	0.693	2.708	0.480	7.334	2.838	11.088	1.877
9	3.689	0.405	2.708	0.164	7.334	1.496	9.990	1.098
10	3.346	0.182	2.708	0.033	7.334	0.610	9.062	0.494
11	4.094	1.792	3.401	3.210	11.568	7.336	13.926	6.094
12	3.688	1.099	3.401	1.207	11.568	4.053	12.547	3.737
13	3.572	0.693	3.401	0.480	11.568	2.476	12.150	2.358
14	3.296	0.405	3.401	0.164	11.568	1.336	11.210	1.379
15	2.653	0.182	3.401	0.033	11.568	0.484	9.024	0.620
16	3.772	1.792	4.094	3.210	16.764	6.760	15.447	7.336
17	3.105	1.099	4.094	1.207	16.764	3.411	12.711	4.498
18	3.025	0.693	4.094	0.480	16.764	2.097	12.387	2.838
19	2.879	0.405	4.094	0.164	16.764	1.167	11.788	1.660
20	1.960	0.182	4.094	0.033	16.764	0.357	8.025	0.746
21	3.689	1.792	4.787	3.210	22.920	6.610	17.660	8.578
22	2.708	1.099	4.787	1.207	22.920	2.975	12.965	5.260
23	2.425	0.693	4.787	0.480	22.920	1.681	11.609	3.318
24	2.186	0.405	4.787	0.164	22.920	0.886	10.466	1.941
25	1.281	0.182	4.787	0.033	22.920	0.234	6.132	0.873

87.76 20.85 83.00 25.47 305.87 79.68 269.67 69.24

resolviendo:

$$K = 185.309$$

$$m = 0.801$$

$$l = 0.717$$

$$i = \frac{185.309 * T_r * 0.801}{d * 0.717}$$

Ejemplo 3.2 Calcular las curvas h_p -A-d de la tormenta mostrada que se presentó en la cuenca del Río de las Avenidas. El área de la cuenca es de 3000 km²

Precipitaciones

Estación	Duración (hr)			
	6	12	18	24
1. Pachuca	30	70	85	100
2. El Chacón	40	64	72	80
3. La Reforma	18	36	54	60

% influencia polígono Thiessen

Isoyeta	Area encerrada (Km ²)	Estaciones		
		1	2	3
120	200	100	0	0
100	800	90	10	0
80	600	60	30	10
60	400	45	35	20
40	700	40	30	30
30	300	35	30	35

Isoyeta envolvente

Isoyeta	\bar{h}_p	A _x	Estación	% Th	Duración (hrs)			
					6	12	18	24
120	125	200	Pachuca	100	30	70	85	100
			El Chacón	0	0	0	0	0
			La Reforma	0	0	0	0	0
			Curva masa media		30.0	70.0	85.0	100
			Curva masa ajustada		37.5	87.5	106.2	125
			Incremento ajustado		37.5	50.0	18.7	18.7
			Incremento ordenado		50.0	37.5	18.7	18.7
			P.M.		50.0	87.5	106.2	125

Isoyeta envolvente			Duración (hrs)					
Isoyeta	\bar{h}_p	A_T	Estación	% Th	6	12	18	24
100	113	1000	Pachuca	90	27.0	63.0	76.5	90
			El Chacón	10	4.0	6.4	7.2	8
			La Reforma	0	0.0	0.0	0.0	0
			Curva masa media		31.0	69.4	83.7	98
			Curva masa ajustada		35.7	80.0	96.5	113
			Incremento ajustado		35.7	44.3	16.5	16.5
			Incremento ordenado		44.3	35.7	16.5	16.5
			P.M.		44.3	80.0	96.5	113

Isoyeta envolvente			Duración (hrs)					
Isoyeta	\bar{h}_p	A_T	Estación	% Th	6	12	18	24
80	104.4	1600	Pachuca	60	18.0	42.0	51.0	60
			El Chacón	20	8.0	12.4	14.4	16
			La Reforma	20	1.8	3.6	5.4	6
			Curva masa media		27.8	58.0	70.8	82.0
			Curva masa ajustada		35.4	73.8	90.1	104.4
			Incremento ajustado		35.4	38.4	16.3	14.3
			Incremento ordenado		38.4	35.4	16.3	14.3
			P.M.		38.4	73.8	90.1	104.4

Isoyeta envolvente			Duración (hrs)					
Isoyeta	\bar{h}_p	A_T	Estación	% Th	6	12	18	24
60	97.5	2000	Pachuca	45	13.5	31.5	38.3	45
			El Chacón	35	14.0	22.4	25.2	28
			La Reforma	20	3.6	7.2	10.8	12
			Curva masa media		31.1	61.1	74.3	85.0
			Curva masa ajustada		35.7	70.1	85.2	97.5
			Incremento ajustado		35.7	34.4	15.1	12.3
			Incremento ordenado		35.7	34.4	15.1	12.3
			P.M.		35.7	70.1	85.2	97.5

Isoyeta envolvente			Duración (hrs)					
Isoyeta	\bar{h}_p	A_T	Estación	% Th	6	12	18	24
40	85.2	2700	Pachuca	40	12.0	28.0	34.0	40
			El Chacón	30	12.0	19.2	21.6	24
			La Reforma	30	5.4	10.2	16.2	18
			Curva masa media		29.4	58.0	71.8	82.0
			Curva masa ajustada		30.6	60.3	74.6	85.2
			Incremento ajustado		30.6	29.7	14.3	10.6
			Incremento ordenado		30.6	29.7	14.3	10.6
			P.M.		30.6	60.3	74.6	85.2

Isoyeta envolvente			Duración (hrs)					
Isoyeta	\bar{h}_p	A_T	Estación	% Th	6	12	18	24
30	80.2	3000	Pachuca	35	10.5	24.5	29.8	35
			El Chacón	30	12.0	19.2	21.6	24
			La Reforma	35	6.3	12.6	18.9	21
			Curva masa media		28.8	57.3	70.3	80.0
			Curva masa ajustada		28.9	57.4	70.4	80.2
			Incremento ajustado		28.9	28.6	13.0	9.8
			Incremento ordenado		28.9	28.6	13.0	9.8
			P.M.		28.9	57.4	70.4	80.2

ALTURA DE PRECIPITACION MAXIMA

Areas (km ²)	Duraciones (hr.)			
	6	12	18	24
200	50.0	87.5	106.2	125.0
1000	44.3	80.0	96.5	113.0
1600	38.4	73.8	90.1	104.4
2000	35.7	70.1	85.2	97.5
2700	30.6	60.3	74.6	85.2
3000	28.9	57.4	70.4	80.2

Ejemplo 3.3 A partir de los gastos máximos anuales en la estación hidrométrica Huites, Sinaloa (1942-1981) y Palo Dulce, Chihuahua (1958-1981) completar la información restante en Palo Dulce con la información de Huites.

Huites			Huites			Palo Dulce	
Año	X_2 M ³ /s	LnX	Año	X_1 M ³ /s	LnX	Y_1 M ³ /s	Lny
1942	2531	7.8363	1958	3010	8.0097	455	6.1203
1943	14376	9.5733	1959	1908	7.5538	743	6.6107
1944	2580	7.8555	1960	15000	9.6158	6800	8.8247
1945	1499	7.3126	1961	1396	7.2414	472	6.1570
1946	1165	7.0605	1962	1620	7.3902	347	5.8493
1947	1173	7.0673	1963	2702	7.9017	584	6.3699
1948	3215	8.0756	1964	1319	7.1846	481	6.1759
1949	10000	9.2103	1965	1944	7.5725	1360	7.2152
1950	3229	8.0799	1966	2420	7.7915	674	6.5132
1951	677	6.5177	1967	2506	7.8264	635	6.4536
1952	1266	7.1436	1968	1534	7.3356	530	6.2729
1953	1025	6.9324	1969	1508	7.3185	1100	7.0031
1954	955	6.8617	1970	1558	7.3512	390	5.9661
1955	4780	8.4722	1971	2200	7.6962	1283	7.1570
1956	696	6.5453	1972	2225	7.7075	688	6.5338
1957	593	6.3852	1973	5320	8.5792	1370	7.2226
			1974	3790	8.2401	2245	7.7165
			1975	1080	6.9847	383	5.9480
			1976	3240	8.0833	740	6.6067
			1977	1135	7.0344	333	5.8081
			1978	5022	8.5216	555	6.3190
			1979	6900	8.8393	1825	7.5093
			1980	1496	7.3106	565	6.3315
			1981	4828	8.4822	1180	7.0733

estimaciones estadísticas

$$N_1 = 24$$

$$N_2 = 16$$

$$\bar{Y}_1 = 6.6565$$

$$S_1 (Y) = 0.7033$$

$$\bar{X}_1 = 7.8155$$

$$S_1 (X) = 0.6401$$

$$\bar{X}_2 = 7.5581$$

$$r = 0.7467$$

$$b = 0.8205$$

$$S_2(X) = 0.9456$$

por lo tanto el modelo queda:

$$Y_t = -6.66 + 0.75 \frac{0.70}{0.64} (X_t - 7.82) + 1.06(1 - 0.75^2)^{1/2} (0.70)\epsilon_t$$

para la estación Palo Dulce se tiene:

Palo Dulce

con $\theta = 1$

con $\theta = 0$

Año	Ln Y_2	Y_2 M ³ /s	Ln Y_2	Y_2 M ³ /s
1942	6.4121	609.18	6.6737	791.31
1943	8.2822	3953.20	8.0988	3290.71
1944	6.5389	691.58	6.6894	803.83
1945	5.7881	326.41	6.2439	514.88
1946	6.5267	683.18	6.0370	418.16
1947	5.5774	264.38	6.0426	421.01
1948	7.0814	1189.69	6.8699	962.93
1949	7.5625	1924.64	7.8010	2443.08
1950	7.0373	1138.33	6.8735	966.33
1951	5.5176	249.05	5.5917	268.19
1952	6.5656	710.28	6.1053	448.21
1953	6.3330	562.89	5.9320	376.89
1954	6.1407	464.38	5.8739	355.65
1955	7.1810	1314.31	7.1954	1333.27
1956	5.8065	332.45	5.6143	274.33
1957	5.8880	360.86	5.4830	240.56

CAPITULO IV

INFILTRACION

4.1 Generalidades

El fenómeno de infiltración juega un papel importante en la cuantificación de avenidas de diseño, esto se debe a que no toda el agua que se precipita provoca escurrimiento superficial, ya que desde que comienza a llover ocurre un determinado tiempo llamado de lluvia sin escurrimiento en el que se presenta el fenómeno de infiltración y al cabo del cual da origen al escurrimiento superficial.

Lo anterior se explica de la siguiente manera: si se considera que al comenzar la precipitación el suelo se encuentra seco, y a medida que esta continúa el contenido de humedad del suelo irá en aumento hasta llegar al grado de saturación; cuando esto sucede las depresiones del terreno se comienzan a llenar y se produce el flujo superficial (a este se le llama tiempo de encharcamiento); posteriormente si la lluvia sigue siendo intensa, el contenido de humedad del suelo aumenta y la capacidad de infiltración disminuye

con el tiempo debido a que las fuerzas capilares pierden fuerza frente a las gravitatorias; en estas circunstancias la infiltración se vuelve independiente de la intensidad de la lluvia en el tiempo, cuando esta es mayor que la infiltración.

Para estar en condiciones de conocer la lluvia en exceso, que es la que provoca el escurrimiento directo, existen algunas técnicas y metodologías que involucran a la infiltración y que a continuación se enlistan:

- . criterio de capacidad de infiltración media.
- . tiempo de encharcamiento.
- . criterio de coeficiente de escurrimiento.
- . criterio de la U.S. Soil Conservation Service.
- . número de la N de la curva de escurrimiento.
- . fórmula de Horton.
- . fórmula de Kostiakov.
- . fórmula Phillip.

Los primeros 4 métodos son empleados en cuencas aforadas, es decir cuando se tienen registros simultáneos de precipitación y gastos de salida en una cuenca para una tormenta determinada. Los últimos se emplean para cuencas no aforadas y se apoyan en las características y en métodos indirectos para valorar la infiltración.

Es posible conocer la infiltración en una cuenca haciendo mediciones directas con infiltrómetros en puntos representativos y conocer la capacidad de infiltración media de la cuenca. Los infiltrómetros son tubos que por lo general tienen una longitud de 50 cm. y un diámetro de 20 cm. aproximadamente, los cuales se hincan en el terreno y se les suministra agua (tratando de conservar un tirante constante), midiendo la variación del tirante en distintos intervalos de tiempo a través de buretes debidamente graduados, las cuales se grafican y se obtiene la curva de capacidad de infiltración del suelo analizado. A este tipo, se le conoce como infiltrómetro de carga constante.

Existe otro tipo de infiltrómetro conocido como simulador de lluvia, en donde se trata de reproducir la lluvia natural y la infiltración se calcula obteniendo la

diferencia entre el agua y el escurrimiento superficial medido. Este método tiene varios inconvenientes y el principal es que no se puede medir la infiltración, obteniéndose resultados erróneos.

Para el análisis de la infiltración, existen varios factores a considerar que pueden alterar la capacidad de infiltración del suelo de una cuenca, entre ellos están los siguientes:

1. distribución de la intensidad de lluvia.
2. duración de la lluvia.
3. conductividad hidráulica del suelo.
4. contenido de materia orgánica del suelo.
5. contenido de humedad del suelo antes de iniciar la lluvia.
6. uso del suelo.
7. características del suelo.

A continuación se hará una breve presentación de los métodos más usados para cuantificar la infiltración.

4.2 Criterio de la capacidad de infiltración media

Este consiste en determinar un índice de infiltración media ϕ que nos divide al hietograma de una tormenta en dos partes, una parte inferior representa el agua precipitada que se infiltra y una superior que es la lluvia que origina escurrimiento directo.

Para estar en condiciones de obtener el índice de infiltración media es necesario contar con un registro simultáneo de precipitación en la cuenca y del escurrimiento a la salida de la misma. Este método supone que al iniciar la tormenta el suelo se encuentra seco y que su capacidad de infiltración permanece constante durante el tiempo que dure esta.

Quando ocurre una tormenta y la intensidad de lluvia es menor a la capacidad de infiltración del suelo, toda el agua precipitada se infiltra y por el contrario, cuando la intensidad de lluvia es mayor a la capacidad de infiltración se origina escurrimiento superficial. Para valuar el índice de infiltración media nos basaremos en el siguiente procedimiento:

- a. A partir del hidrograma de escurrimiento directo se calcula el volumen de agua escurrida.
- b. Se estima la lluvia en exceso que originó al escurrimiento superficial dividiendo el volumen de agua calculada en el paso anterior entre el área de la cuenca.

$$h_e = \frac{V_{ED}}{A_c} \quad (4.1)$$

- c. Se realizan tanteos, proponiendo valores del índice de infiltración media y sumando las alturas de precipitación que se ubiquen encima del valor propuesto. Si la suma es igual a la lluvia en exceso, el valor de ϕ es correcto; de lo contrario, se propone otro valor y se repite el proceso.

4.3 Criterio del coeficiente de escurrimiento

Este considera que la infiltración es proporcional a la intensidad de lluvia, por lo que para cuencas aforadas podemos definir un coeficiente de escurrimiento igual al cociente del volumen de agua escurrida superficialmente entre el volumen de agua precipitada.

$$C_e = \frac{V_{ED}}{V_T} \quad (4.2)$$

En la mayoría de los casos no existen registros simultáneos de precipitación y escurrimiento directos para una tormenta, por lo que para obtener el coeficiente de escurrimiento es necesario basarse en la cobertura del suelo de la cuenca; posteriormente, de tablas se toma el valor correspondiente. Cabe aclarar que no es muy confiable esta forma de obtener C_e , ya que la cobertura del suelo se obtiene a partir de cartas publicadas por el INEGI y que la información ahí presentada se obtuvo aproximadamente en el año 1980 y no ha sido actualizada.

4.4 Criterio de la U.S. Soil Conservation Service

Este método nos presenta el coeficiente de escurrimiento en función de la precipitación total como:

$$C_e = \frac{(h_p - 0.2 S)^2}{h_p^2 + 0.8 S h_p} \quad (4.3)$$

en donde S es un parámetro que si se conocen algunos valores de la precipitación total con sus coeficientes de escurrimiento, se determina por medio de iteraciones. Se parte de suponer un valor de S y, para cada una de las precipitaciones, se estima un coeficiente de escurrimiento C_{e1} ; la diferencia entre estos valores y los coeficientes de escurrimiento reales representan los errores "e" cometidos al calcular C_e con la ecuación (4.3); después se obtiene la sumatoria de estos errores " e_1 " y a cada uno de los errores se le resta este valor, se eleva al cuadrado $(e - e_1)^2$ y se obtiene su sumatoria. Se realiza varias veces este proceso con diferentes valores de S hasta encontrar la menor diferencia de los errores en valor absoluto.

4.5 Tiempo de encharcamiento

Morel y Seytoux presentaron en 1974 un algoritmo para valuar el tiempo de encharcamiento, considerado como un enfoque moderno de la infiltración debido a que se incluyen parámetros con significado físico que dependen de las características del suelo, además de considerar el contenido natural de humedad del suelo y estimar la capacidad de infiltración del mismo después de ocurrido el tiempo de encharcamiento, obteniendo así la lluvia en exceso.

El proceso de infiltración es un fenómeno en donde al penetrar el agua al subsuelo se tiene un desalojo de aire. Morel y Seytoux presentan un factor de corrección viscosa al aplicar la ley de Darcy para flujo en medios porosos. Otros factores que toman en cuenta son la conductividad hidráulica y uno de succión-almacenamiento; ellos consideran que el contenido de humedad del suelo en saturación natural es similar a la porosidad del suelo.

Morel y Seytoux presentan la siguiente fórmula para valuar el tiempo de encharcamiento, aplicable sólo cuando la precipitación es mayor a la conductividad hidráulica del suelo:

$$te_j = t_{j-1} + \frac{1}{P_j} \left[\frac{sf}{((P_j/Ks) - 1)} - \sum_{i=1}^{j-1} P_i(t_i - t_{i-1}) \right] \quad (4.4)$$

si el te_1 calculado es menor o igual a la duración del primer intervalo de lluvia (t_1), se presenta el tiempo de encharcamiento; de lo contrario, si te_1 es mayor a t_1 , se sigue evaluando la ecuación (4.4) para los siguientes valores de j hasta encontrar te .

Una vez ocurrido el tiempo de encharcamiento, se evaluará la capacidad de infiltración teórica (f_c) con la siguiente expresión:

$$f_c = 0.5 S(\text{Fe}, \Theta_i) \frac{1}{\sqrt{t-t_e + t_r}} + \frac{K_s}{\beta} \quad (4.5)$$

donde $S(\text{Fe}, \Theta_i)$ es la absorción de la lluvia que está en función del contenido inicial de humedad del suelo y de la lámina infiltrada hasta el tiempo de encharcamiento:

$$S(\text{Fe}, \Theta_i) = \left[\frac{2K_s (S_f + \text{Fe})^2}{\beta (S_f + \text{Fe} (1-\beta_e/\beta))} \right]^{1/2} \quad (4.6)$$

siendo:

$$\text{Fe} = \sum_{j=1}^{i-1} P_j (t_i - t_{j-1}) + P_j (t_e - t_{j-1})$$

y:

$$\beta_e = \frac{1+\beta}{2}$$

en donde:

Fe = lámina infiltrada acumulada hasta el tiempo de encharcamiento.

j = representa el intervalo en el que ocurrió el t_e .

β_e = factor de corrección de la viscosidad en el t_e .

β = viscosidad del líquido.

además:

$$tr = 0.5 \frac{(Sf + Fe)^2}{\frac{Ks (\beta * P^*e - 1)^2 [Sf - Fe(1 - \beta e / B)]}{\beta}}$$

y:

$$P^*e = \frac{Pe}{Ks}$$

P^*e = lluvia adimensional en el período que ocurre t_e .
 Pe = intensidad de lluvia.
 tr = constante con unidades de tiempo.

Finalmente la lámina acumulada infiltrada (F) después del tiempo de encharcamiento es función del tiempo y se evaluará como:

$$F = Fe + S(Fe, \theta_i) [(t - t_e + tr)^{1/2} - tr^{1/2}] + \frac{Ks}{\beta} (t - t_e)$$

El algoritmo presentado nos sirve para calibrar el número N de la curva de escurrimiento si contamos con el hietograma de una tormenta y su hidrograma de escurrimiento directo, de modo que se pueda estimar la lámina infiltrada acumulada y la lluvia en exceso.

El proceso consiste en proponer un valor del número N de la curva de escurrimiento, que al tomarlo en cuenta en el algoritmo anterior, nos arroje un valor de la lámina infiltrada acumulada aproximadamente igual a la calculada con el hietograma e hidrograma de la tormenta en cuestión.

EJEMPLOS RESUELTOS

Ejemplo 4.1 En la cuenca del arroyo papalote de 110.4 km² se midieron el histograma y el hidrograma mostrados en la siguiente tabla. Determinar el índice de infiltración media que se tuvo durante la tormenta.

Tiempo (hr.)	Precipitación (mm.)	Escurrimiento Directo (m ³ /s.)
0	6.0	0.0
2	14.0	12.0
4	16.0	54.0
6	12.0	78.0
8	8.0	48.0
10	0.0	24.0
12	0.0	20.0
14	0.0	16.0
16	0.0	12.0
18	0.0	8.0
20	0.0	4.0
22	0.0	0.0
24	4.0	0.0

- a. Cálculo del volumen de escurrimiento directo y de la lluvia en exceso:

$$\text{Vol} = 276 \text{ m}^3/\text{s.} * (3600 \text{ s/1 hr.}) * (2 \text{ hr.})$$

$$\text{Vol} = 1'987,200 \text{ m}^3$$

$$h_e = \text{Vol}/\text{Ac}$$

$$h_e = 1'987,200 \text{ m}^3 / 110.4 \times 10^6 = .018 \text{ m.}$$

$$h_e = 18 \text{ mm.}$$

- b. A continuación se presentan tanteos para determinar el índice de infiltración medio:

Para un índice ϕ igual a 7 mm.

$$E_{he} = (0 + 7 + 9 + 5 + 0) = 21 > 18 \text{ mm.}$$

Para un índice ϕ igual a 8 mm.

$$E_{he} = (0 + 6 + 8 + 4 + 0) = 18 = 18 \text{ mm.}$$

Ejemplo 4.2 En una cuenca se han determinado las alturas de precipitación totales y los correspondientes coeficientes de escurrimiento mostrados en las columnas 1 y 2 de la tabla. Determinar el parámetro S de la ecuación 4.3.

- a. En la tabla siguiente se han calculado los coeficientes de escurrimiento con la ecuación 4.3, suponiendo diferentes valores de S. En las columnas 4, 7 10 y 13 se encuentran los errores cometidos en el cálculo de C_e con respecto a los coeficientes de escurrimiento reales, y en las columnas 5, 8, 11 y 14 se muestran los cálculos para determinar la variancia del error. Se puede apreciar que para $S = 30$ se produce la mínima variancia del error.

$$C_e = \frac{(P - 0.2 * 30)^2}{P^2 + 0.8 * 30 * P}$$

Tabla 7.2

(1) P mm	(2) Ce (real)	(3) Ce S=10mm	(4) e	(5) (e- \bar{e}) ²	(6) Ce S=20mm	(7) e	(8) (e- \bar{e}) ²	(9) Ce S=30mm	(10) e	(11) (e- \bar{e}) ²	(12) Ce S=40mm	(13) e	(14) (e- \bar{e}) ²
20	0.25	0.58	0.33	0.0009	0.35	0.10	0.0000	0.22	-0.03	0.0001	0.14	-0.09	0.0000
40	0.50	0.75	0.25	0.0025	0.58	0.08	0.0004	0.45	-0.05	0.0009	0.36	-0.14	0.0025
50	0.55	0.79	0.24	0.0036	0.64	0.09	0.0001	0.52	-0.03	0.0001	0.43	-0.12	0.0009
10	0.10	0.36	0.26	0.0016	0.14	0.04	0.0036	0.05	-0.05	0.0009	0.10	0.00	0.0081
15	0.12	0.49	0.37	0.0049	0.26	0.14	0.0016	0.14	-0.02	0.0000	0.07	-0.05	0.0016
32	0.43	0.70	0.27	0.0009	0.51	0.08	0.0004	0.38	-0.05	0.0009	0.28	-0.15	0.0036
45	0.48	0.78	0.30	0.0000	0.61	0.13	0.0009	0.49	0.01	0.0009	0.40	-0.08	0.0001
24	0.27	0.63	0.36	0.0036	0.42	0.15	0.0025	0.28	0.01	0.0009	0.19	-0.08	0.0001
17	0.17	0.53	0.36	0.0036	0.30	0.13	0.0009	0.17	0.00	0.0004	0.10	-0.07	0.0004
\bar{P}			0.30			0.10			-0.02			-0.09	
Σ				0.0216			0.0104			0.0067			0.0173

Ejemplo 4.3 Los datos de la avenida observada en la estación hidrométrica de Cihuatlán, Jalisco, sección hidrológica # 15 del 16 al 21 de octubre de 1971, fueron tomados del boletín hidrológico 41 tomo III de la SRH. Obtener el tiempo de encharcamiento y la precipitación en exceso.

Precipitación

J	tiempo hr	h_p mm
1	3	6.6
2	6	1.6
3	9	4.1
4	12	13.9
5	15	24.5
6	18	35.5
7	21	36.9
8	24	8.2
9	27	4.2

Area: 2,080.0 km²
 Escurrimiento observado: 124.8 Mm³
 Precipitación en exceso observada: 60.0 mm.
 Viscosidad: 1.2
 Factor de succión: 4.651 cm.
 Conductividad hidráulica: 0.167 cm./hr.
 N: 79.3 (tanteo final)
 Precipitación total: 136.1 mm.

Para J=1

$$t_e = 4.651 / ((0.22^2 / 0.167) - 0.22) = 66.614 \text{ hr.} > t_3$$

$$i_1 = 0.66 \text{ cm/3 hr}$$

$$= 0.22 \text{ cm/hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Infiltración acumulada} &= 0.22 \text{ cm/hr} * 3 \text{ hr} \\ &= 0.66 \text{ cm/hr} \end{aligned}$$

Para J=2

$K_s > i$ la fórmula no es aplicable.

$$\begin{aligned} \text{Infiltración acumulada} &= 0.66 \text{ cm/hr} + 0.053 \text{ cm/hr} * 3 \text{ hr} \\ &= 0.819 \text{ cm/hr} \end{aligned}$$

Para J=3

$K_s > i$ la fórmula no es aplicable.

$$\begin{aligned} \text{Infiltración acumulada} &= 0.66 \text{ cm/hr} + 0.819 \text{ cm/hr} + \\ &+ 0.137 \text{ cm/hr} * 3 \text{ hr} \\ &= 1.230 \text{ cm/hr} \end{aligned}$$

Para J=4

$$\begin{aligned} t_e &= 9 + 1 / 0.463 (4.651 / (0.463 / 0.167 - 1) - 0.22(3 - 0) - \\ &- 0.053(6 - 3) - 0.137(9 - 6)) = 12.0010 \text{ hr.} \end{aligned}$$

Tiempo de encharcamiento: 12.00 hr.

$$Fe = \sum_{i=1}^3 i_i(t_i - t_{i-1}) + i_j(t_e - t_{j-1})$$

$$Fe = 0.22(3-0) + (0.053(6-3) + 0.137(9-6) + 0.463(12-9))$$

$$Fe = 2.619 \text{ cm/hr}$$

$$\text{Infiltración acumulada} = 2.619 \text{ cm/hr}$$

Para J=5

$$S(Fe, \theta) = \left[\frac{2(0.167)(4.651 + 2.619)^2}{1.2(4.651 + 2.619(1 - 1.1/1.2))} \right]^{1/2}$$

$$S(Fe, \theta) = 1.738$$

$$\beta_+ = (1 + \beta)/2$$

$$\beta_- = (1 + 1.2)/2$$

$$\beta_+ = 1.1$$

$$P^*e = i_j/K\theta$$

$$P^*e = 0.463/0.167$$

$$P^*e = 2.7724$$

$$tr = 0.5 * (4.651 + 2.619)^2 / (0.167 / 1.2 * ((1.2 * 2.77 - 1)^2 * (4.651 - 2.619(1 - 1.1/1.2))))$$

$$tr = 7.912 \text{ hr.}$$

$$F = 2.619 + 1.738((15-12+7.912)^{1/2} - 7.912^{1/2}) + 0.167/1.2(15-12)$$

$$F = 3.889 \text{ cm/hr}$$

$$\text{Infiltración acumulada} = 3.889 \text{ cm/hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Infiltración real} &= 3.889 - 2.619 \\ &= 0.423 \end{aligned}$$

$$i_s = 2.45 \text{ cm/3 hr}$$

$$i_a = 0.816 \text{ cm/hr}$$

$$h_e = (0.816 - 0.423) * 3$$

$$h_e = 1.179 \text{ cm} = 11.79 \text{ mm}$$

En la siguiente tabla se presentan los resultados para los demás intervalos de tiempo.

J	tiempo hr	h_p mm	i cm/hr	inf. acum. cm/hr	inf. real cm/hr	capacidad inf. cm/hr	h_e mm
1	3	6.6	0.22	0.66	--	--	--
2	6	1.6	0.053	0.82	--	--	--
3	9	4.1	0.137	1.23	--	--	--
4	12	13.9	0.463	2.619	0.463	0.448	0.00
5	15	24.5	0.816	3.889	0.423	0.402	11.79
6	18	35.5	1.183	5.050	0.387	0.372	24.33
7	21	36.9	1.230	6.130	0.360	0.350	26.40
8	24	8.2	0.273	7.150	0.340	0.334	0.00
9	27	4.2	0.140	8.137	0.329	0.321	0.00

Σ 62.52

Por lo que para el valor de 'N' propuesto se obtiene una precipitación en exceso aproximadamente igual a la observada.

CAPITULO V

RELACION LLUVIA-ESCURRIMIENTO

5.1 Generalidades

Al realizar estudios hidrológicos para el diseño de obras hidráulicas, la problemática en la mayoría de los casos de no contar con la información de gastos, es más común encontrar de precipitación y por lo tanto es necesario apoyarse en los modelos lluvia-escorrimento para transformar la precipitación en gastos.

Para estar en condiciones de aplicar los modelos lluvia-escorrimento es indispensable obtener información de las precipitaciones y características de la cuenca. La primera se obtendrá de registros pluviométricos y la segunda de cartas topográficas, edafológicas y de uso de suelo publicadas por INEGI. Las principales características por conocer son:

- . precipitaciones.
- . duración de la lluvia.
- . área de la cuenca.
- . número N de la curva de escurrimiento.
- . longitud y desnivel del cauce principal.

La información anterior se procesa para determinar una serie de parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento y que se explican en el capítulo VII.

Antes de hacer una descripción de los modelos lluvia-escurrimiento, cabe mencionar que existe una serie de fórmulas empíricas desarrolladas por varios autores en diferentes países. Las fórmulas antes mencionadas no son confiables, ya que se desarrollaron para determinadas cuencas y si aceptamos que cada cuenca tiene sus características propias, entonces esas fórmulas no se pueden generalizar ya que nos inducirían a valores poco confiables.

A continuación se presentan 3 fórmulas empíricas que toman en cuenta una probabilidad de ocurrencia; las demás fórmulas que existen no se presentan debido a que únicamente toman en cuenta el área de la cuenca sin darle importancia a la lluvia y a su distribución y para nuestro análisis carecen de interés.

Fórmulas empíricas

a. Gete

$$Q_{Tr} = (4 + 16 \text{ Log } Tr) * A^{0.5}$$

b. Morgan

$$Q_{Tr} = 52.787 * C * A^{0.5}$$

c. Fuller

$$Q_{Tr}/Q = a + b \text{ Log } Tr$$

en donde:

C = coeficiente en función del período de retorno.
a y b= parámetros que se obtienen de la muestra.
(a= ordenada al origen y b= pendiente de la recta).

Como es de esperarse, las fórmulas empíricas dan valores poco confiables pero en ocasiones dan una idea del orden de los gastos que se pueden presentar. Existen más fórmulas que tienen fácil aplicación, pero no toman en cuenta las precipitaciones asociadas a los períodos de retorno considerados. Por lo que respecta a los métodos empíricos e hidrológicos se consideraron los más fáciles de aplicar, aunque en las normas técnicas hidrológicas de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos presentan otros métodos hidrológicos más elaborados.

Por lo que respecta a los modelos lluvia-escorrentamiento, se consideraron en este capítulo 4 métodos empíricos y 4 métodos hidrológicos, que por su sencillez son los más empleados.

Métodos empíricos

Racional Americano.
Indice Area.
U.S. Soil Conservation Service.
Chow.

Métodos Hidrológicos

Hidrograma Unitario Sintético.
Hidrograma Unitario Triangular.
Hidrograma Unitario Adimensional.
I Pai Wu.

Como es de esperarse, a medida que aumenta el número de parámetros que inciden en los modelos lluvia-escorrentía se vuelven más complejos y a la vez más precisos, por lo que los datos que se necesitan son de mejor calidad y confiabilidad.

5.2 Métodos Empíricos

5.2.1 Racional Americano

El método racional americano es uno de los métodos más utilizados para la obtención de gastos máximos debido a que toma en cuenta el área de la cuenca, un coeficiente de escorrentía y la intensidad de lluvia. El método supone una intensidad de lluvia constante que cae uniforme en toda la cuenca, dicha intensidad se obtiene de dividir la lluvia entre la suma del tiempo de concentración más el de lluvia sin escorrentía. El coeficiente de escorrentía lo podemos estimar como la relación que existe entre la lluvia en exceso y la lluvia total. El coeficiente de escorrentía toma valores entre 0 y 1, además pueda ser variable en función del período de retorno considerado. La expresión que permite valuar el gasto máximo es:

$$Q_{Tr} = 0.278 * C * i * A$$

$$C = h_e/h_p$$

$$i = h_p/(t_c + t_{se})$$

en donde:

Q_{Tr} = gasto máximo en $m^3/sg.$
 t_c = tiempo de concentración en hr.
 t_{se} = tiempo de lluvia sin escorrentía en hr.
 C = coeficiente de escorrentía.
 i = intensidad de lluvia en $mm/hr.$
 A = área de la cuenca en $km^2.$

5.2.2 Indice Area

El método Indice Area es similar al racional americano, pero no toma en cuenta el coeficiente de escurrimiento, en cambio al estimar la intensidad de lluvia toma en cuenta la precipitación en exceso. La expresión para este método es:

$$Q_{Tx} = 0.278 * he * A / (tc + tse)$$

en donde:

Q_{Tx} = gasto máximo en m³/sg.
 tc = tiempo de concentración en hr.
 tse = tiempo de lluvia sin escurrimiento en hr.

5.2.3 U.S. Soil Conservation Service

En este método se calculan las lluvias con duración de 6 horas para cada período de retorno considerado y con el valor N de la curva de escurrimiento se obtienen las precipitaciones en exceso. Posteriormente, en función del tiempo de concentración y de la tabla 1 del apéndice se obtiene un gasto unitario y únicamente se aplica la siguiente expresión para conocer el gasto.

$$Q_{Tx} = q * he * A$$

en donde:

q = gasto unitario en m³/sg/mm/Km²
 A = área de la cuenca en Km.
 he = lluvia en exceso en mm.

5.2.4 Método de Chow

El método fué propuesto por VEN TE CHOW y plantea que el escurrimiento superficial de una cuenca por efecto de una tormenta se obtiene del producto de la lluvia en exceso por el gasto pico de un hidrograma unitario.

$$Q_p = q_p * h_e$$

$$q_p = 2.78 * A * Z/d$$

$$tr = 0.00506 * (L/S^{0.8})^{0.66}$$

en donde:

Z= factor de reducción del pico
d= duración de la lluvia en hr.
A= área de la cuenca en Km².
S= pendiente media del cauce en %.

La expresión para valuar el gasto pico también se puede expresar como:

$$Q_p = A * X * Y * Z$$

en donde:

X= factor de escurrimiento
Y= factor climático

$$X = h_{eb}/d$$

$$Y = 0.278 * h_p/h_{pb}$$

h_p = precipitación en la cuenca.
 h_{pb} = precipitación en la estación base.
 h_{eb} = precipitación en exceso en la estación base.

5.3 Métodos Hidrológicos

Los primeros 3 métodos proponen al hidrograma de la avenida de forma triangular y por lo tanto el volumen de escurrimiento calculado de esta manera es mayor al volumen real de una avenida de la magnitud estimada. Sólo el método del hidrograma adimensional corrige el problema anterior debido a que el hidrograma triangular se le puede dar forma de hidrograma con la gráfica 2 del apéndice.

5.3.1 H.U. Sintético del U.S.S.C.S.

Considera que la lluvia es uniforme en el tiempo y en toda la cuenca. Su expresión para valuar el gasto pico del hidrograma es:

$$Q_p = 0.556 * \frac{h_e * A}{n t_p}$$

$$t_p = 0.5 t_c + A t / 2 = 1.1 t_c$$

$$t_b = n t_p$$

en donde:

Q_p = gasto pico en $m^3/sg.$
 h_e = lluvia en exceso en mm.
 A = área de la cuenca en $Km^2.$
 t_c = tiempo de concentración en hr.
 $A t$ = intervalo de tiempo de análisis en hr.
 t_p = tiempo pico del hidrograma en hr.
 t_b = tiempo base del hidrograma en hr.
 n = parámetro.

para $A \leq 250 \text{ Km}^2$ $n = 2$

para $250 < A < 5000 \text{ Km}^2$ $n = \frac{3(A - 250)}{4750} + 2$

5.3.2 H.U. Triangular del U.S. Bureau of Reclamation

El método considera que el tiempo pico del hidrograma ocurre una vez que transcurre un intervalo de tiempo igual al tiempo de retraso más la mitad de la duración de la tormenta. La expresión para valuar el gasto pico es:

$$Q_p = 0.208 * \frac{A \text{ he}}{t_p}$$

$$t_p = D/2 + t_r = 1.1 * t_c$$

$$t_r = 0.6 t_c$$

$$t_b = 2.67 t_p$$

en donde:

D = duración de la lluvia en exceso en hr.
t_r = tiempo de retraso en hr.

las demás variables ya se definieron.

5.3.3 H.U. Adimensional del S.C.S.

Este método considera que el tiempo base del hidrograma es igual a 5 veces el tiempo pico y a través de un hidrograma unitario suaviza el hidrograma triangular dándole una forma más real. Su expresión para valuar el gasto pico es:

$$Q_p = \frac{A}{5.511 * t_p} * h_e$$

$$t_p = 1.1 * t_c$$

5.3.4 Método de I Pai Wu

Se basa en el modelo lineal propuesto por Nash para generar hidrogramas unitarios instantáneos. El gasto máximo se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_p = \frac{A * h_e}{3.6 * t_p} * f(n, t_p)$$

$$f(n, t_p) = \frac{(n-1)^n \exp(1-n)}{(n-1)}$$

$$n = \frac{4 * tp}{K}$$

en donde:

$$K = 0.73 * A^{0.937} * L^{-1.474} * S^{-1.473}$$

$$tp = 0.93 * A^{1.085} * L^{-1.233} * S^{-0.666}$$

Para conocer la forma del hidrograma se puede recurrir a la siguiente fórmula para intervalos de tiempo diferentes al tiempo pico:

$$Q = Q_p * (t/tp)^{n-1} * [\exp -(n-1)]^{(t/tp)^{n-1}}$$

CAPITULO VI

ALMACENAMIENTO Y TRANSITO DE AVENIDAS

6.1 Funcionamiento de un embalse

6.1.1 Generalidades

Antes del planteamiento del funcionamiento de un embalse conviene destacar las estructuras hidráulicas que constituyen una presa, las cuales se pueden dividir en básicas y especiales. Las primeras se refieren a aquellas que siempre existen en un almacenamiento:

1. Cortina y vaso.
2. Obra de toma.
3. Obra de excedencias.

Por lo que concierne a las obras especiales, son aquellas con las que cuentan propiamente cada almacenamiento en función de sus objetivos de diseño y se pueden mencionar:

1. Obra de control de avenidas.
2. Desarenadores.
3. Diques para cerrar puertas.

Sin duda la cortina es el elemento fundamental de una presa, ya que permite cambiar el régimen al escurrimiento por aprovechar cuyo objetivo principal involucra el aprovechamiento y el control físico del agua. Al construirse una presa, la cortina cierra una parte de la cuenca que permite almacenar el agua dando origen al vaso, dentro del cual podemos distinguir las siguientes capacidades:

- . Capacidad total.
- . Capacidad útil.
- . Capacidad de control de avenidas.
- . Capacidad mínima de operación.
- . Capacidad de azolves.

Las capacidades antes mencionadas se obtienen a partir de un análisis hidrológico, a excepción de la capacidad de azolves que se estima como un 10% de la capacidad total de la presa.

La obra de toma es la estructura que permite la salida del agua almacenada en función de las demandas preestablecidas aguas abajo de la presa, de las necesidades de evacuación ante una avenida de gran magnitud, ó de la combinación de necesidades múltiples. Las obras de toma se pueden clasificar de acuerdo a sus objetivos, a su distribución física y estructura ó por su operación hidráulica.

La obra de excedencias es una estructura que en las presas de almacenamiento y regulación permiten el desalojo de aguas excedentes (producto de avenidas); dicha obra de excedencia es proyectada para que tenga la capacidad suficiente de desalojo de una avenida de diseño asociada a un período de retorno adecuado. En el caso de presas derivadoras, su función consiste en dejar pasar el agua excedente del sistema de derivación. Ordinariamente, la obra de excedencias entrega al río el agua que no se puede almacenar, con régimen subcrítico; esto se logra con cubetas deflectoras o salto de ski, así como con tanques amortiguadores con el objeto de no provocar socavaciones al cauce del río.

6.1.2 Funcionamiento de un vaso

El funcionamiento de un vaso nos sirve como pronóstico a largo plazo, que nos ayuda a obtener los lineamientos generales de la operación de vasos para determinar los niveles del embalse a alcanzar en el próximo año de acuerdo a una extracción de funcionamiento de vaso.

La simulación de funcionamiento de vaso es una herramienta hidrológica que nos permite simular, con un programa de extracciones propuesto, la evolución que hubiera tomado el embalse con las condiciones de escurrimiento, evaporaciones, infiltraciones y lluvias que se han presentado durante los años que se tenga registro, en el sitio analizado.

Al final de la simulación se hará un resumen de los derrames, deficiencias (en volumen y en porcentaje), número de meses con derrames, que son una medida de la política propuesta de extracción. Si existen altas y frecuentes deficiencias deberá probarse una política de extracción de menor volumen; en caso contrario, si ocurren derrames fuertes puede incrementarse el volumen demandado.

6.1.3 Algoritmo del funcionamiento de vasos

Para el análisis del funcionamiento de un vaso partiremos de la ecuación de continuidad y se realizará el tránsito analítico por el embalse de los escurrimientos registrados.

Para un período de tiempo Δt

$$I - O = AV/\Delta t \quad (6.1)$$

Con incrementos finitos y despreciando las pérdidas por infiltración en el vaso y la cortina.

$$V_{i+1} = V_i + EN_i - EV_i - DM \quad (6.2)$$

Sujeta a:

$$SM \leq V_{i+1} \leq SC$$

en donde:

- I = entradas al vaso.
- O = salidas del vaso.
- AV/At = variación del almacenamiento respecto al tiempo.
- V_i = almacenamiento al inicio del período (i).
- V_{i+1} = almacenamiento al final del período (i).
- A_i = área inundada.
- h_i = elevación del embalse.
- EN_i = entradas netas al vaso.
- EV_i = volumen de pérdidas en función del área inicial y final inundada.
- DM_i = volumen demandado.
- SM = capacidad muerta.
- SC = capacidad útil.

En la aplicación de las ecuaciones 6.1 y 6.2 se debe de contar con el registro de los volúmenes escurridos, demandas a satisfacer y las características del vaso (curva de elevaciones-áreas-capacidades). Con estos datos se puede determinar la variación de los niveles del embalse en un cierto intervalo de tiempo con el siguiente algoritmo:

1. Con la elevación inicial del embalse se estimará:

$$\begin{matrix} V_1 \\ A_1 \end{matrix}$$

2. Se determina una primera aproximación:

$$V_{i+1}^1 = V_i + EN_i - DM_i$$

3. Con la primera aproximación se entra a la curva elevaciones-áreas-capacidades para determinar la elevación y el área inundada y obtener los datos medios:

$$V_{i+1}^1 \left[\begin{array}{l} h_{i+1} \quad \bar{h} = 0.5(h_i + h_{i+1}) \\ A_{i+1} \quad \bar{A} = 0.5(A_i + A_{i+1}) \end{array} \right.$$

y se determina una nueva aproximación:

$$V_{i+1}^2 = V_i + EN_i - DM_i - EV_i + \bar{A}$$

4. La nueva aproximación se toma como buena si cumple:

$$|V_{i+1}^{k+1} - V_{i+1}^k| \leq SC/100$$

si no se cumple regresamos al paso anterior haciendo:

$$V_{i+1}^k = V_{i+1}^{k+1}$$

5. Con el valor del almacenamiento al final del periodo se debe checar si hay derrames o deficiencias:

$$\text{Si } SM < V_{i+1}^{k+1} < SC \Rightarrow V_{i+1} = V_{i+1}^{k+1}$$

y analizamos el siguiente período

Si $V_{i+1} > SC$ existen derrames

$$V_{derr} = V_{i+1}^{k+1} - SC \Rightarrow V_{i+1} = SC$$

y analizamos el siguiente período

Si $V_{i+1} < SM$ existen deficiencias

$$V_{def} = SM - V_{i+1}^{k+1} \Rightarrow V_{i+1} = SM$$

$$\%V_{def} = \frac{V_{def}}{DM} \cdot 100$$

6.2 Tránsito de avenidas

6.2.1 Tránsito de avenidas en vasos

El tránsito de una avenida en un vaso es una técnica que nos permite conocer el hidrograma de salida de una presa dadas las características de la obra de excedencias a partir del hidrograma de entradas. Normalmente esta técnica se emplea para el diseño de la obra de excedencias, para conocer la elevación del NAME, para determinar la política de operación de las compuertas del vertedor cuando es controlado, etc.

El tránsito de avenidas en vasos parte de la ecuación de continuidad:

$$\frac{dy}{dt} = I - O \quad (6.3)$$

I = gasto de entrada al vaso.

O = gasto de salida del vaso.

$\frac{dy}{dt}$ = variación del almacenamiento respecto al tiempo.

Por medio de diferencias finitas se obtiene solución de la ecuación 6.3

$$\frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta t} = \frac{I_i + I_{i+1}}{2} - \frac{O_i + O_{i+1}}{2} \quad (6.4)$$

En este proceso se desprecia evaporación e infiltración (como pérdidas en el sistema) dado que la magnitud de estas es considerablemente menor con respecto al volumen que entra ó sale del almacenamiento. Por lo que respecta a la selección del intervalo de tiempo, se considera conveniente tomarlo igual o menor al 10% del tiempo pico del hidrograma de entradas.

Para estar en condiciones de estimar la elevación del embalse y el gasto descargado para cada volumen almacenado en la presa es necesario contar con las curvas elevaciones-áreas-capacidades y la de elevaciones-gastos de salida. La primera se obtiene de la topografía del vaso y la segunda se obtiene de la ecuación $Q = CLH^{3/2}$ para el caso de vertedores de cresta libre. En el caso de que el vertedor sea de cresta controlada, la curva elevaciones-gastos de salida depende de la política de operación de las compuertas.

Para la solución al tránsito de avenidas en vasos nos basaremos en 2 métodos:

a. Método numérico de la C.F.E.

Apoyándonos en la ecuación 6.4 y resolviendo por aproximaciones sucesivas se tiene:

1. el subíndice i e $i+1$ indican el inicio y el final del intervalo analizado.
2. conociendo los valores V_i , I_i , I_{i+1} y h_i , se toma:

$$O_{i+1} = O_i$$

$$K = 0$$

3. se estima el valor de V_{i+1} y de la curva E-A-C se obtiene h_{i+1} :

$$V_{i+1} = \left[\frac{(I_2 + I_1)}{2} - \frac{(O_2 - O_1)}{2} \right] * At + V_i$$

$h_{i+1} \Rightarrow$ de la curva 'E-A-C'

4. con h_{i+1} y con la curva de la ley de descarga se obtiene:

$$O_{i+1}$$

5. $K = K+1$ y si $K \geq 3$ se toma como bueno el valor de O_{i+1} , de lo contrario regresamos al paso 3.

6. $i = i+1$ y regresamos al paso 2.

Nota: En caso de que exista descarga en la obra de toma:

$$V_{i+1} = V_{i+1} - O_c$$

$$O_{i+1} = O_{i+1} + O_c$$

El método numérico de la C.F.E. se basa en iterar una ecuación tantas veces como se requiera hasta transitar la avenida analizada. Por lo menos se deben calcular los gastos descargados para un intervalo de tiempo igual a 3 veces el tiempo pico, ya que después de este intervalo el hidrograma de salidas decrece, es decir, el gasto descargado pico ya ocurrió.

b. Método de Euler

El método parte de representar la curva elevaciones-capacidades y la curva elevaciones-gasto descargado mediante las ecuaciones 6.5 y 6.6 respectivamente.

$$V = Kh^N \quad (6.5)$$

$$O = CL(h-H)^{3/2} \quad (6.6)$$

en donde:

- V = volumen almacenado.
- K y N = constantes obtenidas de una regresión logarítmica.
- H = elevación del vertedor.
- C = coeficiente de descarga del vertedor.
- L = longitud de cresta del vertedor.
- O = gasto descargado.

Apoyados en la ecuación de continuidad (ec. 6.3) y sustituyendo las ecuaciones 6.5 y 6.6 se tiene:

$$\frac{d(Kh^N)}{dt} = I-CL (h-H)^{3/2}$$

derivando y despejando:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{I-CL (h-H)^{3/2}}{N^N h^{N-1}} \quad (6.7)$$

aplicando el criterio de Euler se tiene:

$$\frac{dy}{dx} = f(x,y)$$

$$dy = f(x,y) dx$$

integrando:

$$\int_{y_1}^{y_{i+1}} dy = \int_{x_1}^{x_{i+1}} f(x,y) dx$$

$$Y_{i+1} - Y_i = \int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x,y) dx$$

$$Y_{i+1} = Y_i + f' \Delta x$$

y para nuestro caso se tiene:

$$f(x,y) = f(h,t)$$

es decir el gasto descargado está en función del tiempo y de la elevación del embalse, que a su vez depende del hidrograma de entradas.

$$\frac{dh}{dt} = f(h,t) = \frac{I - CL (h-H)^{3/2}}{KNh^{N-1}}$$

y finalmente queda:

$$h_{i+1} = h_i + \frac{I - CL (h-H)^{3/2}}{KNh^{N-1}} \Delta t \quad (6.8)$$

La ecuación anterior nos proporciona la elevación siguiente al intervalo analizado y con este valor es posible estimar el valor del gasto descargado apoyados en la ecuación de la ley de descarga del vertedor de demasías. Por

lo anterior se requiere iterar la ecuación 6.8 tantas veces hasta llegar a desalojar en su totalidad la avenida que se presentó. Esto generalmente no es práctico porque se tendrán que hacer un número exagerado de iteraciones debido a que el hidrograma de salida es varias veces mayor al hidrograma de entradas, por lo que es recomendable iterar la ecuación hasta un intervalo de tiempo igual a 3 veces el tiempo base del hidrograma de entradas.

6.2.2 Tránsito de avenidas en cauces

El tránsito de avenidas en cauces es un análisis que permite conocer el efecto de almacenamiento de una corriente al paso de una onda de avenidas, es decir, se puede conocer el cambio de forma y el desplazamiento en el tiempo de un hidrograma al moverse aguas abajo por el cauce hasta llegar a un punto de interés.

Para el análisis del tránsito de avenidas en cauces existen metodologías que podemos dividir las en 2 grupos

1. hidráulicos
2. hidrológicos

Los primeros se basan en el desarrollo de las ecuaciones de conservación de masa y cantidad de movimiento formando sistemas de ecuaciones diferenciales que encuentran solución empleando diferencias finitas ó elementos finitos. Los métodos hidrológicos buscan simplificar las ecuaciones diferenciales derivadas del análisis, obteniendo resultados menos precisos que los que se logran con los métodos hidráulicos.

En este capítulo se hablará de los métodos hidrológicos para tránsito en cauces y en especial se desarrollará el método de Muskingum que envuelve el concepto de la cufa y del almacenamiento prismático del cauce. Este método se utilizó por primera ocasión en el año de 1938, el cual fué analizado por G.T. Mc Carthy y otros autores de 1934 a 1935. El desarrollo de este método consiste en utilizar una

ecuación recursiva, que está en función de unos parámetros (K y X) que deben ser calibrados con anterioridad. El desarrollo consta de 2 etapas, la primera como ya se mencionó es el proceso de calibración de parámetros y coeficientes y la segunda etapa es la aplicación del método para realizar el tránsito.

Partiendo de la ecuación de continuidad:

$$\frac{dy}{dt} = I - O \quad (6.9)$$

La capacidad de almacenamiento del cauce está determinada por la siguiente ecuación:

$$V = K (XI + (1 - X) * O) \quad (6.10)$$

en donde:

- I = gasto de entrada.
- O = gasto de salida.
- dy = variación del almacenamiento con respecto al dt tiempo.
- V = almacenamiento en el cauce.
- K = constante de almacenamiento.
- X = peso relativo entre la entrada y la salida en un tramo.

La ecuación de continuidad (ec. 6.9) la podemos expresar como:

$$\frac{I_1 + I_{1+1}}{2} - \frac{O_1 + O_{1+1}}{2} = \frac{V_{1+1} - V_1}{\Delta t}$$

desarrollándola se tiene:

$$O_{i+1} = \frac{-KX+0.5At}{K-KX+0.5At} I_{i+1} + \frac{KX+0.5At}{K-KX+0.5At} I_i + \frac{K-KX-0.5At}{K-KX+0.5At} O_i$$

o bien:

$$O_{i+1} = C_0 I_{i+1} + C_1 I_i + C_2 O_i \quad (6.11)$$

en donde:

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

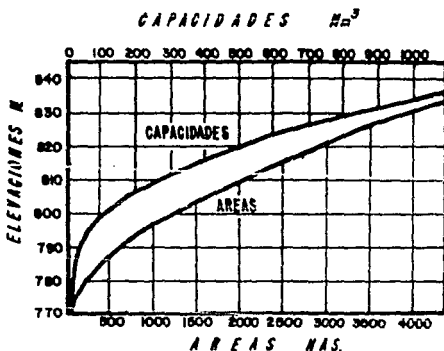
La ecuación 6.11 es la que permite valuar el gasto de salida en la sección de interés del cauca y se deberá iterar hasta que se transite la avenida analizada ó bien se encuentre un valor en especial del gasto de salida.

EJEMPLOS RESUELTOS

Ejemplo 6.1 Llevar a cabo el funcionamiento de vaso de la presa "Angostura" a partir de los datos registrados, tomando como volumen de demanda la mitad del volumen de capacidad de conservación.

a. Curva Elev - Areas - Cap.

Elev m	Area Ha.	Almacenamiento Mm ³
770.00	12.30	0
799.54	1,180.32	100
806.29	1,762.46	200
811.50	2,199.85	300
815.71	2,526.97	400
819.61	2,830.00	500
823.00	3,160.36	600
826.00	3,460.42	700
828.87	3,747.48	800
831.57	4,035.53	900



Volumen inicial almacenado: 432.1 Mm³
 Capacidad de conservación: 864.20 Mm³
 Capacidad muerta: 25 Mm³
 Elevación NAME: 840.15 m.
 Elevación NAMO: 830.70 m.
 Registro histórico de escurrimientos y evaporaciones netas.

Año	Entrada Neta Mm ³	Evaneta m
1976	450.8	1.531
1977	523.5	1.609
1978	882.4	1.495
1979	300.0	1.892
1980	171.6	1.831
1981	233.6	1.407
1982	190.2	1.830
1983	1157.3	1.200
1984	1065.3	1.262
1985	681.9	1.205
1986	725.3	1.196
1987	333.0	1.419
1988	563.6	1.264

Para 1976

$h_1 = 816.94$ m
 $EN_1 = 450.8$ Mm³
 $A = 26'006,582$ m²
 $EVA = 1.531$ m.
 $Demanda = 432.1$ Mm³

$$V_{1 \rightarrow 1}^1 = V_1 + EN_1 - DEM - EVA_1 * \bar{A}$$

$$V_{1 \rightarrow 1}^1 = 432.1 \times 10^6 + 450.8 \times 10^6 - 432.1 \times 10^6 - 1.531 (26.625 \times 10^6)$$

$$V_{1 \rightarrow 1}^1 = 424.794 \text{ Mm}^3$$

$$h_{1 \rightarrow 1} = 816.51 \text{ m} \quad A_{1 \rightarrow 1} = 25'500,325 \text{ m}^2$$

$$\bar{h}_{i+1} = 816.72 \text{ m} \quad \bar{A}_{i+1} = 25'753,453.5 \text{ m}^2$$

$$V_{i+1}^2 = 432.1 \times 10^6 + 450.8 \times 10^6 - 432.1 \times 10^6 - 1.531(25.500 \times 10^6)$$

$$V_{i+1}^2 = 411.76 \text{ Mm}^3$$

$$| 411.76 - 424.794 | \leq 864.2/100$$

$$| 13.034 | > 864.2/100 = 8.642$$

por lo que se realizará otra aproximación

$$h_{i+1} = 816.02 \text{ m} \quad A_{i+1} = 25'203,125 \text{ m}^2$$

$$\bar{h}_{i+1} = 816.265 \text{ m} \quad \bar{A}_{i+1} = 25'351,725 \text{ m}^2$$

$$V_{i+1}^3 = 432.1 \times 10^6 + 450.8 \times 10^6 - 432.1 \times 10^6 - 1.531(25.352 \times 10^6)$$

$$V_{i+1}^3 = 411.99 \text{ Mm}^3$$

$$| 411.99 - 411.76 | \leq 8.642$$

$$| 0.23 | < 8.642$$

por lo que este valor de V_{i+1} se toma como bueno y $V_i = V_{i+1}$ y se analiza el siguiente año. En la siguiente tabla se muestran los resultados para los siguientes años.

Año	E N Mm ³	EVA M	V ₁ Mm ³	h ₁ M	A ₁ Mm ²	V ₁₊₁ Mm ³	Observación
1977	523.5	1.61	411.99	817.65	25.89	459.0	
1978	882.4	1.50	459.09	819.30	27.52	859.6	
1979	300.0	1.89	859.60	828.65	38.76	659.2	
1980	171.6	1.83	659.20	824.68	33.53	346.4	
1981	233.6	1.41	346.40	815.14	23.60	122.3	
1982	190.2	1.83	122.30	799.93	13.62	25.0	VD=169.08 Def=39.13 %
1983	1157.3	1.20	25.00	777.28	5.616	725.6	
1984	1065.3	1.26	725.60	826.12	35.34	864.2	Vder=441.49
1985	681.9	1.21	864.20	828.73	38.88	864.2	Vder=200.10
1986	725.3	1.20	864.20	828.73	38.88	864.2	Vder=243.29
1987	333.0	1.42	864.20	828.73	38.88	712.7	
1988	563.6	1.26	712.70	825.85	34.99	798.6	

Ejemplo 6.2 Realizar el tránsito de la avenida registrada en la estación de la presa "El Tezoyo", a partir de la siguiente información.

Hidrograma de Entradas

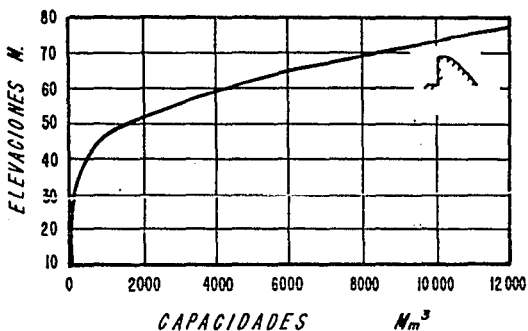
Día	Hora	I(m ³ /s.)
1	0	0
	8	125
	16	188
	24	263
2	8	375
	16	698
	24	1,313
3	8	2,625
	16	5,000
	24	6,000
4	8	6,335
	16	5,887
	24	5,250
	24	5,250
5	8	5,339
	16	2,913

Hidrograma de Entradas

Día	Hora	I (m ³ /s.)
6	24	2,406
	8	2,000
	16	1,675
	24	1,375
7	8	1,125
	16	975
	24	700

Elevación del vertedor	= 69.29 m.
Gasto inicial	= 0 m ³ /s
Gasto de la obra de toma	= 0 m ³ /s
Longitud de cresta	= 105
Coefficiente de descarga	= 2

CURVA ELEVACIONES - ALMACENAMIENTO



a. Método de C.F.E.

$V_i = 7720 \text{ Mm}^3$
 $h_i = 69.29 \text{ m}$
 $A_t = 8 \text{ hr}$
 $I_1 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$
 $I_2 = 125 \text{ m}^3/\text{s}$
 $O_1 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$
 $O_2 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$
 $k = 0$

$$V_2 = \left[\frac{125 + 0}{2} - \frac{0 + 0}{2} \right] * 8 + 7720 \times 10^6$$

$$V_2 = 7,720'000,500 \text{ m}^3$$

de la curva Elev-Cap.

$$h_2 = 69.295 \text{ m}$$

$$O_2 = 2 * 105 * (69.295 - 69.29)^{3/2}$$

$$O_2 = 0.0742 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K = 1$$

$$V_2 = \left[\frac{125 + 0}{2} - \frac{0.0742 + 0}{2} \right] * 8 + 7720 \times 10^6$$

$$V_2 = 7,720'000,499.7 \text{ m}^3$$

de la curva Elev-Cap.

$$h_2 = 69.294 \text{ m}$$

$$O_2 = 2 * 105 * (69.294 - 69.29)^{3/2}$$

$$O_2 = 0.0531 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K = 2$$

$$V_2 = \left[\frac{125 + 0}{2} - \frac{0.0531 + 0}{2} \right] * 8 + 7720 * 10^6$$

$$V_2 = 7,720'000,499.79 \text{ m}^3$$

de la curva Elev-Cap.

$$h_2 = 69.294 \text{ m}$$

$$O_2 = 2 * 105 * (69.294 - 69.29)^{3/2}$$

$$O_2 = 0.0531 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K = 3$$

$$V_2 = 7,720'000,499.79 \text{ m}^3$$

$$h_2 = 69.294 \text{ m}$$

$$O_2 = 0.0531 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se toman como buenos estos valores. En la tabla siguiente se presentan los resultados para los demás intervalos de tiempo.

i	I(m ³ /sg.)	h(m)	O(m ³ /s)
2	125	69.294	0.053
3	188	69.300	0.201
4	263	69.310	0.578
5	375	69.324	1.300
6	688	69.347	2.865
7	1,313	69.391	6.739
8	2,625	69.477	16.969
9	5,000	69.642	43.770
10	6,000	69.875	93.988
11	6,330	70.131	161.928
12	5,887	70.377	238.090
13	5,250	70.595	312.983
14	5,339	70.795	387.842
15	2,913	70.944	446.753
16	2,406	71.032	482.632
17	2,000	71.099	511.025
18	1,625	71.151	533.196
19	1,375	71.190	549.921
20	1,125	71.217	561.816
21	925	71.236	570.134
22	700	71.247	574.713
23	0	71.238	570.858
24	0	71.216	561.116
25	0	71.194	551.595
26	0	71.172	542.277
27	0	71.151	533.144
28	0	71.130	524.196
29	0	71.110	515.454
30	0	71.089	506.880
31	0	71.069	498.474
32	0	71.050	490.267
33	0	71.031	482.242
34	0	71.012	474.253
35	0	70.993	466.623
36	0	70.974	459.083
37	0	70.956	451.664
38	0	70.938	444.409
39	0	70.921	437.298
40	0	70.903	430.340
41	0	70.886	423.515
42	0	70.869	416.819

i	I(m ³ /sg.)	h(m)	O(m ³ /sg)
43	0	70.853	410.270
44	0	70.836	403.843
45	0	70.820	397.551
46	0	70.804	391.374
47	0	70.789	385.330
48	0	70.773	379.381
49	0	70.758	373.574
50	0	70.743	367.867
51	0	70.728	362.270
52	0	70.714	356.784
53	0	70.700	351.412
54	0	70.685	346.130
55	0	70.671	340.962
56	0	70.658	335.874

b. Método de Euler.

$I_0 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$
 $h_0 = 69.29 \text{ m}$
 $K = 0.9039$
 $N = 5.4363$

$$h_1 = 69.29 + \frac{0 - 2 * 105 * (69.29 - 69.29)^{3/2}}{0.9039 * 5.4263 * 69.29^{(5.4263-1)}} * 8$$

$h_1 = 69.29 \text{ m}$

$O_1 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$

para $i = 1$

$I_1 = 125 \text{ m}^3/\text{s}$

$$h_2 = 69.29 + \frac{(125 - 2 * 105 * (69.29 - 69.29)^{3/2}) * 8}{0.9039 * 5.4263 * 69.29^{(5.4263-1)}}$$

$$h_2 = 69.293 \text{ m}$$

$$O_2 = 2 * 105 * (69.293 - 69.29)^{3/2}$$

$$O_2 = 0.0345 \text{ m}^3/\text{s}$$

Los demás resultados se presentan en la siguiente tabla

i	I(m ³ /sg.)	h(m)	O(m ³ /sg.)
0	0	69.290	0
1	125	69.293	0.035
2	188	69.304	0.343
3	263	69.315	0.855
4	375	69.332	1.810
5	688	69.362	4.087
6	1,313	69.420	9.850
7	2,625	69.535	25.457
8	5,000	69.752	65.922
9	6,000	70.007	127.544
10	6,330	70.270	203.726
11	5,887	70.507	281.823
12	5,250	70.711	355.552
13	5,339	70.912	434.000
14	2,913	71.012	474.407
15	2,406	71.089	506.510
16	2,000	71.148	531.689
17	1,625	71.193	551.164
18	1,375	71.225	565.303
19	1,125	71.247	574.958
20	925	71.263	581.881
21	700	71.267	583.928
22	0	71.245	573.832
23	0	71.222	563.953
24	0	71.200	554.286
25	0	71.178	544.828
26	0	71.157	535.572

i	I(m ³ /sg.)	h(m)	O(m ³ /sg)
27	0	71.136	526.512
28	0	71.115	517.644
29	0	71.094	508.964
30	0	71.074	500.466
31	0	71.054	492.146
32	0	71.035	484.000
33	0	71.016	476.022
34	0	70.997	468.211
35	0	70.978	460.562
36	0	70.960	453.070
37	0	70.942	445.730
38	0	70.924	438.541
39	0	70.906	431.498
40	0	70.889	424.599
41	0	70.872	417.837
42	0	70.855	411.214
43	0	70.839	404.722
44	0	70.822	398.360
45	0	70.806	392.125
46	0	70.791	396.015
47	0	70.775	380.025
48	0	70.760	374.154

Ejemplo 6.3 En la estación hidrométrica "Huehuetoca" se registró la avenida mostrada en la tabla siguiente. Se requiere realizar el tránsito de la avenida en el cauce del río Cuautitlán para saber si habrá desbordamiento, si el río es capaz de conducir un gasto de 70 m³/s

i	Tiempo hr	I m ³ /s
1	0	20.0
2	4	120.0
3	8	100.0
4	12	80.0
5	16	60.0

i	Tiempo hr	I m ² /s
6	20	40.0
7	24	30.0
8	28	25.0
9	32	20.0
10	36	20.0
11	40	20.0
12	44	20.0

a. Cálculo de las constantes C_0 , C_1 y C_2

At= 4 horas
 K= 12.12 horas
 x= 0.2

$$\begin{aligned}
 Kx - 0.5 At &= 12.12 (0.2) - 0.5(4) &= 0.42 \\
 Kx + 0.5 At &= 12.12 (0.2) + 0.5(4) &= 4.42 \\
 K - Kx - 0.5 At &= 12.12 - 12.12(0.2) - 0.5(4) &= 7.70 \\
 K - Kx + 0.5 At &= 12.12 - 12.12(0.2) + 0.5(4) &= 11.70
 \end{aligned}$$

$$C_0 = \frac{0.42}{11.70} = -0.04$$

$$C_1 = \frac{4.42}{11.70} = 0.38$$

$$C_2 = \frac{7.70}{11.70} = 0.66$$

$$\text{Suma} = 1.00$$

i	Hora	Ingreso			Egreso	
		I_i m ³ /s	$C_0 I_i$ m ³ /s	$C_1 I_{i-1}$ m ³ /s	$C_2 O_{i-1}$ m ³ /s	O_i m ³ /s
1	0	20	0	0	0	20
2	4	120	-4.80	7.60	13.20	16
3	6	100	-4.00	45.60	10.56	52.16
4	12	80	-3.20	38.00	34.43	69.23
5	16	60	-2.40	30.40	45.69	73.69
6	20	40	-1.60	22.80	48.63	69.83
7	24	30	-1.20	15.20	46.09	60.09
8	28	25	-1.00	11.40	39.66	50.06
9	32	20	-0.80	9.50	33.04	41.74
10	36	20	-0.80	7.60	27.55	34.35
11	40	20	-0.80	7.60	22.67	29.47
12	44	20	-0.80	7.60	19.45	26.25

Se observa que el máximo gasto de egreso (hidrograma en el sitio B) es 73.69 m³/s por lo que SI SE INUNDARA EL POBLADO.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO VII

AVENIDAS DE DISEÑO

En la elaboración de proyectos de obras hidráulicas se aplican técnicas para obtener avenidas máximas asociadas a una probabilidad de ocurrencia que sirvan de apoyo en los estudios correspondientes. Generalmente para obtener esos valores se realizan estudios hidrológicos en donde se aplican metodologías apropiadas al problema analizado.

Si contamos con registros históricos de gastos en el lugar del proyecto, el problema se resume a aplicar una distribución de valores extremos y obtener los gastos adecuados. Generalmente lo anterior no se puede llevar a cabo debido a que existen en el país muy pocas estaciones hidrométricas, que son las que nos proporcionan registros de gastos; la información de la que se dispone en la mayoría de los casos es de láminas de precipitación. Por esta razón es que los modelos lluvia-escorrentamiento siguen siendo muy utilizados en la obtención de avenidas máximas a partir de precipitaciones.

En cuencas aforadas resulta fácil estimar los parámetros que inciden en los modelos lluvia-escorrentamiento y calibrar la cuenca, pero en la mayor parte de las ocasiones

se realizan estudios en cuencas no aforadas. Para solucionar este problema, al hacer un estudio hidrológico será necesario tomar en cuenta las principales características de la cuenca en estudio para tratar de conocer como responde ante una precipitación. En el análisis hidrológico de una cuenca es importante poder determinar la fracción de la precipitación total que provoca escurrimiento superficial y que está en función del uso del suelo en el lugar analizado. Para hacer la estimación de la lluvia en exceso se recurre a estimar un coeficiente de escurrimiento ó a obtener el valor N de la curva de escurrimiento; el primero está en función del uso del suelo de la cuenca y el segundo aparte de considerar lo anterior, toma en cuenta la edafología de la cuenca, es decir, la textura del suelo. Los parámetros anteriores se pueden obtener de las tablas 3,4 y 5 del apéndice.

Por lo anterior expuesto, en la realización de estudios hidrológicos se recurre a métodos indirectos y simplificaciones para obtener los parámetros que sirven de apoyo para el análisis. A continuación se presenta una metodología para realizar estudios hidrológicos, partiendo que la información disponible es de láminas de precipitación.

Dentro de los primeros trabajos está el de delimitar la cuenca en estudio y obtener sus características principales como su área, cauce principal, longitud y desnivel de este, uso del suelo y edafología de la cuenca. Para delimitar la cuenca será necesario hacer un levantamiento topográfico ó bien recurrir a las cartas topográficas editadas por INEGI, asimismo se puede disponer de las cartas de uso del suelo y edagológicas. Es recomendable hacer un recorrido en la cuenca para verificar los datos obtenidos de las cartas de INEGI. Para un análisis más preciso, si se cuenta con los recursos, es recomendable utilizar brigadas de campo para recopilar una información más confiable y sobre todo actualizada de las características de la cuenca.

Se debe delimitar la cuenca según su uso de suelo y su edafología, se sobreponen esas características y cada uso de suelo se delimita según su edafología; obteniendo así su número N de la curva de escurrimiento; después de hacer lo anterior se obtiene un número N que representa a toda la cuenca, tomando un promedio ponderado de acuerdo al área de

cada uso del suelo dentro de la cuenca. La edafología de la cuenca nos permite conocer un tipo de suelo (A, B, C y D) según su grado de permeabilidad y el uso del suelo nos arroja el valor de N.

Procesando la información fisiográfica de la cuenca podemos obtener la pendiente media del cauce utilizando el criterio de Taylor y Schwarz, como la de un canal de sección constante que tenga una longitud igual a la del cauce principal y sea capaz de transportar el agua en el mismo tiempo que la corriente. Para esto será necesario dividir el cauce en tramos iguales y para cada uno obtener su pendiente, para aplicar la siguiente expresión.

$$S = \left[\frac{m}{1/\sqrt{S_1} + 1/\sqrt{S_2} + \dots + 1/\sqrt{S_m}} \right]^2 \quad (7.1)$$

en donde:

- m = número de tramos considerado.
- S_m = pendiente del cauce en cada tramo.
- S = pendiente media del cauce.

Con el valor de "S" y con el desnivel del cauce principal se puede estimar su tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo que tarda en recorrer al cauce una partícula de agua. Para valuar este tiempo existen varias expresiones propuestas por diferentes autores, de las cuales se adoptará un valor que se considere adecuado. Cabe aclarar que para fines del cálculo de la intensidad de lluvia se debe considerar la suma del tiempo de lluvia sin escurrimiento (T_{LLSE}) más el tiempo de concentración del cauce, para obtener la duración más desfavorable de la tormenta, es decir, una vez transcurrido este tiempo toda la cuenca aporta escurrimiento superficial. Las expresiones más comunes para valuar el tiempo de concentración del cauce principal son:

$$\text{Kirpich} \quad a) \quad t_c = 0.39 (L^2/S)^{0.385} \quad (7.2)$$

$$b) \quad t_c = 32.5 \frac{L}{\sqrt{L^3/H}} (\sqrt{L^3/H})^{0.77} \quad (7.3)$$

$$\text{Fao} \quad t_c = L^{1.15}/15H^{0.38} \quad (7.4)$$

$$\text{Row} \quad t_c = (0.87L^3/H)^{0.385} \quad (7.5)$$

$$\text{E.Basso} \quad a) \quad t_c = 0.067 (L/\sqrt{S})^{0.77} \quad (7.6)$$

$$b) \quad t_c = 0.067 (L^{1.15}/H^{0.385}) \quad (7.7)$$

$$\text{Chow} \quad t_c = 0.00506 (L/\sqrt{S})^{0.64} \quad (7.8)$$

en donde:

S= pendiente media del cauce.

H= desnivel del cauce.

L= longitud del cauce.

Asimismo, se recopila la información de las estaciones pluviométricas que se encuentren dentro de la cuenca y se selecciona la que tenga más años de registro. El proceso de esta información consiste en ordenarla de mayor a menor y asociarles un período de retorno con la siguiente ecuación:

$$T_r = \frac{m+1}{n} \quad (7.9)$$

en donde:

m= años de registro.

n= número progresivo de la lluvia.

Generalmente el registro analizado no es tan extenso, como consecuencia los períodos de retorno calculados no cubren a los que se necesitan. Por lo anterior es que se deben aplicar distribuciones de valores extremos que permitan conocer las precipitaciones para los períodos de retorno considerados. Los períodos antes mencionados están en función del grado de riesgo de la obra en caso de falla. Las distribuciones de probabilidad para valores extremos más empleadas son:

- a. Distribución de Nash.
- b. Distribución Gumbel.
- c. Distribución Log Normal.
- d. Distribución Log Pearson III.

a. Distribución de Nash

Esta distribución se considera un ajuste de la distribución Gumbel por el método de mínimos cuadrados. Nash considera que al aplicar una ecuación lineal se puede determinar el valor del evento para un período de retorno, dicha ecuación es del tipo

$$h_p = a + b \text{LogLog} (T_r / (T_r - 1)) \quad (7.10)$$

o bien

$$Y = a + bx \quad (7.11)$$

los valores de a y b se ajustan con las ecuaciones:

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (7.12)$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (7.13)$$

en donde:

n= número de datos del registro.
 y= precipitaciones del registro histórico.
 x= LogLog (Tr/(Tr-1)).

Se sustituyen los valores de a y b en la ecuación 7.10 y al aplicar los periodos de retorno considerados se obtendrán precipitaciones asociadas a esos periodos.

b. Distribución Gumbel

Gumbel propone una función de distribución de probabilidad para estimar un evento extremo asociado a una probabilidad de ocurrencia en función del periodo de retorno.

$$p(x) = 1 - \frac{1}{Tr} \quad (7.14)$$

$$F(q) = \exp(-\exp((q + a_1)/c_1)) \quad (7.15)$$

Y la ecuación que nos permite conocer la precipitación asociada al periodo de retorno en cuestión es:

$$h_p = h_p - \frac{S_y}{\sigma_n} Y_n + \text{LnLn}(Tr/(Tr-1))$$

en donde:

T_r = período de retorno.
 h_p = precipitación máxima relacionada con T_r .
 \bar{h}_p = media de las precipitaciones registradas.
 S_y = desviación estándar de la muestra.
 σ_n, Y_n = parámetros según el tamaño de la muestra, se obtiene de la tabla 6 del apéndice.

c. Distribución Log Normal

Esta distribución arroja resultados aceptables cuando los logaritmos de la muestra tienen una distribución normal. Para conocer la precipitación asociada a un período de retorno se aplica la siguiente ecuación

$$h_p = \exp(\mu_n + Z\sigma_n)$$

en donde:

μ_n = es la media de los logaritmos de los datos.
 σ_n = desviación estándar de los logaritmos de los datos.
 Z = factor de frecuencia en función de T_r .

T_r	Z
1.01	-4.42
2.00	0.0
10.00	1.285
20.00	1.65
50.00	2.06
100.00	2.33
1000.00	3.08
10000.00	3.62

d) Distribución Log Pearson III

Para aplicar la distribución Log Pearson III es necesario obtener los logaritmos de la muestra y determinar la media y desviación estándar. En la distribución incide un factor de frecuencia que está en función del coeficiente de sesgo de la distribución de la muestra, que se observa en la tabla 7 del apéndice. La ecuación para estimar la precipitación asociada a un período de retorno es

$$h_p = \exp (\mu_n + K \sigma_n)$$

en donde:

μ_n = media del logaritmo de los datos.

σ_n = desviación estándar de los datos.

K = factor de frecuencia en función de Cs.

Los valores de la muestra y los obtenidos al aplicar las distribuciones de probabilidades se llevan a una gráfica en papel probabilidad para poder comparar y seleccionar la distribución que se ajuste mejor a la muestra. Una vez seleccionada la distribución, se harán 2 correcciones a las precipitaciones; una por magnitud de cuenca según la figura 8 del apéndice y la otra por longitud de registro para lo cual L. L. Weiss propone un valor del factor de corrección igual a 1.13. Con el valor corregido de las precipitaciones se podrá obtener la lluvia en exceso aplicando el criterio de la U.S. Soil Conservation Service, que está en función del número N de la curva de escurrimiento (figura 9 del apéndice).

$$h_e = \frac{(h_p - \frac{5080}{N} + 50.8)^2}{\frac{20320}{N} - 203.2}$$

Para definir la intensidad de lluvia más desfavorable, se tomará al tiempo de concentración del cauce principal más el tiempo de lluvia sin escurrimiento como la duración de la tormenta. Como ya se mencionó, cuando ocurre el tiempo anterior toda la cuenca está aportando escurrimiento superficial. La intensidad será igual a la precipitación en exceso entre la duración de la lluvia.

$$i = \frac{he}{tc + t_{se}}$$

Con los parámetros ya calculados podemos utilizar los modelos lluvia-escurrimiento para determinar la avenida de diseño. Dentro de los modelos antes mencionados existen los empíricos y los hidrológicos. Los métodos empíricos tienen la ventaja que son fáciles de aplicar, sin embargo sus bases teóricas son muy limitadas por lo que al aplicarlos hay que hacerlo con cierta reserva. En cambio los métodos hidrológicos tienen más bases teóricas, además tratan de obtener el hidrograma probable provocado por la lluvia en exceso.

Fórmulas empíricas

{ Gete
Morgan
Fuller

Métodos empíricos

{ Racional Americano
Indice Área
U.S. Soil Conservation Service
Método de Chow

Métodos hidrológicos

Hidrograma unitario sintéticos
del U.S.S.C.S.
Hidrograma unitario triangular.
del U.S.B.R.
Hidrograma adimensional del SCS
Método I Pai Wu

Lo único que resta es seleccionar el gasto a utilizar para el diseño de la obra hidráulica. En el caso de obras de excedencia, el gasto obtenido se transitará y se hará el diseño.

EJEMPLOS RESUELTOS

Ejemplo 7.1 Calcular la avenida máxima que se puede presentar en la Presa Taxhimay a partir de los datos de precipitaciones registrados en la estación Taxhimay.

Registro Histórico de Precipitaciones

Año	Precipitación (mm)
1951	47.0
1952	84.0
1953	37.5
1954	57.5
1955	67.0
1956	37.5
1957	45.0
1958	51.5
1959	62.5
1960	33.5
1961	37.5
1962	55.5
1963	43.5
1964	49.0
1965	63.0
1966	111.5
1967	50.0
1968	104.0
1969	35.0
1970	56.0
1971	48.5
1972	33.0
1973	42.0
1974	57.0
1975	68.5
1976	57.5
1977	72.5
1978	44.5
1979	32.0
1980	66.5
1981	50.5

Registro Histórico de Precipitaciones

Año	Precipitación (mm)
1982	55.0
1983	48.0
1984	42.0
1985	40.5
1986	62.0
1987	21.0
1988	44.0

Características fisiográficas de la cuenca

Area de la cuenca	357.56 Km ²
Número "N" de escurrimiento	72.85
Longitud del cauce principal	42.50 Km
Desnivel del cauce principal	1,262.00 m
Elevación del cauce (vaso)	2,178.00 m
Elevación final del cauce (parte aguas)	3,440.00 m

Elevaciones a cada kilómetro del cauce principal (partiendo del vaso)

Estación	Elevación
0	2,178
1	2,186
2	2,193
3	2,200
4	2,225
5	2,240
6	2,248
7	2,254
8	2,281
9	2,287
10	2,297
11	2,302
12	2,314
13	2,323
14	2,331

Elevaciones a cada kilómetro del cauce principal
(partiendo del vaso)

Estación	Elevación
15	2,343
16	2,355
17	2,365
18	2,375
19	2,387
20	2,398
21	2,420
22	2,437
23	2,458
24	2,488
25	2,499
26	2,525
27	2,545
28	2,566
29	2,593
30	2,635
31	2,663
32	2,695
33	2,733
34	2,772
35	2,820
36	2,865
37	2,917
38	2,993
39	3,126
40	3,218
41	3,338
42	3,423
42.5	3,440

La solución de este problema queda fuera del objetivo del presente trabajo, por lo que sólo se darán los resultados usando el paquete "Hidrosup", en el capítulo X.

CAPITULO VIII

PROGRAMACION

Aunque actualmente existen varios lenguajes de programación muchos de ellos estructurados y algunos un tanto sofisticados, para la elaboración del paquete se utilizó el lenguaje BASIC debido a que es de fácil comprensión y manejabilidad, aunque con el inconveniente de no ser un lenguaje muy estructurado utilizando una gran cantidad de líneas y por lo tanto una mayor capacidad de memoria.

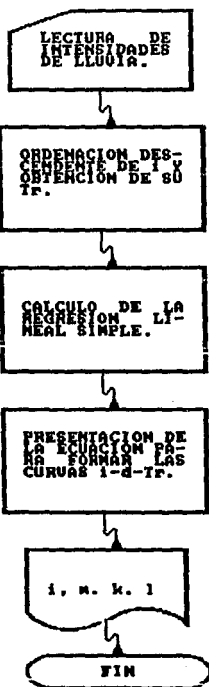
El paquete en su presentación consta de un menú principal, el cual permite el acceso a siete programas encaminados a resolver diferentes problemas referentes a hidrología superficial. Dicho paquete se encuentra compilado con el objeto de evitar cargar el lenguaje basic para poder interpretar los programas.

Los problemas que se pueden resolver con el paquete son:

1. Cálculo de la ecuación que genera las curvas $i-d-T_x$.
2. Cálculo de las curvas h_p-A-d .
3. Extensión de registros históricos.
4. Índice de infiltración media.
5. Cálculo del coeficiente de escurrimiento.
6. Cálculo del tiempo de encharcamiento.
7. Funcionamiento de vasos.
8. Tránsito de avenidas en vasos.
9. Tránsito de avenidas en cauces.
10. Cálculo de avenidas máximas.

A continuación se presentan los listados de los programas desarrollados precedidos por un diagrama de flujo.

CURVAS i - d - Tr



```

10 SCREEN 2
20 CLEAR
30 KEY OFF:CLS
40 REM *** PROGRAMA PARA LA CURVA I-d-Tr ***
50 BEEP:BEEP
60 LOCATE 10,23:PRINT "AJUSTE DE LA ECUACION PARA LA CURVA"
70 LOCATE 14,22:PRINT "INTENSIDAD-DURACION-PERIODO DE RETORNO"
80 LINE (149,60)-(490,60):LINE (490,60)-(490,120):LINE (490,120)-(149,120):LINE
(149,120)-(149,60)
90 LINE (151,61)-(487,61):LINE (487,61)-(487,119):LINE (487,119)-(151,119):LINE
(151,119)-(151,61)
100 FOR CON=1 TO 20000:NEXT CON:BEEP:BEEP
110 CLS
120 LOCATE 12,5:PRINT "          Para la obtención de la ecuación que genera las c
urvas 'i-d-Tr',"
130 LOCATE 13,5:PRINT "se calibrarán los parámetros que en ella inciden median
te una regresión"
140 LOCATE 14,5:PRINT "lineal múltiple"
150 LINE(25,3)-(638,3):LINE(638,3)-(638,197):LINE(638,197)-(25,197):LINE(25,197)
-(25,3)
160 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
170 CLS:LOCATE 2,30:PRINT "DATOS GENERALES"
180 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,19):LINE (638,19)-(25,19):LINE (25,19)
-(25,3)
190 LINE (25,23)-(638,23):LINE (638,23)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (
25,197)-(25,23)
200 LOCATE 8,10:PRINT "Localidad          ":"LOCATE 10,10:PRINT "Estado
":"LOCATE 12,10:PRINT "Estación base      ":"LOCATE 14,10:PRINT "No. de duracio
nes : "
210 LOCATE 16,10:PRINT "No. de intensidades por duración : "
220 LOCATE 8,30:INPUT LOCALIDAD$:LOCATE 10,30:INPUT ESTADO$:LOCATE 12,30:INPUT E
STACION$:LOCATE 14,30:INPUT ND:LOCATE 16,44:INPUT NI
230 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
240 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 270
250 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 170
260 BEEP:BEEP:GOTO 230
270 ZZ=ND*NI
280 DIM DU(ND), IN(ZZ+1), TR(NI), ZI(NI+1), YI(ZZ), YX1(ZZ), YX2(ZZ), XX1(ZZ)
290 REM ** LECTURA DE INFORMACION **
300 CLS
310 MIAU=0
320 GOSUB 1120
330 LIN=13-ND/2:IF LIN<=3 THEN LIN=4
340 FOR I=1 TO ND
350 IF LIN=22 THEN 390
360 LOCATE LIN,15:PRINT "Duración (;I;):"
370 LIN=LIN+1
380 NEXT I
390 LIN=13-ND/2:IF LIN<=3 THEN LIN=4
400 IF J>1 THEN MIAU=J-1
410 FOR J=(1+MIAU) TO ND
420 IF LIN=22 THEN GOSUB 1120:GOTO 360
430 LOCATE LIN,33:INPUT DU(J)
440 LIN=LIN+1
450 NEXT J
460 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (s/n)":AA$=INPUT $(1)
470 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 500
480 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN J=0:GOTO 300

```

```

490 BEEP:BEEP:GOTO 460
500 CLS
510 M=0
520 UI=1
530 FOR J=1 TO ND
540 GOSUB 1170
550 LIN=13-NI/2:IF LIN<=3 THEN LIN=4
560 FOR I=1 TO NI
570 IF LIN=22 THEN GOSUB 1170
580 LOCATE LIN,15:PRINT "Intensidad (;I;):";INPUT IN(I+M)
590 LIN=LIN+1
600 NEXT I
610 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
620 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 650
630 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 540
640 BEEP:BEEP:GOTO 610
650 M=NI*J:UI=UI+1
660 NEXT J
670 CLS
680 LOCATE 12,20:PRINT "Inicia el proceso...espere un momento"
690 REM ** OBTENCION DE LOS PERIODOS DE RETORNO ASOCIADOS A LAS INTENSIDADES **
700 FOR I=1 TO NI
710 TR(I)=(NI+1)/I
720 NEXT I
730 REM ** ORDENACION DE LA INFORMACION **
740 M=0
750 FOR J=1 TO ND
760 FOR I=1 TO (NI-1)
770 FOR H=1 TO NI
780 IF H=NI THEN 820
790 IF IN(H+M)<IN(H+1+M) THEN ZI(H)=IN(H+1+M):ZI(H+1)=IN(H+M):GOTO 810
800 GOTO 820
810 IN(H+M)=ZI(H):IN(H+1+M)=ZI(H+1)
820 NEXT H
830 NEXT I
840 NEXT J
850 REM ** INICIA EL PROCESO **
860 J=0:M=1
870 FOR I=1 TO ZE
880 J=J+1:TRI=LOG (TR(J)):DUI=LOG (DU(M))
890 YI(I)=LOG (IN(I)):YX1(I)=YI(I)*TRI:YX2(I)=YI(I)*DUI:XX1(I)=TRI*DUI
900 COL1=COL1+YI(I):COL2=COL2+TRI:COL3=COL3+DUI:COL4=COL4+TRI^2:COL5=COL5+DUI^2
:COL6=COL6+YX1(I):COL7=COL7+YX2(I):COL8=COL8+XX1(I)
910 IF J=NI THEN M=M+1:J=0
920 NEXT I
930 DELTA=(ZZ*COL4*COL5+COL2*COL8*COL3+COL3*COL2*COL8)-(COL2^2*COL5+ZZ*COL8^2+CO
L3^2*COL4)
940 A0=((COL1*COL4*COL5+COL6*COL8*COL3+COL7*COL2*COL8)-(COL6*COL2*COL5+COL1*COL8
^2+COL7*COL4*COL3))/DELTA
950 A1=((ZZ*COL6*COL5+COL2*COL7*COL3+COL3*COL1*COL8)-(COL2*COL1*COL5+ZZ*COL7*COL
8+COL3^2*COL6))/DELTA
960 A2=-((ZZ*COL4*COL7+COL2*COL8*COL1+COL3*COL2*COL6)-(COL2^2*COL7+ZZ*COL8*COL6+
COL3*COL4*COL1))/DELTA
970 CLS
980 LOCATE 2,5:PRINT "LOCALIDAD : ";LOCALIDAD$:LOCATE 3,5:PRINT "ESTADO
: ";ESTADO$:LOCATE 4,5:PRINT "ESTACION BASE : ";ESTACION$
990 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,35):LINE (638,35)-(25,35):LINE (25,35)
-(25,3)

```

```

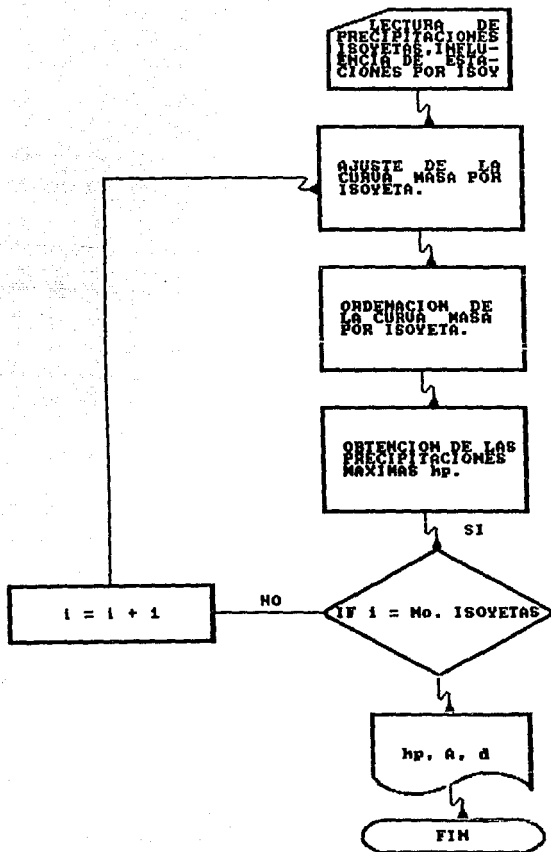
1000 LINE (25,39)-(638,39):LINE (638,39)-(638,195):LINE (638,195)-(25,195):LINE
(25,195)-(25,39)
1010 LOCATE 7,25:PRINT "Ecuación de la curva I-d-Tr"
1020 LOCATE 15,30:PRINT USING "###.###";K:LOCATE 15,39:PRINT "Tr ^ (:LOCATE 15,
45:PRINT USING "###.###";A1:LOCATE 15,52:PRINT ")":LINE (234,123)-(405,123)
1030 LOCATE 17,37:PRINT "d" (:LOCATE 17,41:PRINT USING "###.###";A2:LOCATE 17,47
:PRINT ")")
1040 LOCATE 16,26:PRINT "i=":LOCATE 22,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar.
..":AA$=INPUT $(1)
1050 REM ** PRESENTACION DE LAS CURVAS **
1060 CLS:LOCATE 1,30:PRINT "O P C I O N E S"
1070 LOCATE 10,10:PRINT "1. Desea hacer otro cálculo":LOCATE 12,10:PRINT "2. Des
ea impresión de resultados":LOCATE 14,10:PRINT "3. Desea regresar al menú pricip
al"
1080 LOCATE 22,40:PRINT "Opción :";OP$=INPUT $(1):PRINT OP$:OP=VAL (OP$):IF OP<
1 OR OP>3 THEN BEEP:BEEP:GOTO 1080
1090 BEEP:FOR CON=1 TO 2000:NEXT CON
1100 ON OP GOSUB 20,1220
1110 RUN "HS"
1120 REM *** PRIMER SUBROUTINA PARA ENCABEZADO ***
1130 CLS:LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,19):LINE (638,19)-(25,19):LINE (2
5,19)-(25,3)
1140 LINE (25,23)-(638,23):LINE (638,23)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE
(25,197)-(25,23)
1150 LOCATE 2,30:PRINT "DURACIONES [min]":LIN=4
1160 RETURN
1170 REM *** SEGUNDA SUBROUTINA PARA ENCABEZADO ***
1180 CLS:LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,19):LINE (638,19)-(25,19):LINE (2
5,19)-(25,3)
1190 LINE (25,23)-(638,23):LINE (638,23)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE
(25,197)-(25,23)
1200 LOCATE 2,16:PRINT "INTENSIDADES PARA ";DU(UI);" min DE DURACION [mm/hr]":L
IN=13-NI/2:IF LIN<=3 THEN LIN=4
1210 RETURN
1220 REM *** RUTINA DE IMPRESION DE RESULTADOS ***
1230 TR1(1)=1:TR1(2)=2:TR1(3)=5:TR1(4)=10:TR1(5)=20:DI(1)=5:DI(2)=10:DI(3)=20:DI
(4)=30:DI(5)=45:DI(6)=60:DI(7)=120
1240 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
1250 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
1260 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA":LPRINT
1270 LPRINT :LPRINT:LPRINT
1280 LPRINT TAB(23) "ECUACION PARA LA CURVA 'I - D - Tr '"
1290 LPRINT TAB(23) "-----":LPRINT :LPRINT :LPRINT
T :LPRINT :LPRINT
1300 LPRINT TAB(5) "LOCALIDAD : ";LOCALIDAD$
1310 LPRINT TAB(5) "ESTADO : ";ESTADO$
1320 LPRINT TAB(5) "ESTACION BASE: ";ESTACION$:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT:L
PRINT :LPRINT :LPRINT
1330 LPRINT TAB(33) USING"###.###";K:LPRINT TAB(41) "Tr ^":LPRINT TAB(45) USIN
G"###.###";A1
1340 LPRINT TAB(30) "i= -----"
1350 LPRINT TAB(38) "d ^":LPRINT TAB(42) USING"###.###";A2:LPRINT :LPRINT :LPRINT
T :LPRINT :LPRINT :LPRINT
1360 LPRINT TAB(25) "I N T E N S I D A D E S [mm/hr]":LPRINT :LPRINT :LPRINT :L
PRINT
1370 LPRINT TAB(32) "DURACIONES [min]":LPRINT :LPRINT :LPRINT

```

1380 LPRINT TAB(3) "Tr 5 10 20 30 45
60 120"

1390 LPRINT TAB(3) "-----
 ":LPRINT :LPRINT

1400 FOR I=1 TO 5
1410 NM=0
1420 LPRINT TAB(2) USING"###.###";TR1(I);
1430 FOR J=1 TO 7
1440 IN(J)=K*TR1(I)^A1/DI(J)^A2
1450 LPRINT TAB(13+NM) USING"####.###";IN(J);
1460 NM=NM+10
1470 NEXT J
1480 NEXT I:LPRINT
1490 GOTO 1060



```

10 SCREEN 2
20 CLS
30 CLEAR:KEY OFF
40 REM ** PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LAS CURVAS hp-A-D **
50 BEEP:BEEP
60 LINE (135,59)-(489,59):LINE (489,59)-(489,124):LINE (489,124)-(135,124):LINE
(135,124)-(135,59)
70 LINE (136,60)-(488,60):LINE (488,60)-(488,123):LINE (488,123)-(136,123):LINE
(136,123)-(136,60)
80 LOCATE 10,20:PRINT "PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LAS CURVAS"
90 LOCATE 14,23:PRINT "PRECIPITACION - AREA - DURACION"
100 FOR CON=1 TO 20000:NEXT CON
110 CLS
120 LOCATE 12,5:PRINT " Se calcularán la máximas cantidades de precipitación
que se producen"
130 LOCATE 13,5:PRINT "para diferentes áreas y duraciones, a partir del aju
ste de la curva"
140 LOCATE 14,5:PRINT "masa media de la precipitación, para obtener la condición
más severa."
150 LINE (25,3)-(638,3):LINE(638,3)-(638,197):LINE(638,197)-(25,197):LINE(25,197
)-(25,3)
160 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
170 BEEP:CLS
180 REM ** LECTURA DE INFORMACION **
190 LOCATE 2,30:PRINT "DATOS GENERALES"
200 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,19):LINE (638,19)-(25,19):LINE (25,19)
-(25,3)
210 LINE (25,23)-(638,23):LINE (638,23)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (
25,197)-(25,23)
220 LOCATE 8,10:PRINT "Localidad          ":"LOCATE 10,10:PRINT "Estado
":"LOCATE 12,10:PRINT "Area de la cuenca (KM^2)":"LOCATE 14,10:PRI
NT "No. de estaciones en la cuenca : "
230 LOCATE 16,10:PRINT "No. de duraciones de lluvias  ":"LOCATE 18,10:PRINT "No
. de isoyetas en la cuenca  ":"
240 LOCATE 8,36:INPUT LOCALIDAD$:LOCATE 10,36:INPUT EST$:LOCATE 12,36:INPUT AC:L
OCATE 14,42:INPUT EC:LOCATE 16,42:INPUT DE:LOCATE 18,42:INPUT IC
250 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
260 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 290
270 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 170
280 BEEP:BEEP:GOTO 250
290 DIM DU{DE},HP{EC,DE},HPI{IC},ACI{IC},IPT{IC,EC},AAC{IC},ISM{IC},ACU
M{IC},IAC{IC},HFM{IC},MA{EC,DE},EA{IC+1,DE+1},FACTOR{IC},SAA{IC+1,DE+1}
300 REM ** INFORMACION DE LAS ESTACIONES **
310 GOSUB 1520
320 LIN=13-DE/2:IF LIN<3 THEN LIN=3
330 FOR J=1 TO DE
340 IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=IN
PUT $(1):GOSUB 1520:LIN=3
350 LOCATE LIN,10:PRINT "Duración";J;"(hr)":";:INPUT DU{J}
360 LIN=LIN+1
370 NEXT J
380 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
390 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 410
400 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 310
410 CLS
420 FOR I=1 TO EC
430 LIN=13-DE/2:IF LIN<5 THEN LIN=5

```

```

440 LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,25):LINE (638,25)-(25,25):LINE (25,25)
-(25,1)
450 LINE (637,1)-(637,25):LINE (26,25)-(26,1)
460 LINE (25,33)-(638,33):LINE (638,33)-(638,195):LINE (638,195)-(25,195):LINE (
25,195)-(25,33)
470 LINE (637,33)-(637,195):LINE (26,195)-(26,33)
480 LOCATE 2,18:PRINT "NOMBRE DE LA ESTACION";I;": ";:INPUT NE$(I):LOCATE LIN
-2,20:PRINT "Duración":LOCATE LIN-2,44:PRINT "Precipitación"
490 FOR J=1 TO DE
500 IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar..":AA$=I
NPUT $(1):GOSUB 1580:LIN=5
510 LOCATE LIN,20:PRINT DU(J);"hr":LOCATE LIN,45:INPUT "hp (mm):",HP(I,J)
520 LIN=LIN+1
530 NEXT J
540 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
550 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 580
560 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN CLS:GOTO 430
570 BEEP:BEEP:GOTO 540
580 CLS
590 NEXT I
600 REM ** INFORMACION POR ISOYETA **
610 GOSUB 1600
620 LIN=12-IC/2:IF LIN <7 THEN LIN=7
630 FOR I=0 TO IC
640 IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar..":AA$=I
NPUT $(1):GOSUB 1600:LIN=4
650 IF I=0 THEN LOCATE 6,19:PRINT "La isoyeta "0" esta referida al parteaguas"
660 LOCATE LIN,10:PRINT "ISOYETA";I;"(mm)";:INPUT HPI(I):LOCATE LIN,40:INPUT "
AREA ENCERRADA (KM^2):",ACI(I)
670 LIN=LIN+1
680 NEXT I
690 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
700 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 730
710 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 610
720 BEEP:BEEP:GOTO 690
730 CLS
740 REM **PORCENTAJE DE INFLUENCIA EN % DEL POLIGONO DE THIESSEN POR ISOYETA **
750 FOR I=1 TO IC
760 GOSUB 1690
770 LIN=12-EC/2:IF LIN <4 THEN LIN=4
780 FOR J=1 TO EC
790 IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar..":AA$=I
NPUT $(1):GOSUB 1690:LIN=4
800 LOCATE LIN,5:PRINT "ESTACION: ";NE$(J):LOCATE LIN,30:INPUT "INFLUENCIA EN
POLIGONO DE THIESSEN (%):",IPT(I,J):IPT(I,J)=IPT(I,J)/100
810 LIN=LIN+1
820 NEXT J
830 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
840 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 870
850 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 760
860 BEEP:BEEP:GOTO 830
870 CLS
880 NEXT I
890 CLS
900 REM ** INICIA EL CALCULO **
910 LOCATE 12,20:PRINT "Inicia el calculo....espere un momento"

```

```

920 REM ** CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA **
930 FOR I=2 TO IC
940 AAC=ACI(I)+AAC:ISM(I)=(HPI(I-1)+HPI(I))/2:ACUM(I)=ACI(I)*ISM(I):IAC=ACUM(I)
+IAC:HPM(I)=IAC/AAC
950 NEXT I
960 REM ** PROCESO POR ISOYETA ENVOLVENTE **
970 FOR I=2 TO IC
980 FOR J=1 TO EC
990 FOR K=1 TO DE
1000 MA(J,K)=HP(J,K)*IPT(I,J)
1010 NEXT K
1020 NEXT J
1030 REM ** CURVA MASA MEDIA **
1040 FOR J=1 TO DE
1050 FOR K=1 TO EC
1060 SA=SA+MA(K,J)
1070 NEXT K
1080 SA(I,J)=SA
1090 NEXT J
1100 REM ** CURVA MASA MEDIA AJUSTADA **
1110 FACTOR(I)=HPM(I)/SA(I,DE)
1120 FOR J=1 TO DE
1130 SA(I,J)=SA(I,J)*FACTOR(I)
1140 NEXT J
1150 REM ** INCREMENTO AJUSTADO **
1160 SAA(I,1)=SA(I,1)
1170 FOR J=2 TO DE
1180 SAA(I,J)=SA(I,J)-SA(I,J-1)
1190 NEXT J
1200 REM ** ORDENACION DE LOS INCREMENTOS AJUSTADOS **
1210 FOR J=1 TO (DE-1)
1220 FOR K=1 TO DE
1230 IF SAA(I,K)<SAA(I,K+1) THEN SA(I,K)=SAA(I,K+1):SA(I,K+1)=SAA(I,K):GOTO 1
250
1240 GOTO 1260
1250 SAA(I,K)=SA(I,K):SAA(I,K+1)=SA(I,K+1)
1260 NEXT K
1270 NEXT J
1280 REM ** PRECIPITACION MAXIMA **
1290 SA(I,1)=SAA(I,1)
1300 FOR J=2 TO DE
1310 SA(I,J)=SAA(I,J)+SA(I,J-1)
1320 NEXT J
1330 NEXT I
1340 GOSUB 1770
1350 FOR I=1 TO IC
1360 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continu
ar..":AA$=INPUT $(1):GOSUB 1770
1370 LIN=CSRLIN
1380 ACI1=ACI1+ACI(I)
1390 LOCATE LIN,5:PRINT USING"#####.###";ACI1
1400 FOR J=1 TO DE
1410 LOCATE LIN,13+DE1*J:PRINT USING"###.###";SA(I,J)
1420 NEXT J
1430 NEXT I
1440 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1450 CLS:LOCATE 2,30:PRINT "O P C I O N E S"

```

```

1460 LOCATE 10,15:PRINT "1. Desea hacer otro cálculo"
1470 LOCATE 12,15:PRINT "2. Desea impresión de resultados"
1480 LOCATE 14,15:PRINT "3. Desea regresar al menú principal"
1490 LOCATE 23,40:PRINT "Opción: ":OP$=INPUT $(1):OP=VAL(OP$):IF OP<=0 OR OP>3 T
HEN BEEP:GOTO 1490
1500 ON OP GOSUB 10,1880
1510 RUN "HS"
1520 REM ** ENCABEZADO PARA DURACIONES **
1530 CLS:LOCATE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,25):LINE (638,25)-(25,25):LINE (2
5,25)-(25,1)
1540 LINE (25,33)-(638,33):LINE (638,33)-(638,195):LINE (638,195)-(25,195):LINE
(25,195)-(25,33)
1550 LOCATE 2,25:PRINT "DURACIONES PARA LAS PRECIPITACIONES"
1560 LOCATE 3,30:PRINT "(en orden ascendente)"
1570 RETURN
1580 CLS:LOCATE 1,25:PRINT "Estación ";NE$(I)
1590 LOCATE 3,17:PRINT "Duración":RETURN
1600 REM ** ENCABEZADO PARA INFORMACION POR ISOYETA **
1610 CLS
1620 LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,25):LINE (638,25)-(25,25):LINE (25,25
)-(25,1)
1630 LINE (637,1)-(637,25):LINE (26,25)-(26,1)
1640 LINE (25,33)-(638,33):LINE (638,33)-(638,195):LINE (638,195)-(25,195):LINE
(25,195)-(25,33)
1650 LINE (637,33)-(637,195):LINE (26,195)-(26,33)
1660 LOCATE 2,25:PRINT "INFORMACION POR ISOYETA:"
1670 LOCATE 3,27:PRINT "(en orden descendente)"
1680 RETURN
1690 REM ** ENCABEZADO PARA INFORMACION POR ISOYETA **
1700 CLS:LOCATE 2,15:PRINT "INFLUENCIA EN % DEL POLIGONO DE THIESSEN POR ISOYETA
"
1710 LOCATE 3,30:PRINT "ISOYETA DE hp=";HPI(I);"mm"
1720 LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,25):LINE (638,25)-(25,25):LINE (25,25
)-(25,1)
1730 LINE (637,1)-(637,25):LINE (26,25)-(26,1)
1740 LINE (25,33)-(638,33):LINE (638,33)-(638,195):LINE (638,195)-(25,195):LINE
(25,195)-(25,33)
1750 LINE (637,33)-(637,195):LINE (26,195)-(26,33)
1760 RETURN
1770 REM**ENCABEZADO PARA PRESENTACION DE RESULTADOS**
1780 CLS:LOCATE 1,25:PRINT "ALTURAS DE PRECIPITACION MAXIMAS"
1790 LOCATE 7,5:PRINT "AREA [KM^2]":LOCATE 7,40:PRINT "DURACIONES [hr]"
1800 FOR J=1 TO DE
1810 LIN=15+DE1*I
1820 LOCATE 9,15+DE1*J:PRINT USING"##";DU(J)
1830 NEXT J:PRINT :PRINT
1840 LINE (190,11)-(450,11)
1850 LINE (23,40)-(638,40):LINE (638,40)-(638,76):LINE (638,76)-(23,76):LINE (23
,76)-(23,40)
1860 LINE (23,80)-(638,80):LINE (638,80)-(638,196):LINE (638,196)-(23,196):LINE
(23,196)-(23,80)
1870 RETURN
1880 REM**RUTINA DE IMPRESION**
1890 CLS:LOCATE 12,20:PRINT "I M P R I M I E N D O   R E S U L T A D O S"
1900 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
1910 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT

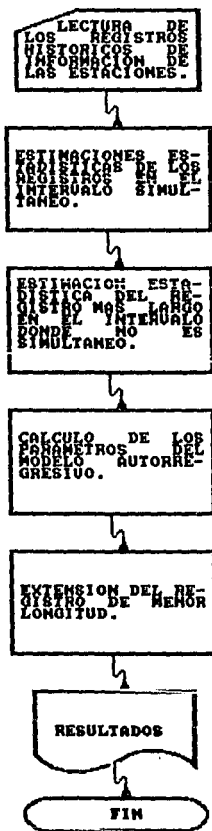
```

```

1920 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA":LPRINT
1930 LPRINT:LPRINT :LPRINT
1940 LPRINT TAB(17) "CURVAS ALTURA DE PRECIPITACION - AREA - DURACION"
1950 LPRINT TAB(17) "-----":LPRINT :L
PRINT :LPRINT:LPRINT :LPRINT
1960 LPRINT TAB(5) "LOCALIDAD                ";LOCALIDAD$:LPRINT TAB(5) "ESTADO
      :";EST$:LPRINT TAB(5) "AREA DE LA CUENCA [KM^2] :";AC:LPRINT
:LPRINT :LPRINT:LPRINT :LPRINT :LPRINT
1970 LPRINT TAB(28) "INFORMACION POR ISOYETA":LPRINT :LPRINT
1980 FOR I=0 TO IC
1990 LPRINT TAB(13) "Isoyeta";I;"= " USING"###.##";HPI(I);:LPRINT TAB(43) "AREA
ENCERRADA= " USING"####.##";ACI(I)
2000 NEXT I:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
2010 FOR I=1 TO IC
2020 IF I=3 THEN LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
      :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
2030 LPRINT TAB(30) "ISOYETA ";HPI(I);" mm":LPRINT
2040 FOR J=1 TO EC
2050 LPRINT TAB(5) "ESTACION: ";NE$(J);:LPRINT TAB(30) "INFLUENCIA EN POLIGONO
DE THIESSEN=" USING"###.##";IPT(I,J)*100;:LPRINT TAB(71) " %"
2060 NEXT J:LPRINT :LPRINT
2070 NEXT I:LPRINT :LPRINT :LPRINT
2080 LPRINT TAB(29) "ALTURAS DE PRECIPITACION MAXIMAS":LPRINT :LPRINT :LPRINT
2090 LPRINT TAB(5) "Areas KM^2",TAB(40) "Duraciones [hr]":LPRINT
2100 FOR I=1 TO DE
2110 LPRINT TAB(15+DE*I) USING"###";DU(I);
2120 NEXT I:LPRINT
2130 LPRINT
2140 ACI1=0
2150 FOR I=1 TO IC
2160 ACI1=ACI1+ACI(I)
2170 LPRINT TAB(5) USING"####.##";ACI1;
2180 FOR J=1 TO DE
2190 LPRINT TAB(13+DE*I*J) USING"###.##";SA(I,J);
2200 NEXT J
2210 NEXT I:LPRINT
2220 GOTO 1450

```

EXTENSION DE REGISTROS HISTORICOS



```

10 SCREEN 2
20 CLEAR
30 KEY OFF:CLS
40 BEEP:BEEP
50 CLS:WIDTH 40:CLS:LOCATE 10,16:PRINT "EXTENSION DE":LOCATE 14,12:PRINT "REGIST
ROS HISTORICOS"
60 LINE (70,59)-(265,59):LINE (265,59)-(265,123):LINE (265,123)-(70,123):LINE (7
0,123)-(70,59)
70 LINE (68,57)-(267,57):LINE (267,57)-(267,125):LINE (267,125)-(68,125):LINE (6
8,125)-(68,57)
80 FOR CON =1 TO 20000:NEXT CON:CLS:WIDTH 80:CLS
90 CLS
100 LOCATE 10,5:PRINT "      Se hará la extensión de un registro histórico trans
portando infor-"
110 LOCATE 11,5:PRINT "mación de una estación a otra, cuando hayan registrado ev
entos simulta-"
120 LOCATE 12,5:PRINT "neamente en algún intervalo de tiempo. En base a estima
ciones estadis-"
130 LOCATE 13,5:PRINT "ticas y a el coeficiente de correlación entre los eventos
en el interva-"
140 LOCATE 14,5:PRINT "lo en que son simultáneos, se obtienen los parámetros qu
e inciden en el"
150 LOCATE 15,5:PRINT "modelo que se emplea en la extensión del registro. Dic
ha extensión se"
160 LOCATE 16,5:PRINT "podrá hacer usando o sin usar componente aleatoria"
170 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25,197)
-(25,3)
180 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
190 REM***PROGRAMA PARA EXTENDER REGISTROS HISTORICOS***
200 CLS:LOCATE 2,30:PRINT "INFORMACION GENERAL"
210 LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,25):LINE (638,25)-(25,25):LINE (25,25)
-(25,1)
220 LINE (25,29)-(638,29):LINE (638,29)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (
25,197)-(25,29)
230 LOCATE 6,10:PRINT "ESTACION CON REGISTRO INCOMPLETO"
240 LOCATE 8,15:PRINT "Nombre de la estación      :"
250 LOCATE 10,15:PRINT "Años de registro      :"
260 LOCATE 12,15:PRINT "Año de inicio de registro:"
270 LOCATE 15,10:PRINT "ESTACION CON REGISTRO COMPLETO"
280 LOCATE 17,15:PRINT "Nombre de la estación      :"
290 LOCATE 19,15:PRINT "Años de registro      :"
300 LOCATE 21,15:PRINT "Año de inicio de registro:"
310 LOCATE 8,42:INPUT "",EST$(1):LOCATE 10,42:INPUT "",RC1(1):LOCATE 12,42:INPUT
"",AIR(1)
320 LOCATE 17,42:INPUT "",EST$(2):LOCATE 19,42:INPUT "",RC2(2):LOCATE 21,42:INPU
T "",AIR(2)
330 LOCATE 23,5:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
340 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 370
350 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 200
360 BEEP:BEEP:GOTO 330
370 LINE (460,29)-(460,197)
380 LOCATE 9,64:PRINT "TIPO DE":LOCATE 10,62:PRINT "INFORMACION":LOCATE 12,60:P
RINT "1) GASTO":LOCATE 13,60:PRINT "2) PRECIPITACION"
390 LOCATE 15,63:PRINT "Opción: " :OP$=INPUT $(1):OP=VAL(OP$):IF OP<1 OR OP>2 THE
N BEEP:BEEP:GOTO 390
400 IF OP=1 THEN TI$="Gasto (m3/s)":GOTO 420
410 TI$="hp (mm)"

```



```

420 IF AIR(1)=AIR(2) THEN AP=1
430 DIM X2(RC(1)),AX2(RC(1)),X1(RC(2)),AX1(RC(2)),Y1(RC(2)),DA(RC(2)),W(RC(2)),W
1(RC(2))
440 REM***LECTURA DE DATOS***
450 J=2:RC1=RC2(2):AR=AIR(2):GOSUB 1310
460 FOR I=1 TO RC2(2)
470 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN GOSUB 1310
480 LIN=CSRLIN
490 IF I>RC(1) THEN LOCATE LIN,25:PRINT "Año";AR:LOCATE LIN,40:PRINT TI$;"-";:I
NPUT X1(I-RC(1)):GOTO 510
500 LOCATE LIN,25:PRINT "Año";AR:LOCATE LIN,40:PRINT TI$;":":INPUT X2(I)
510 AR=AR+1
520 NEXT I
530 BEEP:LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1):IF AA
$="N" OR AA$="n" THEN 440
540 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 560
550 BEEP:GOTO 530
560 J=1:RC1=RC1(1):AR=AIR(1):GOSUB 1310
570 FOR I=1 TO RC1(1)
580 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN GOSUB 1310
590 LIN=CSRLIN
600 LOCATE LIN,25:PRINT "Año";AR:LOCATE LIN,40:PRINT TI$;":":INPUT Y1(I)
610 AR=AR+1
620 NEXT I
630 BEEP:LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1):IF AA
$="N" OR AA$="n" THEN 560
640 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 660
650 BEEP:GOTO 630
660 REM **INICIA EL CALCULO**
670 FOR I=1 TO 3
680 FOR J=1 TO RC(I)
690 IF I=2 THEN 720
700 IF I=3 THEN 730
710 DA(J)=LOG(X2(J)):GOTO 740
720 DA(J)=LOG(X1(J)):GOTO 740
730 DA(J)=LOG(Y1(J))
740 NEXT J
750 REM***CALCULOS ESTADISTICOS***
760 FOR B=1 TO RC(I)
770 IF C>=1 THEN 800
780 ME=ME+DA(B):GOTO 810
790 LOCATE 4,20:PRINT "HP"
800 DE=(DA(B)-ME)^2/(RC(I)-1):DES=DES+DE
810 NEXT B
820 IF C<1 THEN ME=ME/RC(I):C=C+1:ME(I)=ME:GOTO 760
830 DES=SQR(DES):DESVE(I)=DES
840 C=0:DES=0:ME=0
850 NEXT I
860 CLS
870 REM***CALCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION***
880 FOR I=1 TO RC(2)
890 CO=(LOG(X1(I))-MED(2))*(LOG(Y1(I))-MED(3))/(DESVE(2)*DESVE(3))
900 COR=COR+CO
910 NEXT I
920 COR=COR/RC(2):BE=COR*DESVE(3)/DESVE(2)
930 REM***PRESENTACION DE DATOS ESTADISTICOS***
940 LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,21):LINE (638,21)-(25,21):LINE (25,21)
-(25,1)

```

```

950 LINE (25,25)-(638,25):LINE (638,25)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (
25,197)-(25,25)
960 LOCATE 2,30:PRINT "DATOS ESTADISTICOS"
970 LOCATE 5,6:PRINT "ESTACION ";EST$(2):LOCATE 5,50:PRINT "ESTACION ";EST$(1)
980 LOCATE 8,6:PRINT "Media                :";USING"###.###";MED(1):LOCATE 9,6:PRI
NT "Desviación standar :";USING"###.###";DESVE(1)
990 LOCATE 13,6:PRINT "Media                :";USING"###.###";MED(2):LOCATE 14,6:P
RINT "Desviación standar :";USING"###.###";DESVE(2)
1000 LOCATE 13,50:PRINT "Media                :";USING"###.###";MED(3):LOCATE 14,5
0:PRINT "Desviación standar :";USING"###.###";DESVE(3)
1010 LOCATE 18,30:PRINT "Correlación :";USING"###.###";COR:LOCATE 19,30:PRINT "b
";USING"###.###";BE
1020 REM**EXTENCION DEL REGISTRO**
1030 ALFA=RC(1)*(RC(2)-4)*(RC(2)-1)/((RC(1)-1)*(RC(2)-3)*(RC(2)-2))
1040 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1050 FOR I=1 TO RC(1)
1060 GOSUB 1290
1070 W(I)=MED(3)+BE*(LOG(X2(I))-MED(2))+ALFA*SQR(1-COR^2)*DESVE(3)*RAN
1080 W1(I)=MED(3)+BE*(LOG(X2(I))-MED(2))
1090 NEXT I
1100 REM**PRESENTACION DE RESULTADOS**
1110 GOSUB 1370
1120 IF AP=1 THEN AR=AIR(1)+RC(2):GOTO 1140
1130 AR=AR(2)
1140 FOR I=1 TO RC(1)
1150 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT " Cualquier tecla para contin
uar...":AA$=INPUT $(1):GOSUB 1370
1160 LIN=CSRLIN
1170 LOCATE LIN,24:PRINT AR:LOCATE LIN,36:PRINT USING "#####.###";EXP(W(I)):LOCA
TE LIN,51:PRINT USING"#####.###";EXP(W1(I))
1180 AR=AR+1
1190 NEXT I
1200 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1210 CLS:LOCATE 2,30:PRINT "O P C I O N E S"
1220 LOCATE 10,15:PRINT "1. Desea hacer otro cálculo"
1230 LOCATE 12,15:PRINT "2. Desea impresión de resultados"
1240 LOCATE 14,15:PRINT "3. Desea regresar al menú principal"
1250 LOCATE 23,40:PRINT "Opción :":OP$=INPUT $(1):OP=VAL(OP$):IF OP<1 OR OP>3 TH
EN BEEP:BBEEP:GOTO 1250
1260 ON OP GOSUB 10,1480
1270 RUN "HS"
1280 REM**SUBROUTINAS**
1290 RAN=(LOG(1/RND)).5*3.1416*RND)
1300 RETURN
1310 CLS:LOCATE 2,5:PRINT "ESTACION                :";EST$(J):LOCATE 3,5:PRINT
" AÑOS DE REGISTRO                :";RC1:LOCATE 4,5:PRINT "AÑO DE INICIO DE REGISTRO:";
AIR(J)
1320 IF EZ=1 THEN PRINT :PRINT :PRINT :GOTO 1340
1330 LOCATE 6,30:PRINT "Lectura de información":PRINT:PRINT :PRINT
1340 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,33):LINE (638,33)-(25,33):LINE (25,33
)-(25,3)
1350 LINE (25,35)-(638,35):LINE (638,35)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE
(25,197)-(25,35)
1360 RETURN
1370 CLS:LOCATE 2,5:PRINT "ESTACION                :";EST$(1)

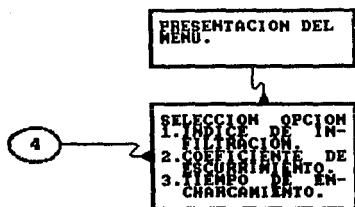
```

```

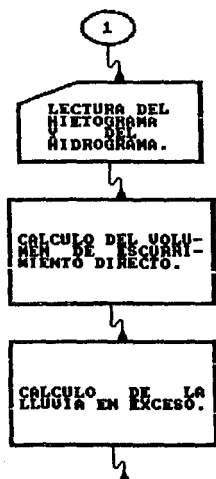
1380 LOCATE 3,5:PRINT "PERIODO DE REGISTRO: ";AIR(1);" a ";AIR(1)+RC(2)-1
1390 LOCATE 4,5:PRINT "PERIODO DEDUCIDO : ";AIR(2)+RC(2);" a ";AIR(2)+RC(2)-1
1400 IF AP=1 THEN 1430
1410 LOCATE 3,5:PRINT "PERIODO DE REGISTRO: ";AIR(1);" a ";AIR(1)+RC(2)-1
1420 LOCATE 4,5:PRINT "PERIODO DEDUCIDO : ";AIR(2);" a ";AIR(2)+RC(1)-1
1430 LOCATE 6,30:PRINT "Información deducida"
1440 LOCATE 8,25:PRINT "año":LOCATE 8,36:PRINT "con 0 = 1":LOCATE 8,51:PRINT "co
n 0 = 0":PRINT :PRINT
1450 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,33):LINE (638,33)-(25,33):LINE (25,33
)-(25,3)
1460 LINE (25,35)-(638,35):LINE (638,35)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE
(25,197)-(25,35)
1470 RETURN
1480 REM**ROUTINA DE IMPRESION DE RESULTADOS**
1490 CLS:LOCATE 12,25:PRINT "IMPRIMIENDO RESULTADOS"
1500 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
1510 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
1520 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA"
1530 LPRINT :LPRINT :LPRINT
1540 LPRINT TAB(35) "REULTADOS"
1550 LPRINT TAB(35) "-----":LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :
LPRINT
1560 LPRINT TAB(5) "ESTACION : ";EST$(1)
1570 LPRINT TAB(5) "PERIODO DE REGISTRO: ";AIR(1);" a ";AIR(1)+RC(2)-1
1580 LPRINT TAB(5) "PERIODO DEDUCIDO : ";AIR(2);" a ";AIR(2)+RC(1)-1
1590 LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
1600 LPRINT TAB(30) "Información deducida":LPRINT :LPRINT:LPRINT
1610 LPRINT TAB(25) "año":TAB(36) "con 0= 1":TAB(51) "con 0= 0":LPRINT :LPRINT
1620 AR=AIR(2)
1630 FOR I=1 TO RC(1)
1640 LPRINT TAB(24) AR;:LPRINT TAB(36) USING"####.##";EXP(W(I));:LPRINT TAB(51
) USING"####.##";EXP(W(I)):AR=AR+1
1650 NEXT I:LPRINT
1660 GOTO 1210

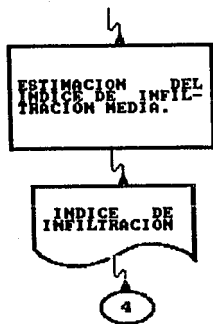
```

INFILTRACION

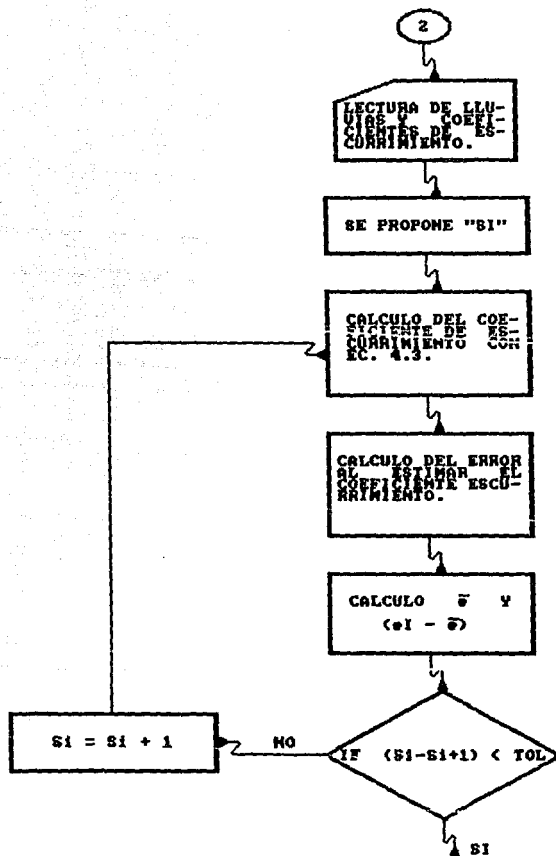


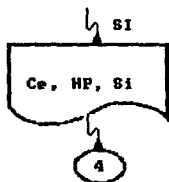
INDICE DE INFILTRACION



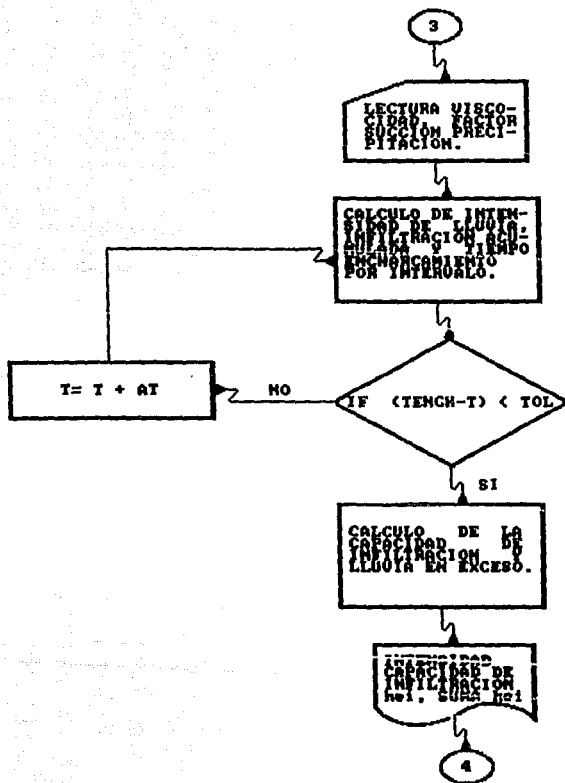


COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO





TIEMPO DE ENCHARCAMIENTO




```

10 SCREEN 2
20 CLEAR
30 CLS
40 KEY OFF
50 BEEP:BEEP
60 WIDTH 40:LOCATE 8,15:PRINT "C A L C U L O":LOCATE 12,20:PRINT "D E":LOCATE 16
,10:PRINT "I N F I L T R A C I O N"
70 LINE(60,47)-(268,47):LINE(268,47)-(268,135):LINE(268,135)-(60,135):LINE(60,13
5)-(60,47)
80 LINE(58,45)-(270,45):LINE(270,45)-(270,137):LINE(270,137)-(58,137):LINE(58,13
7)-(58,45)
90 FOR CON=1 TO 20000:NEXT CON
100 WIDTH 80
110 REM **PROGRAMA DE INFILTRACION**
120 LINE(25,2)-(638,2):LINE(638,2)-(638,197):LINE(638,197)-(25,197):LINE(25,197)
-(25,2):LINE(230,41)-(350,41)
130 LOCATE 5,30:PRINT "O P C I O N E S"
140 LOCATE 10,15:PRINT "1. Capacidad de infiltración media"
150 LOCATE 12,15:PRINT "2. Coeficiente de escurrimiento (criterio del USSCS)"
160 LOCATE 14,15:PRINT "3. Tiempo de encharcamiento (criterio de Morel-Seitoux)"
170 LOCATE 16,15:PRINT "4. Regresar al menú principal"
180 LOCATE 23,40:PRINT "Opción :":OP$=INPUT $(1):OP=VAL (OP$):IF OP <1 OR OP>4 T
HEN BEEP:BEEP:GOTO 180
190 ON OP GOSUB 210,1060,1680
200 RUN "HS"
210 CLS:LOCATE 12,28:PRINT "I N F I L T R A C I O N":LOCATE 14,35:PRINT "M E D I
A"
220 LINE(195,75)-(420,75):LINE(420,75)-(420,123):LINE(420,123)-(195,123):LINE(19
5,123)-(195,75)
230 LINE(193,73)-(422,73):LINE(422,73)-(422,125):LINE(422,125)-(193,125):LINE(19
3,125)-(193,73)
240 FOR CON=1 TO 15000:NEXT CON
250 CLS
260 LOCATE 12,5:PRINT "      Conociendo el hidrograma de escurrimiento directo y
el hietograma"
270 LOCATE 13,5:PRINT "de una tormenta, se estimará el índice de infiltració
n media, para"
280 LOCATE 14,5:PRINT "separar la lluvia en exceso de la lluvia total"
290 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25,
197)-(25,3)
300 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
310 REM** CAPACIDAD DE INFILTRACION MEDIA **
320 CLEAR
330 CLS:GOSUB 2580
340 REM **LECTURA DE INFORMACION**
350 LOCATE 2,19:PRINT "CRITERIO DE CAPACIDAD DE INFILTRACION MEDIA"
360 LOCATE 8,10:PRINT "HIETOGRAMA DE ESCURRIMIENTO DIRECTO"
370 LOCATE 10,15:PRINT "Duración del hidrograma (hrs):"
380 LOCATE 11,15:PRINT "Intervalo de tiempo (hrs)      :"
390 LOCATE 14,10:PRINT "HIETOGRAMA DE PRECIPITACION TOTAL"
400 LOCATE 16,15:PRINT "Duración del hietograma (hrs):"
410 LOCATE 17,15:PRINT "Intervalo de tiempo (hrs)      :"
420 LOCATE 21,10:PRINT "AREA DE LA CUENCA (km2)          :"
430 LOCATE 10,46:INPUT "",DH:LOCATE 11,46:INPUT "",IT:LOCATE 16,46:INPUT "",DH1:
LOCATE 17,46:INPUT "",IT1:LOCATE 21,46:INPUT "",AC
440 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
450 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN AA$=480

```

```

460 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 330
470 BEEP:BEEP:GOTO 440
480 NO=DH/IT:NB=DH1/IT1:DIM Q(NO),HP(NB)
490 NO=DH/IT:NB=DH1/IT1
500 GOSUB 2410
510 LIN=12-NO/2:IF LIN<7 THEN LIN=7
520 FOR I=0 TO NO
530 IF LIN=22 THEN GOSUB 2410
540 LOCATE LIN,19:PRINT HORA:LOCATE LIN,55:INPUT "Q= ",Q(I):VED=VED+Q(I)
550 LIN=LIN+1
560 HORA=HORA+IT
570 NEXT I
580 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
590 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 620
600 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN HORA=0:VED=0:GOTO 490
610 BEEP:BEEP:GOTO 580
620 VED=VED*3600*IT
630 GOSUB 2450
640 LIN=12-NB/2:IF LIN <8 THEN LIN=8
650 HORA=0
660 FOR I=0 TO NB
670 IF LIN=22 THEN GOSUB 2450
680 LOCATE LIN,19:PRINT HORA:LOCATE LIN,55:INPUT "hp=",HP(I)
690 LIN=LIN+1
700 HORA=HORA+IT1
710 NEXT I
720 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
730 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 760
740 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 630
750 BEEP:BEEP:GOTO 720
760 CLS:LOCATE 12,20:PRINT "Inicia el cálculo...espere un momento"
770 REM **LLUVIA EFECTIVA**
780 HE=VED/(AC*1000000!):HE=HE*1000
790 ZZ=1+ZZ
800 INDICE=APROX#+INDICE
810 IND=0
820 FOR I=0 TO NB
830 FI=HP(I)-INDICE:IF FI<0 THEN FI=0
840 IND=IND+FI
850 NEXT I
860 IF ABS(HE-IND)<=APROX# THEN 890
870 IF (IND-HE)<0 THEN INDICE=INDICE-APROX#:GOTO 790
880 GOTO 800
890 IF ABS(HE-IND)<=.001 THEN 910
900 GOTO 790
910 REM **PRESENTACION DE RESULTADOS**
920 CLS:BEEP:ZZ=0:GOSUB 2580
930 LOCATE 2,35:PRINT "RESULTADOS"
940 LOCATE 12,15:PRINT "Volumen de escurrimiento directo :";VED;"m3"
950 LOCATE 14,15:PRINT "Precipitación en exceso :";HE;"mm"
960 LOCATE 16,15:PRINT "Índice de infiltración :";INDICE;"mm/hr"
970 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
980 CLS:LOCATE 3,25:PRINT "O P C I O N E S"
990 LOCATE 10,15:PRINT "1. Desea calcular otro índice de infiltración"
1000 LOCATE 12,15:PRINT "2. Desea impresión de resultados"

```

```

1010 LOCATE 14,15:PRINT "3. Desea regresar al menú"
1020 LOCATE 16,15:PRINT "4. Desea regresar al menú principal"
1030 LOCATE 23,40:PRINT "Opción :";OP$=INPUT $(1):OP=VAL(OP$):PRINT OP:IF OP<1
OR OP>4 THEN BEEP:NEXT CON:GOTO 1030
1040 ON OP GOSUB 210,2650,20
1050 RUN "HS"
1060 CLS:LOCATE 10,29:PRINT "C O E F I C I E N T E":LOCATE 12,38:PRINT "D E":LOC
ATE 14,27:PRINT "E S C U R R I M I E N T O"
1070 LINE(175,61)-(443,61):LINE(443,61)-(443,123):LINE(443,123)-(175,123):LINE(1
75,123)-(175,61)
1080 LINE(173,59)-(445,59):LINE(445,59)-(445,125):LINE(445,125)-(173,125):LINE(1
73,125)-(173,59)
1090 FOR CON=1 TO 15000:NEXT CON
1100 REM **CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO**
1110 CLS:LOCATE 12,5:PRINT "Segun este criterio, la relación entre el coefi
ciente de escurrimiento"
1120 LOCATE 13,5:PRINT "y la altura de precipitación total de una tormenta
se puede expresar"
1130 LOCATE 14,5:PRINT "mediante una ecuación, calibrando los parámetros que en
ella inciden."
1140 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25
,197)-(25,3)
1150 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1160 CLEAR
1170 CLS:GOSUB 2580
1180 LOCATE 2,19:PRINT "CRITERIO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO"
1190 LOCATE 14,15:INPUT "Número de precipitaciones : ";NP
1200 LOCATE 23,40:PRINT "Es correcto el dato (S/N)":AA$=INPUT $(1)
1210 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 1250
1220 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 1170
1230 BEEP:BEEP:GOTO 1200
1240 DIM HP(NP),CE(NP),SE(NP),ER(NP)
1250 GOSUB 2490
1260 FOR I=1 TO NP
1270 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN GOSUB 2490
1280 LIN=CSRLIN
1290 LOCATE LIN,22:INPUT "hp=",HP(I):LOCATE LIN,50:INPUT "Ce=",CE(I)
1300 NEXT I
1310 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
1320 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 1350
1330 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 1250
1340 BEEP:BEEP:GOTO 1310
1350 CLS:LOCATE 12,21:PRINT "Inicia el proceso...espere un momento"
1360 ZZ=1+ZZ
1370 SE=SE+APROX#:S=0:ER1=0
1380 FOR I=1 TO NP
1390 ER(I)=((HP(I)-.2*SE)^2/(HP(I)^2+.8*SE*HP(I)))-CE(I):S=S+ER(I)
1400 NEXT I
1410 MED=S/NP
1420 FOR I=1 TO NP
1430 ER1=ER1+(ER(I)-MED)^2
1440 NEXT I
1450 IF SE>=2 THEN 1470
1460 RR=ER1:GOTO 1370
1470 IF ER1<RR THEN RR=ER1:GOTO 1370
1480 IF ABS(ER1-RR)<.0001 THEN 1500

```

```

1490 SE=SE-APROX#:GOTO 1360
1500 REM **PRESENTACION DE RESULTADOS**
1510 BEEP
1520 ZZ=0:GOSUB 2530
1530 FOR I=1 TO NP
1540 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continu
ar...":AA$=INPUT $(1):GOSUB 2530
1550 LIN=CSRLIN
1560 LOCATE LIN,9:PRINT USING"###.##";HP(I):LOCATE LIN,41:PRINT USING"###.###";C
E(I):LOCATE LIN,65:PRINT USING"###.###";ER(I)
1570 NEXT I
1580 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1590 CLS :BEEP
1600 LOCATE 3,33:PRINT "O P C I O N E S"
1610 LOCATE 10,15:PRINT "1. Desea hacer otro cálculo"
1620 LOCATE 12,15:PRINT "2. Desea impresión de resultados"
1630 LOCATE 14,15:PRINT "3. Desea regresar al menú"
1640 LOCATE 16,15:PRINT "4. Desea regresar al menú principal"
1650 LOCATE 23,40:PRINT "Opción :";:OP$=INPUT $(1):OP=VAL(OP$):PRINT OP:IF OP<1
OR OP>4 THEN BEEP:GOTO 1650
1660 ON OP GOSUB 1060,2910,20
1670 RUN "HS"
1680 REM **TIEMPO DE ENCHARCAMIENTO**
1690 CLEAR
1700 CLS
1710 LINE (170,65)-(445,65):LINE(445,65)-(445,121):LINE(445,121)-(170,121):LINE(
170,121)-(170,65)
1720 LINE (168,63)-(447,63):LINE(447,63)-(447,123):LINE(447,123)-(168,123):LINE(
168,123)-(168,63)
1730 LOCATE 10,34:PRINT "T I E M P O":LOCATE 12,38:PRINT "D E":LOCATE 14,26:PRIN
T "E N C H A R C A M I E N T O"
1740 FOR CON=1 TO 15000:NEXT CON
1750 CLS:LOCATE 12,5:PRINT " Se evaluará el tiempo que transcurre después de
iniciada una tormenta"
1760 LOCATE 13,5:PRINT "para que se presente escurrimiento superficial; a este t
iempo se le conoce"
1770 LOCATE 14,5:PRINT "como ' TIEMPO DE ENCHARCAMIENTO '."
1780 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25
,197)-(25,3)
1790 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1800 CLS:GOSUB 2580
1810 LOCATE 2,30:PRINT "INFORMACION GENERAL"
1820 LOCATE 11,10:PRINT "Viscosidad :":LOCATE 12,10:PRINT "Factor de
succión (cm)":LOCATE 13,10:PRINT "Conductividad hidráulica (cm/hr)":LOCATE 14,
10:PRINT "Intervalo de tiempo (hr):"
1830 LOCATE 15,10:PRINT "No. de datos de precipitación :"
1840 LOCATE 11,34:INPUT "",V:LOCATE 12,34:INPUT "",S:LOCATE 13,44:INPUT "",K:LOC
ATE 14,44:INPUT "",T:LOCATE 15,44:INPUT "",A
1850 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
1860 IF AA$="-S" OR AA$="-s" THEN 1890
1870 IF AA$="-N" OR AA$="-n" THEN 1800
1880 BEEP:BEEP:GOTO 1850
1890 DIM P(A),PI(A),H(A),H1(A),C(A),W(A),D(A),II(A),M(A),E(A),X(A)
1900 REM **LECTURA DE PRECIPITACION**
1910 CLS:ZZ=1:AT=T:GOSUB 2580
1920 FOR I=1 TO A
1930 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN GOSUB 2580

```

```

1940 LOCATE LIN,30:PRINT AT:LOCATE LIN,47:INPUT "hp=",P(I):P(I)=P(I)/10:PI(I)=P
(I)/T:AT=T+AT
1950 NEXT I
1960 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
1970 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 2000
1980 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 1910
1990 BEEP:BEEP:GOTO 1960
2000 AT=0
2010 REM **INICIA EL CALCULO**
2020 FOR I=1 TO A
2030 H(I)=H(I-1)+P(I):H1(I)=H(I):AT=AT+T
2040 C(I)=(AT-T)+1/PI(I)*(S/((PI(I)/K)-1)-G)
2050 IF ABS(C(I)-AT)<.01 THEN 2090
2060 R=P(I):G=G+R
2070 NEXT I
2080 CLS:BEEP:BEEP:LOCATE 12,25:PRINT "NO EXISTE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL":GOTO
2330
2090 TENC=AT:Y=I
2100 W(I)=(D(Y)-O)/T:B=(1+V)/2:Q=PI(I)/K
2110 L=SQR(2*K*((S+D(Y))^2)/(V*(S+D(Y))*(1-B/V)))
2120 F=((S+D(Y))^2)/(2*(K/V)*((V*Q-1)^2)*(S-(D(Y)*(1-B/V))))
2140 I1(I)=.5*L*(1/SQR(AT-U+F))+K/V:M(I)=(PI(I)-II(I))*T*10
2150 AT=AT+T:X(I)=M(I):E(I)=H(I):H(I)=D(Y):H1(I)=H(I):I=I+1
2160 FOR Z=I TO A
2170 E(Z)=D(Y)+L*{(AT-U+F)^.5-(F^.5)}+{(K/V)*(AT-U)}:W(Z)=(E(Z)-H(Z-1))/T
2180 II(Z)=.5*L*(1/SQR(AT-U+F))+K/V:X(Z)=(PI(Z)-II(Z))*T*10:H(Z)=E(Z)
2190 IF X(Z)<0 THEN X(Z)=0
2200 M(Z)=M(Z-1)+X(Z):AT=AT+T
2210 NEXT Z
2220 REM **PRESENTACION DE RESULTADOS**
2230 CLS:ZZ=2:AT=T:GOSUB 2580
2240 FOR I=1 TO A
2250 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continu
ar...":AA$=INPUT $(1):GOSUB 2580
2260 LOCATE LIN,6:PRINT USING"###.###";AT:LOCATE LIN,12:PRINT USING"###.###";P(I)*10:
LOCATE LIN,21:PRINT USING"###.###";PI(I):LOCATE LIN,32:PRINT USING"###.###";H1(I)
2270 IF TENC<AT THEN LOCATE LIN,32:PRINT USING"###.###";E(I):LOCATE LIN,46:PRIN
T USING"###.###";W(I):LOCATE LIN,60:PRINT USING"###.###";II(I):LOCATE LIN,71:PRINT U
SING"###.###";X(I)
2280 AT=AT+T
2290 NEXT I
2300 IF LIN->20 THEN CLS:LOCATE 12,15:PRINT "Tench.=";TENC;" hrs.":LOCATE 12,30:
PRINT "PRECIPITACION EN EXCESO ";M(I-1):GOTO 2320
2310 LOCATE LIN+2,15:PRINT "Tench.=";TENC;" hrs.":LOCATE LIN+2,46:PRINT "Precipi
tación en exceso ";USING"###.###";M(I-1)
2320 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
2330 CLS:LOCATE 3,33:PRINT "O P C I O N E S"
2340 LOCATE 11,15:PRINT "1. Desea hacer otra estimación del tiempo de encharcam
ento"
2350 LOCATE 12,15:PRINT "2. Desea impresión de resultados"
2360 LOCATE 13,15:PRINT "3. Desea regresar al menú"
2370 LOCATE 14,15:PRINT "4. Desea regresar al menú principal"
2380 LOCATE 23,40:PRINT "Opción ";OP$=INPUT $(1):OP=VAL(OP$):PRINT OP:IF OP<1
OR OP>4 THEN BEEP:BEEP:GOTO 2380
2390 ON OP GOSUB 1680,3060,10
2400 RUN "HS"
2410 CLS:LOCATE 2,23:PRINT "HIDROGRAMA DE ESCURRIMIENTO DIRECTO"

```

```

2420 LOCATE 5,10:PRINT "Intervalo de tiempo (hr)":LOCATE 5,50:PRINT "Gasto (m3/s
)":LIN=12-NO/2:IF LIN<8 THEN LIN=8
2430 GOSUB 2580
2440 RETURN
2450 CLS :LOCATE 2,35:PRINT "HIETOGRAMA"
2460 LOCATE 5,10:PRINT "Intervalo de tiempo (hr)":LOCATE 5,50:PRINT "Precipitaci
ón":LIN=12-NB/2: IF LIN<8 THEN LIN=8
2470 GOSUB 2580
2480 RETURN
2490 CLS :LOCATE 2,32:PRINT "PRECIPITACIONES"
2500 LOCATE 6,15:PRINT "Precipitación (mm)":LOCATE 6,40:PRINT "Coeficiente de es
currimiento"
2510 GOSUB 2580
2520 PRINT :PRINT :RETURN
2530 CLS:LOCATE 2,35:PRINT "RESULTADOS"
2540 LOCATE 6,5:PRINT "Precipitación (mm)":LOCATE 6,30:PRINT "Coeficiente de esc
urrimiento"
2550 LOCATE 6,65:PRINT "S=";SE;"mm":PRINT :PRINT
2560 GOTO 2580
2570 PRINT :PRINT :RETURN
2580 LINE (15,1)-(638,1):LINE(638,1)-(638,23):LINE(638,23)-(15,23):LINE(15,23)-(
15,1)
2590 LINE (15,27)-(638,27):LINE(638,27)-(638,197):LINE(638,197)-(15,197):LINE(15
,197)-(15,27):IF ZZ=0 THEN GOTO 2640
2600 IF ZZ=1 THEN LOCATE 2,28:PRINT "LECTURA DE PRECIPITACION":LOCATE 6,25:PRINT
"tiempo (hr)":LOCATE 6,42:PRINT "Precipitación (mm)":PRINT :PRINT :GOTO 2640
2610 IF ZZ=2 THEN LOCATE 2,27:PRINT "PRESENTACION DE RESULTADOS":LOCATE 6,4:PRINT
"Tiempo":LOCATE 6,14,:PRINT "hp":LOCATE 6,23:PRINT "i"
2620 LOCATE 6,29:PRINT "Infiltración":LOCATE 6,43:PRINT "Infiltración":LOCATE 6,
58:PRINT "Capacidad":LOCATE 6,73:PRINT "he"
2630 LOCATE 7,5:PRINT "(hr)":LOCATE 7,13:PRINT "(mm)":LOCATE 7,20:PRINT "(cm/hr)
":LOCATE 7,30:PRINT "acumulada":LOCATE 7,47:PRINT "real":LOCATE 7,57:PRINT "infi
ltración":LOCATE 7,72:PRINT "(mm)":PRINT :PRINT
2640 RETURN
2650 REM**ROUTINA DE IMPRESION PARA EL INDICE DE INFILTRACION MEDIA**
2660 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
2670 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
2680 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA":LPRINT
2690 LPRINT :LPRINT :LPRINT
2700 LPRINT TAB(26) "INDICE DE INFILTRACION MEDIA"
2710 LPRINT TAB(26) "-----":LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
T
2720 LPRINT TAB(15) "VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO DIRECTO :";VED;" m3"
2730 LPRINT TAB(15) "PRECIPITACION EN EXCESO :";HE;" mm"
2740 LPRINT TAB(15) "INDICE DE INFILTRACION MEDIA :";INDICE;" mm/hr":LPRINT
:LPRINT :LPRINT
2750 LPRINT TAB(26) "HIETOGRAMA DE ESCURRIMIENTO":LPRINT :LPRINT
2760 LPRINT TAB(21) "Tiempo (hr)":TAB(44) "Gasto (m3/s)":LPRINT :LPRINT
2770 HORA=0
2780 FOR I=0 TO NO
2790 LPRINT TAB(25);HORA;:LPRINT TAB(45) USING"#####.##";Q(I)
2800 HORA=HORA+IT
2810 NEXT I:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
2820 LPRINT TAB(35) "HIETOGRAMA":LPRINT
2830 LPRINT TAB(21) "Tiempo (hr)":TAB(43) "Precipitación (mm)":LPRINT :LPRINT
2840 HORA=0
2850 FOR I=0 TO NB

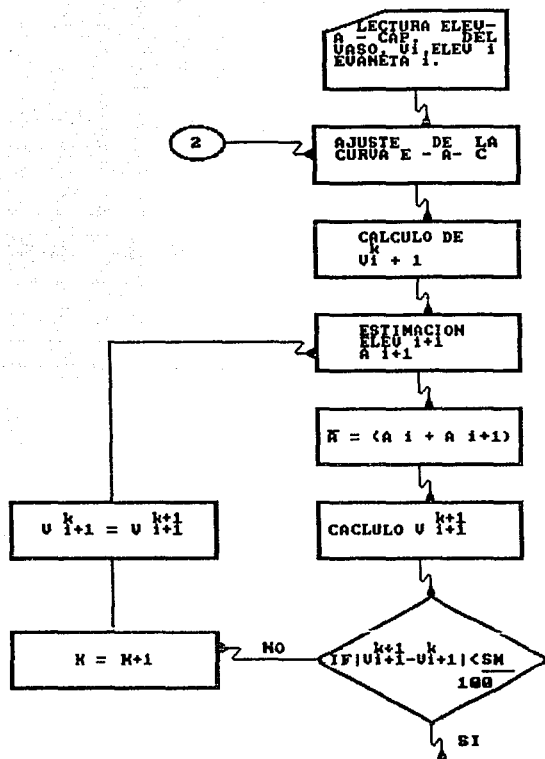
```

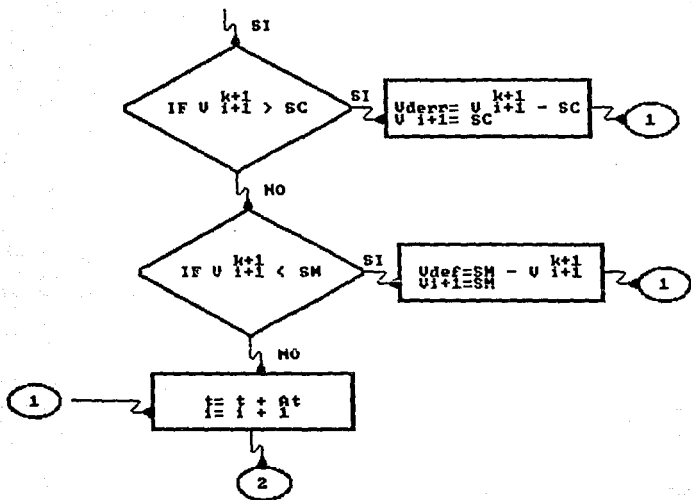
```

2860 IF I=6 THEN LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT TAB(35) "HIETOGRAMA":LPR
INT :LPRINT TAB(21) "Tiempo (hr)";TAB(43) "Precipitación (mm)":LPRINT :LPRINT
2870 LPRINT TAB(25);HORA;:LPRINT TAB(45) USING"###.##";HP(I)
2880 HORA=HORA+IT1
2890 NEXT I:LPRINT
2900 GOTO 980
2910 REM **ROUTINA DE IMPRESION DEL CRITERIO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO**
2920 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
2930 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
2940 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA":LPRINT
2950 LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
2960 LPRINT TAB(20) "CRITERIO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO"
2970 LPRINT TAB(20) "-----":LPRINT :LPRINT :
LPRINT :LPRINT :LPRINT
2980 LPRINT TAB(15) "Precipitaciones (mm)";TAB(40) "Coeficientes de escurrimient
o":LPRINT TAB(45) "real";TAB(60) "calculado":LPRINT :LPRINT :LPRINT
2990 FOR I=1 TO NP
3000 LPRINT TAB(20) USING"###.##";HP(I);:LPRINT TAB(45) USING"#.##";CE(I);:LPR
INT TAB(64) USING"#.##";ER(I)+CE(I)
3010 NEXT I:LPRINT:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
3020 LPRINT TAB(35) "(P-0.2*" USING"###.##";SE;:LPRINT TAB(46) ")"^2"
3030 LPRINT TAB(28) "Ce = -----"
3040 LPRINT TAB(35) "P^2+0.8*" USING"###.##";SE;:LPRINT TAB(47) "**P":LPRINT
3050 GOTO 1590
3060 REM**ROUTINA DE IMPRESION DE RESULTADOS PARA 'Tench.'**
3070 LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE M
EXICO":LPRINT
3080 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
3090 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA":LPRINT
3100 LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
3110 LPRINT TAB(28) "TIEMPO DE ENCHARCAMIENTO"
3120 LPRINT TAB(28) "-----":LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :L
PRINT
3130 LPRINT TAB(10) "Viscosidad :";V
3140 LPRINT TAB(10) "Factor de succión (cm)";S
3150 LPRINT TAB(10) "Conductividad hidráulica (cm/hr)";K
3160 LPRINT TAB(10) "Intervalo de tiempo (hr)";T
3170 LPRINT TAB(10) "Tiempo de encharcamiento (hr)";TENC:LPRINT :LPRINT :LPR
INT :LPRINT
3180 LPRINT TAB(35) "RESULTADOS":LPRINT :LPRINT :LPRINT
3190 LPRINT TAB(4) "Tiempo";TAB(14) "hp";TAB(23) "i";
3200 LPRINT TAB(29) "Infiltración";TAB(43) "Infiltración";TAB(58) "Capacidad";TA
B(73) "he"
3210 LPRINT TAB(5) "(hr)";TAB(13) "(mm)";TAB(20) "(cm/hr)";TAB(30) "acumulada";T
AB(47) "real";TAB(57) "infiltración";TAB(72) "(mm)":LPRINT :LPRINT
3220 AT=T:Y=TENC:T=E:Y=H1(Y)
3230 FOR I=1 TO A
3240 LPRINT TAB(6) USING"###";AT;:LPRINT TAB(12) USING"###.##";P(I)*10;:LPRINT T

```

FUNCIONAMIENTO DE VASOS





```

10 KEY OFF
20 CLS
30 CLEAR
40 SCREEN 2
50 WIDTH 40:BEEP:BEEP
60 LINE (40,61)-(285,61):LINE (285,61)-(285,120):LINE (285,120)-(40,120):LINE(40
,120)-(40,61)
70 LINE (38,59)-(287,59):LINE (287,59)-(287,122):LINE (287,122)-(38,122):LINE(38
,122)-(38,59)
80 LOCATE 10,8:PRINT "F U N C I O N A M I E N T O":LOCATE 12,20:PRINT "D E":LOCA
TE 14,13:PRINT "V A S O S":FOR CON=1 TO 20000:NEXT CON
90 WIDTH 80
100 CLS
110 LOCATE 12,5:PRINT "      El análisis del funcionamiento de vasos parte de c
onocer el volumen"
120 LOCATE 13,5:PRINT "almacenado para el año de inicio de registro, así como
las entradas al"
130 LOCATE 14,5:PRINT "vaso y las evaporaciones netas para cada intervalo de ti
empo analizado."
140 LOCATE 16,5:PRINT "      Para tal fin es necesario conocer las curvas 'El
evaciones-Areas-"
150 LOCATE 17,5:PRINT "Capacidades"
160 LINE(25,3)-(638,3):LINE(638,3)-(638,197):LINE(638,197)-(25,197):LINE(25,197)
-(25,3)
170 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
180 REM++++FUNCIONAMIENTO DE VASOS++++
190 GOSUB 1430
200 LOCATE 8,10:PRINT "Nombre de la presa      :"
210 LOCATE 10,10:PRINT "Localidad            :"
220 LOCATE 12,10:PRINT "Estado              :"
230 LOCATE 14,10:PRINT "Años de registro   :"
240 LOCATE 16,10:PRINT "Año inicial de registro  :"
250 LOCATE 8,37:INPUT "",NOMBRES
260 LOCATE 10,37:INPUT "",LOCALIDAD$
270 LOCATE 12,37:INPUT "",ESTADOS$
280 LOCATE 14,37:INPUT "",AR
290 LOCATE 16,37:INPUT "",AIR
300 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
310 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 340
320 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 190
330 BEEP:BEEP:GOTO 300
340 GOSUB 1430
350 LOCATE 8,10:PRINT "Capacidad útil                (Mm^3):"
360 LOCATE 10,10:PRINT "Capacidad muerta                (Mm^3):"
370 LOCATE 12,10:PRINT "Volumen inicial almacenado      (Mm^3):"
380 LOCATE 14,10:PRINT "Demanda                          (Mm^3):"
390 LOCATE 16,10:PRINT "Demanda (A=Anual/M=Mensual)     :"
400 LOCATE 18,10:PRINT "Número de datos de evalizaciones  :"
410 LOCATE 8,47:INPUT "",CU:CU=CU*1000000!
420 LOCATE 10,47:INPUT "",SM:SM=SM*1000000!
430 LOCATE 12,47:INPUT "",VJ(1):VJ(1)=VJ(1)*1000000!
440 LOCATE 14,47:INPUT "",DA:DA=DA*1000000!
450 LOCATE 16,47:INPUT "",DEM$
460 LOCATE 18,47:INPUT "",NE
470 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
480 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 510

```

```

490 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 340
500 BEEP:BEEP:GOTO 470
510 IF DEM$="M" OR DEM$="m" THEN AR=AR*12
520 DIM VI(AR+1),AN(AR),EN(AR),EVA(AR),H(AR),J(AR),A(AR),S(AR),BI(AR),N(AR)
530 DIM K(AR),G(AR),VD(AR),VDE(AR),PDE(AR),CON(AR),ELE(NE),ARE(NE),CAPA(NE)
540 GOSUB 1470
550 FOR I=1 TO AR
560 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN GOSUB 1470
570 LIN=CSRLIN
580 IF DEM$="M" OR DEM$="m" THEN LOCATE LIN,10:PRINT I:GOTO 610
590 ARI=AIR+I-1
600 LOCATE LIN,10:PRINT ARI
610 LOCATE LIN,18:INPUT "Entrada neta (Mm3): ",EN(I):EN(I)=EN(I)*1000000!:LOCATE
E LIN,48:INPUT "Evaneta (M): ",EVA(I)
620 NEXT I
630 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (s/n)":AA$=INPUT $(1)
640 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 670
650 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 540
660 BEEP:BEEP:GOTO 630
670 REM**AJUSTE DE LA ECUACION ELEV-AREAS-CAP.**
680 ZZ=1:GOSUB 1470
690 FOR I=1 TO NE
700 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN ZZ=1:GOSUB 1470
710 LIN=CSRLIN
720 LOCATE LIN,10:INPUT "Elevación (m):",ELE(I):LOCATE LIN,32:INPUT "Area (Ha):
",ARE(I):ARE(I)=ARE(I)*10000:LOCATE LIN,52:INPUT "Capacidad (Mm3):",CAPA(I):CAPA
(I)=CAPA(I)*1000000!
730 IF ELE(I)=0 THEN ELE(I)=1E-16
740 IF ARE(I)=0 THEN ARE(I)=1E-16
750 IF CAPA(I)=0 THEN CAPA(I)=1E-18
760 NEXT I
770 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
780 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 810
790 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 680
800 BEEP:BEEP:GOTO 770
810 REM **AJUSTE DE LA CURVA 'ELEV-CAP'**
820 NE1=INT(NE/4):IF NE1=0 THEN NE1=1
830 FOR I=NE1 TO NE
840 W=LOG(CAPA(I)):IC=LOG(ELE(I)):E=W^2:R=W*IC
850 A=A+IC:B=B+W:C=C+E:D=D+R
860 NEXT I
870 N1=((NE1-1-NE1)*D-B*A)/((NE1-1-NE1)*C-B^2)
880 K1=EXP((C*A-B*D)/((NE1-1-NE1)*C-B^2))
890 REM**AJUSTE DE LA ECUACION 'ELEV-AREAS'**
900 A=0:B=0:C=0:D=0
910 FOR I=3 TO NE
920 W=LOG(CAPA(I)):IC=LOG(ARE(I)):E=W^2:R=W*IC
930 A=A+IC:B=B+W:C=C+E:D=D+R
940 NEXT I
950 N2=((NE-2)*D-B*A)/((NE-2)*C-B^2)
960 K2=EXP((C*A-B*D)/((NE-2)*C-B^2))
970 CLS:LOCATE 12,25:PRINT "INICIA EL PROCESO, ESPERE UN MOMENTO...."
980 VI(1)=VJ(1)
990 REM**INICIO DE CALCULOS**
1000 FOR I=1 TO AR
1010 H(I)=X:A(I)=W
1020 BI(I)=VI(I)+EN(I)-DA-EVA(I)*A(I)

```

```

1030 IF BI(I)<=0 THEN N(I)=BI(I):GOTO 1120
1040 Z=BI(I)
1050 GOSUB 1410
1060 J(I)=X:S(I)=W
1070 G(I)=(H(I)+J(I))/2:K(I)=(A(I)+S(I))/2
1080 N(I)=VI(I)+EN(I)-DA-EVA(I)*K(I)
1090 IF ABS(BI(I)-N(I))<=(CU/100) THEN 1110
1100 BI(I)=N(I):GOTO 1040
1110 IF N(I)>CU THEN VI(I+1)=CU:VD(I)=N(I)-CU:GOTO 1140
1120 IF N(I)<=SM THEN VI(I+1)=SM:VDE(I)=SM-N(I):PDE(I)=VDE(I)/DA*100:GOTO 1140
1130 VI(I+1)=N(I)
1140 NEXT I:CLS
1150 REM*** PRESENTACION DE RESULTADOS***
1160 GOSUB 1560
1170 CON=1
1180 ZA$=" --- "
1190 FOR I=1 TO AR
1200 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continua
r...":AA$=INPUT $(1):GOSUB 1560
1210 LIN=CSRLIN
1220 LOCATE LIN,1:PRINT AIR+I-1:LOCATE LIN,6:PRINT USING "####.#";EN(I)
1230 LOCATE LIN,13:PRINT USING "#.###";EVA(I):LOCATE LIN,20:PRINT USING "###.##"
;VI(I)
1240 LOCATE LIN,27:PRINT USING "###.##";H(I):LOCATE LIN,34:PRINT USING "###.##";
A(I)/1000000
1250 LOCATE LIN,41:PRINT USING "###.##";VI(I+1)/1000000
1260 IF N(I)<SM THEN 1290
1270 IF N(I)>CU THEN 1310
1280 LOCATE LIN,49:PRINT USING "###.##";J(I):LOCATE LIN,56:PRINT USING "###.##";
S(I)/1000000:GOTO 1320
1290 LOCATE LIN,48:PRINT ZA$:LOCATE LIN,56:PRINT ZA$:LOCATE LIN,61:PRINT "VD=";U
SING "###.#";VDE(I)/1000000
1300 LOCATE LIN,71:PRINT "DEF=";USING "##.#";PDE(I):GOTO 1320
1310 LOCATE LIN,48:PRINT ZA$:LOCATE LIN,56:PRINT ZA$:LOCATE LIN,63:PRINT "Vderr="
;USING "###.##";VD(I)/1000000
1320 LINE (0,33)-(0,197):LINE (638,33)-(638,197):NEXT I
1330 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1340 CLS:LOCATE 2,32:PRINT "O P C I O N E S"
1350 LOCATE 10,15:PRINT "1. Desca hacer otro calculo"
1360 LOCATE 12,15:PRINT "2. Desea impresion de resultados"
1370 LOCATE 14,15:PRINT "3. Desca regresar al menú principal"
1380 LOCATE 23,40:PRINT "Opción ":"OP$=INPUT $(1):OP=VAL(OP$):IF OP <1 OR OP>3
THEN BEEP:BEEP:GOTO 1380
1390 ON OP GOSUB 10,1640
1400 RUN "HS"
1410 X=K1*Z^N1:W=K2*Z^N2
1420 RETURN
1430 CLS:LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,25):LINE (638,25)-(25,25):LINE(
25,25)-(25,1)
1440 LINE (25,29)-(638,29):LINE (638,29)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE(
25,197)-(25,29)
1450 LOCATE 2,30:PRINT "INFORMACION GENERAL"
1460 RETURN
1470 CLS:LOCATE 2,10:PRINT "PRESA      :";NOMBRES$
1480 LOCATE 3,10:PRINT "LOCALIDAD  :";LOCALIDAD$
1490 LOCATE 4,10:PRINT "ESTADO     :";ESTADOS$
1500 IF Z=1 THEN LOCATE 7,23:PRINT "Ajuste de la curva 'Elev-Areas-Cap':GOTO 1
520

```

```

1510 LOCATE 7,29:PRINT "Lectura de informaci3n"
1520 LINE (25,5)-(638,5):LINE (638,5)-(638,33):LINE (638,33)-(25,33):LINE(25,33)
-(25,5)
1530 LINE (25,37)-(638,37):LINE (638,37)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE(
25,197)-(25,37)
1540 PRINT :PRINT
1550 RETURN
1560 CLS:LOCATE 3,2:PRINT "AÑO":LOCATE 3,8:PRINT "E N ":LOCATE 3,14:PRINT "EVA":
LOCATE 3,22:PRINT "Vi"
1570 LOCATE 3,28:PRINT "hi":LOCATE 3,36:PRINT "Ai":LOCATE 3,42:PRINT "Vi+1"
1580 LOCATE 3,50:PRINT "hi+1":LOCATE 3,57:PRINT "Ai+1":LOCATE 3,63:PRINT "OBSERV
ACIONES"
1590 LOCATE 4,8:PRINT "Mm3":LOCATE 4,15:PRINT "m":LOCATE 4,22:PRINT "Mm3":LOCATE
4,28:PRINT "m":LOCATE 4,36:PRINT "Mm2":LOCATE 4,42:PRINT "Mm3"
1600 LOCATE 4,51:PRINT "m":LOCATE 4,57:PRINT "Mm2":PRINT :PRINT
1610 LINE (0,3)-(639,3):LINE (639,3)-(639,197):LINE (639,197)-(0,197):LINE (0,19
7)-(0,3)
1620 LINE (0,33)-(639,33)
1630 RETURN
1640 REM *** RUTINA DE IMPRESION ***
1650 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
1660 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
1670 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA"
1680 LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
1690 LPRINT TAB(28) "FUNCIONAMIENTO DE VASOS":LPRINT :LPRINT :LPRINT
1700 LPRINT TAB(10) "PRESA      :";NOMBRES$
1710 LPRINT TAB(10) "LOCALIDAD  :";LOCALIDAD$
1720 LPRINT TAB(10) "ESTADO     :";ESTADO$
1730 LPRINT TAB(10) "VOLUMEN INICIAL ALMACENADO: ";VI(1)/100000001;"Mm3"
1740 LPRINT TAB(10) "DEMANDA      :";DA/100000001;"Mm3"
1750 LPRINT TAB(10) "CAPACIDAD UTIL      :";CU/100000001;"Mm3"
1760 LPRINT TAB(10) "CAPACIDAD DE AZOLVES  :";SM/100000001;"Mm3"
1770 LPRINT TAB(10) "A OS DE REGISTRO      :";AR
1780 LPRINT :LPRINT :LPRINT
1790 LPRINT TAB(1) "A o";TAB(9) "E N";TAB(18) "EVA";TAB(27) "Vi";TAB(37) "hi";TA
B(47) "Ai";TAB(56) "Vi+1";TAB(65) "OBSERVACIONES"
1800 LPRINT TAB(9) "Mm3";TAB(19) "m";TAB(27) "Mm3";TAB(37) "m";TAB(47) "Mm2";TAB
(56) "Mm3":LPRINT :LPRINT
1810 FOR I=1 TO AR
1820 LPRINT TAB(1) USING"####";AIR+I-1;:LPRINT TAB(7) USING"####.#";EN(I)/1000
0001;:LPRINT TAB(17) USING"###.###";EVA(I);
1830 LPRINT TAB(25) USING"####.#";VI(I)/100000001;:LPRINT TAB(35) USING"####.#"
;H(I);:LPRINT TAB(45) USING"####.###";A(I)/100000001;
1840 LPRINT TAB(54) USING"####.#";VI(I+1)/100000001;
1850 IF VI(I+1)<=SM THEN LPRINT TAB(65) "V.def=";USING"####.#";VDE(I)/100000001:
GOTO 1870
1860 IF VI(I+1)>=CU THEN LPRINT TAB(65) "V.derr=";USING"####.###";VD(I)/100000001
1870 NEXT I
1880 LPRINT
1890 GOTO 1340

```

TRANSITO DE AQUEMIDAS

PRESENTACION DEL MENU.

SELECCION OPCION
1. TRANSITO POR
VASOS
2. TRANSITO POR
CAUCES.

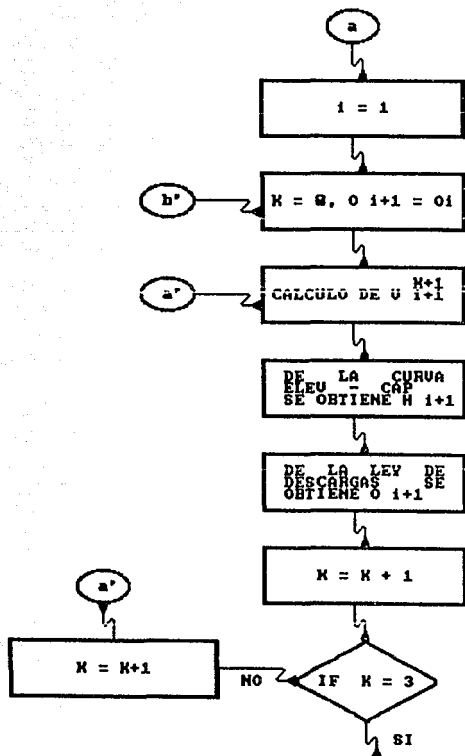
1

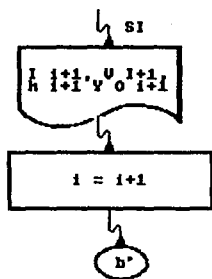
LECTURA DEL
HIDROGRAMA DE
ENTRADA CURVA DE
E - A Y LEY DE
DESCARGA VERT.

AJUSTE DE LA
CURVA ELEU - CAP.

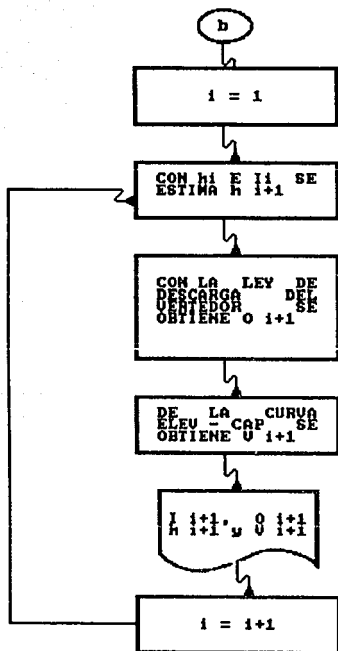
SELECCION DEL
METODO A EMPLEAR
a. NUMERICO DE
b. EOLEA:

METODO NUMERICO DE C. F. E.

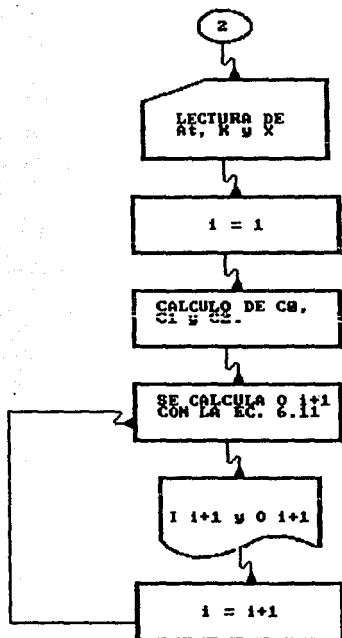




METODO DE EULER



TRANSITO POR CAUCES



```

10 SCREEN 2
20 KEY OFF
30 CLEAR
40 WIDTH 40
50 BEEP:BEEP
60 LINE (90,79)-(195,79):LINE (195,79)-(195,137):LINE (195,137)-(90,137):LINE (9
0,137)-(90,79)
70 LINE (88,77)-(197,77):LINE (197,77)-(197,139):LINE (197,139)-(88,139):LINE (8
8,139)-(88,77)
80 LOCATE 12,15:PRINT "TRANSITO":LOCATE 14,18:PRINT "DE":LOCATE 16,15:PRINT "AVE
NIDAS"
90 FOR CON=1 TO 20000:NEXT CON
100 WIDTH 80
110 CLS:LOCATE 12,8:PRINT "      Se realizará el tránsito de una avenida a tr
avés de un vaso"
120 LOCATE 13,8:PRINT "ó un cauce.      El tránsito por vasos se hará por el méto
do numérico"
130 LOCATE 14,8:PRINT "de la C.F.E. ó por el algoritmo de Euler.      El tránsito
por cauces"
140 LOCATE 15,8:PRINT "se realizará empleando el método de Muskingum"
150 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25,
197)-(25,3)
160 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
170 REM *** TRANSITO DE AVENIDAS ***
180 CLS:REM *** OPCION PARA EL TRANSITO DE LA AVENIDA ***
190 GOSUB 2330
200 LOCATE 2,30:PRINT "TRANSITO DE AVENIDAS"
210 LOCATE 10,10:PRINT "Tránsito por :"
220 LOCATE 15,12:PRINT "1. Vasos"
230 LOCATE 16,12:PRINT "2. Cauces"
240 LOCATE 22,40:PRINT "Opción deseada:      ";OP$=INPUT $(1):PRINT OP$:OP=VAL (O
P$):IF OP <=0 OR OP >2 THEN BEEP:BEEP:GOTO 240
250 BEEP:FOR CON=1 TO 1000:NEXT CON
260 IF OP=2 THEN 1520
270 CLS:GOSUB 2330
280 LOCATE 2,30:PRINT "INFORMACION GENERAL"
290 LOCATE 9,15:PRINT "Proyecto      ":LOCATE 10,15:PRINT "Localidad      ":LOCATE 11,1
5:PRINT "Estado      ":LOCATE 12,15:PRINT "Elevación vertedor      ":LOCATE 13,
15:PRINT "Longitud de cresta      ":"
300 LOCATE 14,15:PRINT "Coeficiente de descarga      ":LOCATE 15,15:PRINT "Gasto en
obra de toma      ":LOCATE 16,15:PRINT "No. datos de elevaciones      ":"
310 LOCATE 9,27:INPUT "",PROY$:LOCATE 10,27:INPUT "",LOCA$:LOCATE 11,27:INPUT ""
,EDOS$:LOCATE 12,42:INPUT "",EI:LOCATE 13,42:INPUT "",LC:LOCATE 14,42:INPUT "",CD
320 LOCATE 15,42:INPUT "",GT:LOCATE 16,42:INPUT "",ND
330 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
340 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 370
350 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 270
360 BEEP:BEEP:GOTO 330
370 LEC=1:GOSUB 1210:LEC=0
380 REM *** CURVA ELEVACIONES-CAPACIDADES ***
390 GOSUB 2200
400 FOR I=1 TO ND
410 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN GOSUB 2200
420 LIN=CSRLIN
430 LOCATE LIN,18:INPUT "Elevación (m):",Q(I):LOCATE LIN,44:INPUT "Almacenamien
to(Mm3):",II(I):II(I)=II(I)*1000000
440 NEXT I
450 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)

```

```

460 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 490
470 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 380
480 BEEP:BEEP:GOTO 450
490 REM *** OPCION PARA EL TRANSITO DE LA AVENIDA ***
500 CLS:GOSUB 2320
510 LOCATE 2,25:PRINT "TRANSITO DE AVENIDAS POR VASOS"
520 LOCATE 10,10:PRINT "Selección del método:"
530 LOCATE 15,12:PRINT "1. Método numérico de la CFE"
540 LOCATE 16,12:PRINT "2. Método de Euler"
550 LOCATE 22,40:PRINT "Opción deseada : ";OP$:OP=INPUT $(1):PRINT OP$:OP=VAL (OP
$):IF OP <=0 OR OP>2 THEN BEEP:BEEP:GOTO 550
560 IF OP=1 THEN METOS$="(METODO DE C.F.E.)":GOTO 580
570 METOS$="(METODO DE EULER)"
580 BEEP
590 CLS
600 ZZ=1:GOSUB 2210
610 LOCATE 11,25:PRINT "Elevacion inicial      :  " USING"####.##";EI:PRINT "
m."
620 LOCATE 12,25:PRINT "Longitud de cresta      :  " USING"####.##";LC:PRINT "
m."
630 LOCATE 13,25:PRINT "Coeficiente de descarga :  " USING"####.##";CD
640 LOCATE 14,25:PRINT "Gasto de la obra de toma:  " USING"####.##";GT:PRINT "
m^3/s."
650 REM *** AJUSTE DE LA CURVA ELEVACIONES-CAPACIDADES***
660 A=0:B=0:C=0:D=0
670 FOR I=1 TO ND
680 W=LOG (Q(I)):IC=LOG (II(I)):E=W^2:R=W*IC
690 A=A+IC:B=B+W:C=C+E:D=D+R
700 NEXT I
710 N=(ND*D-B*A)/(ND*C-B^2)
720 K=EXP ((C*A-B*D)/(ND*C-B^2))
730 LOCATE 21,26:PRINT "V=";K:LOCATE 21,36:PRINT "*"H";N
740 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
750 REM *** INICIA EL PROCESO ***
760 CLS:LOCATE 12,20:PRINT "Inicia el proceso....espere un momento"
770 IF OP=2 THEN 880
780 REM *** ALGORITMO DE LA C.F.E. ***
790 FOR I=1 TO (EN*3)
800 OI(I+1)=OI(I)
810 SI={(VI(I+1)+VI(I))/2-(OI(I+1)+OI(I))/2}*AT+3600+BI-OT*AT+3600
820 IF LI>3 THEN 860
830 LI=LI+1
840 HI(I)={(SI/K)^(1/N):OI(I+1)=LC*CD*(HI(I)-EI)^(3/2)}
850 GOTO 810
860 LI=0:BI=SI
870 NEXT I:GOTO 930
880 REM *** ALGORITMO DE EULER ***
890 FOR I=1 TO (EN*3)
900 HI(I)=HI(I-1)+{(VI(I+1)-(CD*LC)*(HI(I-1)-EI)^(3/2))/(K*N*HI(I-1)^(N-1))}*AT+
3600-OT*AT+3600
910 OI(I+1)=(HI(I)-EI)^(3/2)*CD*LC
920 NEXT I
930 REM *** PRESENTACION DE RESULTADOS ***
940 GOSUB 2050
950 HI(0)=EI
960 FOR I=0 TO (EN*3)
970 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar
":AA$=INPUT $(1):GOSUB 2050

```

```

980 LIN=CSRLIN
990 LOCATE LIN,10:PRINT AT*I:LOCATE LIN,20:PRINT USING "#####.##";VI(I+1)
1000 LOCATE LIN,35:PRINT USING "###.###";HI(I):LOCATE LIN,50:PRINT USING "#####.
###";OI(I+1)
1010 NEXT I
1020 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1030 CLS
1040 LOCATE 3,25:PRINT "O P C I O N E S"
1050 LOCATE 11,10:PRINT "1. Desea hacer otro cálculo":LOCATE 12,10:PRINT "2. Des
ea modificar la ley de descarga del vertedor"
1060 LOCATE 13,10:PRINT "3. Desea modificar el hidrograma de entradas":LOCATE 14
,10:PRINT "4. Desea impresión de resultados":LOCATE 15,10:PRINT "5. Desea regres
ar al menú principal"
1070 LOCATE 22,40:PRINT "Opción deseada: ";OP$=INPUT $(1):PRINT OP$:OP=VAL (OP$
):IF OP<1 OR OP>5 THEN BEEP:BEEP=GOTO 1070
1080 ON OP GOTO 10,1100,1200,2360
1090 RUN "HS"
1100 CLS
1110 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25
,197)-(25,3)
1120 LOCATE 4,25:PRINT "CARACTERISTICAS DEL VERTEDEDOR"
1130 LOCATE 7,15:PRINT " 1. Coeficiente de descarga ";CD
1140 LOCATE 8,15:PRINT " 2. Longitud de cresta ";LC
1150 LOCATE 13,25:PRINT "NUEVAS CARACTERISTICAS DEL VERTEDEDOR "
1160 LOCATE 16,15:INPUT " 1. Coeficiente de descarga ";CD
1170 LOCATE 17,15:INPUT " 2. Longitud de cresta ";LC
1180 LOCATE 18,15:INPUT " 3. Gasto en la obra de toma ";GT
1190 CONTAR=1:GOTO 500
1200 REM**NUEVOS DATOS DEL HIDROGRAMA DE ENTRADAS***
1210 CLS:GOSUB 2330
1220 LOCATE 2,25:PRINT "HIDROGRAMA DE ENTRADAS"
1230 LOCATE 13,15:INPUT "Duracion (dias): ";DI:IF DI<1 THEN DI=1
1240 LOCATE 16,15:INPUT "Intervalo de tiempo [hrs]: ";AT
1250 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
1260 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 1290
1270 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 1210
1280 BEEP:BEEP:GOTO 1250
1290 AT=24/AT:EN=DI*AT:HO=0:DIA=1:HOM=0
1300 IF BIM=0 THEN DIM OI(EN*3+1),HI(EN*3+1),VI(EN*3+1),OM(EN*3+1),Q(ND),II(ND):
BIM=1
1310 FOR CON=1 TO (EN+1):VI(CON)=0:NEXT CON
1320 GOSUB 2130
1330 DIR=0
1340 FOR I=1 TO (EN+1)
1350 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN GOSUB 2130
1360 LIN=CSRLIN
1370 IF DIR=1 THEN 1390
1380 IF HO=0 OR HO>=24+AT THEN LOCATE LIN,25:PRINT DIA:DIA=DIA+1:HO=AT+HOM
1390 IF I=1 THEN HO=HO-AT:LOCATE LIN,34:PRINT USING"###.##";HO:GOTO 1420
1400 IF HO>24 THEN HO=HO-24:LOCATE LIN,25:PRINT DIA:DIA=DIA+1:LOCATE LIN,34:PR
INT USING"###.##";HO-24:HO=HOM:DIR=1:GOTO 1420
1410 LOCATE LIN,34:PRINT USING"###.##";HO
1420 LOCATE LIN,44:PRINT "I(";I-1;")=";:INPUT VI(I)
1430 HO=HO+AT
1440 NEXT I
1450 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
1460 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 1490

```

```

1470 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 1290
1480 BEEP:BEEP:GOTO 1450
1490 IF LEC=1 THEN RETURN
1500 IF OPCION=1 THEN 1520
1510 GOTO 500
1520 REM ***TRANSITO DE AVENIDAS POR CAUCES***
1530 OPCION=2
1540 CLS:GOSUB 2330
1550 LOCATE 2,25:PRINT "TRANSITO DE AVENIDAS POR CAUCES"
1560 LOCATE 10,10:PRINT "Método a emplear:"
1570 LOCATE 16,12:PRINT "1. Muskingum"
1580 FOR CON=1 TO 20000:NEXT CON
1590 CLS:GOSUB 2330
1600 LOCATE 2,31:PRINT "INFORMACION GENERAL"
1610 LOCATE 10,15:PRINT "Cauce      ":LOCATE 11,15:PRINT "Localidad  ":LOCATE 12
,15:PRINT "Estado      ":LOCATE 13,15:PRINT "Coeficiente de almacenamiento  :"
1620 LOCATE 14,15:PRINT "Parámetro de almacenamiento  :"
1630 LOCATE 10,27:INPUT " ",CAUCES$:LOCATE 11,27:INPUT " ",LOCA$:LOCATE 12,27:INPUT
" ",EDOS$:LOCATE 13,47:INPUT " ",KM:LOCATE 14,47:INPUT " ",XM
1640 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
1650 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 1680
1660 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 1590
1670 BEEP:BEEP:GOTO 1640
1680 LEC=1:GOSUB 1200:LEC=0
1690 REM***INICIA EL PROCESO***
1700 CLS
1710 LOCATE 12,25:PRINT "Inicia el proceso...espere un momento"
1720 REM *** CALCULO DE PARAMETROS ***
1730 CO=-((KM*XM-AT/2)/(KM-KM*XM+AT/2)):C1=(KM*XM+AT/2)/(KM-KM*XM+AT/2)
1740 C2=(KM-KM*XM-AT/2)/(KM-KM*XM+AT/2):ATM=0
1750 IF ABS ((CO+C1+C2)-1)<=.01 THEN 1790
1760 CLS:LOCATE 12,25:PRINT "FALLA EN LOS COEFICIENTES":GOTO 1730
1770 FOR I=1 TO (EN*3)
1780 OM(I+1)=CO*VI(I+1)+C1*VI(I)+C2*OM(I)
1790 IF OM(I+1)<0 THEN OM(I+1)=0
1800 NEXT I
1810 REM *** PRESENTACION DE RESULTADOS ***
1820 GOSUB 2260
1830 FOR I=1 TO (EN*3)
1840 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continua
r...":AA$=INPUT $(1):GOSUB 2260
1850 LIN=CSRLIN
1860 LOCATE LIN,8:PRINT I:LOCATE LIN,13:PRINT ATM:LOCATE LIN,20:PRINT USING "###
###.##";VI(I)
1870 IF I>1 THEN LOCATE LIN,30:PRINT USING"#####.##";CO*VI(I):LOCATE LIN,40:PRIN
T USING "#####.##";C1*VI(I-1):LOCATE LIN,52:PRINT USING "#####.##";C2*VI(I-1)
1880 LOCATE LIN,62:PRINT USING "#####.##";OM(I)
1890 IF I>2 AND OM(I)<=.01 THEN 1920
1900 ATM=ATM+AT
1910 NEXT I
1920 LOCATE 22,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1930 CLS:LOCATE 2,33:PRINT "O P C I O N E S"
1940 LOCATE 11,15:PRINT "1. Desea hacer otro cálculo":LOCATE 12,15:PRINT "2. Dese
a modificar el hidrograma de entrada"
1950 LOCATE 13,15:PRINT "3. Desea modificar los parámetros de cauce":LOCATE 14,1
5:PRINT "4. Desea impresión de resultados":LOCATE 15,15:PRINT "5. Desea regresar
al menú principal"
1960 LOCATE 23,40:PRINT "Opción  ":OP$=INPUT $(1):PRINT OP$:OP=VAL (OP$):IF OP<
1 OR OP >5 THEN BEEP:BEEP:GOTO 1960
1970 ON OP GOSUB 10,1680,1990,2620

```

```

1980 RUN "HS"
1990 CLS:GOSUB 2330
2000 LOCATE 2,30:PRINT "INFORMACION GENERAL"
2010 LOCATE 11,15:PRINT "Coeficiente de almacenamiento : "
2020 LOCATE 15,15:PRINT "Parámetro de almacenamiento : "
2030 LOCATE 11,48:INPUT " ",KM:LOCATE 15,48:INPUT " ",XM
2040 GOTO 1690
2050 REM *** SUBROUTINA PARA PRESENTACION DE RESULTADOS ***
2060 CLS:LOCATE 2,20:PRINT "RESULTADOS DEL TRANSITO DE LA AVENIDA"
2070 LOCATE 5,10:PRINT "tiempo":LOCATE 5,25:PRINT "I"
2080 LOCATE 5,36:PRINT "H vert":LOCATE 5,55:PRINT "O"
2090 LOCATE 6,10:PRINT "[hrs]":LOCATE 6,22:PRINT "[M3/sg]"
2100 LOCATE 6,37:PRINT "[m]":LOCATE 6,52:PRINT "[M3/sg]"
2110 GOSUB 2320
2120 PRINT :PRINT :RETURN
2130 REM *** SUBROUTINA PARA ENTRADA DE DATOS DEL HIDROGRAMA ***
2140 CLS:LOCATE 2,5:PRINT "PROYECTO          :";PROY$:LOCATE 3,5:PRINT "DURACION DE LA TORMENTA: ";DI; "DIAS":LOCATE 4,5:PRINT "INTERVALO DE TIEMPO          : ";AT; "hr"
2150 IF OPCION=2 THEN LOCATE 2,5:PRINT "CAUCE          : ";CAUCE$
2160 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,33):LINE (638,33)-(25,33):LINE (25,33)-(25,3)
2170 LINE (25,37)-(638,37):LINE (638,37)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25,197)-(25,37)
2180 LOCATE 7,23:PRINT "HIDROGRAMA      DE      ENTRADAS": LOCATE 9,25:PRINT "DIA HORA      M3/s"
2190 PRINT :PRINT :RETURN
2200 REM *** CURVA ELEV-CAP ***
2210 CLS:LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,33):LINE (638,33)-(25,33):LINE (25,33)-(25,3)
2220 LINE (25,37)-(638,37):LINE (638,37)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25,197)-(25,37)
2230 LOCATE 2,10:PRINT "PROYECTO          :";PROY$:LOCATE 3,10:PRINT "LOCALIDAD          :";LOCA$:LOCATE 4,10:PRINT "ESTADO          :";EDO$
2240 IF Z2=1 THEN RETURN
2250 LOCATE 7,25:PRINT "Ajuste de la curva 'Elev-Cap':          :PRINT :RETURN
2260 REM** SUBROUTINA PARA PRESENTACION DE RESULTADOS DEL TRANSITO POR CAUCES**
2270 CLS:LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,33):LINE (638,33)-(25,33):LINE (25,33)-(25,3)
2280 LINE (25,37)-(638,37):LINE (638,37)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25,197)-(25,37)
2290 LOCATE 2,5:PRINT "CAUCE          : ";CAUCE$:LOCATE 3,5:PRINT "DURACION          :";DI; "DIAS":LOCATE 4,5:PRINT "INTERVALO DE TIEMPO          : ";AT; "hr"
2300 LOCATE 7,9:PRINT "i":LOCATE 7,13:PRINT "tiempo":LOCATE 7,22:PRINT "INGRESO":LOCATE 7,31:PRINT "CO*V(i)":LOCATE 7,42:PRINT "CI*V(i-i)":LOCATE 7,54:PRINT "C2*V(i-1)"
2310 LOCATE 7,64:PRINT "EGRESO":LOCATE 8,14:PRINT "hora":LOCATE 8,23:PRINT "m3/s":LOCATE 8,32:PRINT "m3/s":LOCATE 8,44:PRINT "m3/s":LOCATE 8,56:PRINT "m3/s":LOCATE 8,65:PRINT "m3/s":PRINT :PRINT :RETURN
2320 REM *** RUTINA PARA CUADRO ***
2330 LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,19):LINE (638,19)-(25,19):LINE (25,19)-(25,1)
2340 LINE (25,23)-(638,23):LINE (638,23)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25,197)-(25,23)
2350 RETURN
2360 REM **RUTINA DE IMPRESION PARA EL TRANSITO EN VASOS**

```

```

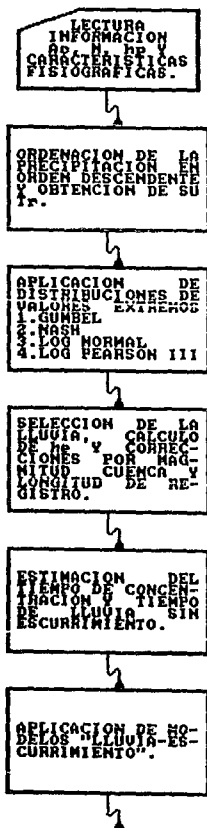
2370 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
2380 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
2390 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA"
2400 LPRINT :LPRINT :LPRINT TAB(25) "TRANSITO DE AVENIDAS EN VASOS":LPRINT TAB(3
1) METOS:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
2410 LPRINT TAB(10) "PROYECTO :";PROY$:LPRINT TAB(10) "LOCALIDAD :";LOCA$
2420 LPRINT TAB(10) "ESTADO :";EDO$:LPRINT :LPRINT :LPRINT
2430 LPRINT TAB(10) "ELEVACION DEL VERTEDOR :";USING"####.##";EI:LPRINT " m":
LPRINT TAB(10) "LONGITUD DE CRESTA :";USING"####.##";LC:LPRINT " m":LPRINT
TAB(10) "COEFICIENTE DE DESCARGA :";USING"####.##";CD
2440 LPRINT TAB(10) "GASTO EN OBRA DE TOMA :";USING"####.##";GT:LPRINT "m3/s"
:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
2450 LPRINT TAB(22) "RESULTADO DEL TRANSITO DE LA AVENIDA":LPRINT :LPRINT :LPRIN
T
2460 LPRINT TAB(15) "tiempo";TAB(30) "I";
2470 LPRINT TAB(41) "H vert";TAB(60) "O";
2480 LPRINT TAB(15) "(hrs)";TAB(27) "(M^3/sg)";
2490 LPRINT TAB(42) "(m)";TAB(57) "(M^3/sg)":LPRINT :LPRINT
2500 HI(0)=EI
2510 FOR I=0 TO (EN*3)
2520 IF I><20 THEN 2580
2530 LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPR
INT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
2540 LPRINT TAB(15) "tiempo";TAB(30) "I";
2550 LPRINT TAB(41) "H vert";TAB(60) "O";
2560 LPRINT TAB(15) "(hrs)";TAB(27) "(M^3/sg)";
2570 LPRINT TAB(42) "(m)";TAB(57) "(M^3/sg)":LPRINT :LPRINT
2580 LPRINT TAB(15) USING"###.##";AT*I:LPRINT TAB(25) USING"#####";VI(I+1);
2590 LPRINT TAB(40) USING"###.##";HI(I);LPRINT TAB(55) USING"#####";OI(I
+1)
2600 NEXT I
2610 LPRINT :GOTO 1030
2620 REM **ROUTINA DE IMPRESION PARA EL TRANSITO EN CAUCES**
2630 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
2640 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
2650 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA"
2660 LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT TAB(25) "TRANSITO DE AVENIDAS EN CAUCES":LPR
INT :LPRINT :LPRINT
2670 LPRINT TAB(10) "CAUCE :";CAUCES:LPRINT TAB(10) "LOCALIDAD :";LOCA$:LPRIN
T TAB(10) "ESTADO :";EDOS
2680 LPRINT TAB(10) "COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO :";KM:LPRINT TAB(10) "PARAMET
RO DE ALMACENAMIENTO :";XM:LPRINT :LPRINT :LPRINT
2690 LPRINT TAB(25) "RESULTADO DEL TRANSITO DE LA AVENIDA":LPRINT :LPRINT :LPRIN
T
2700 LPRINT TAB(10) "i";TAB(13) "tiempo";TAB(22) "INGRESO";TAB(31) "C0*v(i)";TAB
(42) "C1*v(i-1)";TAB(54) "C2*v(i-1)";
2710 LPRINT TAB(64) "EGRESO":LPRINT TAB(14) "hora";TAB(23) "m^3/s";TAB(32) "m^3/
s";TAB(44) "m^3/s";TAB(56) "m^3/s";TAB(65) "m^3/s":LPRINT :LPRINT
2720 ATM=0
2730 FOR I=1 TO (EN*3)
2740 IF I><25 THEN 2780
2750 LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPR
INT :LPRINT
2760 LPRINT TAB(10) "i";TAB(13) "tiempo";TAB(22) "INGRESO";TAB(31) "C0*v(i)";TAB
(42) "C1*v(i-1)";TAB(54) "C2*v(i-1)";
2770 LPRINT TAB(64) "EGRESO":LPRINT TAB(14) "hora";TAB(23) "m^3/s";TAB(32) "m^3/
s";TAB(44) "m^3/s";TAB(56) "m^3/s";TAB(65) "m^3/s":LPRINT :LPRINT

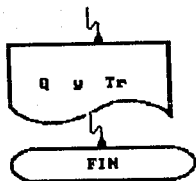
```



```
2780 LPRINT TAB(8) USING"###";I;:LPRINT TAB(13) USING"###";ATM;:LPRINT TAB(20) U
SING "####.##";VI(I);
2790 IF I>1 THEN LPRINT TAB(30) USING"####.##";C0*VI(I);:LPRINT TAB(40) USING "
####.##";C1*VI(I-1);:LPRINT TAB(52) USING "####.##";C2*VI(I-1);
2800 LPRINT TAB(62) USING "####.##";OM(I)
2810 IF I>2 AND OM(I)<=.01 THEN 2840
2820 ATM=ATM+AT
2830 NEXT I
2840 LPRINT :GOTO 1930
```

AVENIDAS MAXIMAS





```

10 SCREEN 2
20 CLS
30 CLEAR
40 REM ***CALCULO DE AVENIDAS DE DISEÑO***
50 KEY OFF
60 WIDTH 40
70 LINE (80,60)-(230,60):LINE (230,60)-(230,125):LINE (230,125)-(80,125):LINE (8
0,125)-(80,60)
80 LINE (78,58)-(232,58):LINE (232,58)-(232,127):LINE (232,127)-(78,127):LINE (7
8,127)-(78,58)
90 BEEP:BEEP
100 LOCATE 10,17:PRINT "CALCULO":LOCATE 12,20:PRINT "DE":LOCATE 14,13:PRINT "AVE
NIDAS MAXIMAS"
110 FOR CON=1 TO 20000:NEXT CON:BEEP
120 WIDTH 80
130 LOCATE 12,5:PRINT "      Se estimará la avenida máxima probable a partir
de un registro"
140 LOCATE 13,5:PRINT "histórico de precipitaciones, aplicando modelos ' LLUVIA-
ESCURRIMIENTO ' "
150 LINE (25,3)-(638,3):LINE (638,3)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE (25,
197)-(25,3)
160 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
170 REM ***DATOS GENERALES DE PROYECTO***
180 FOR I=1 TO 8
190 READ TR(I),ZN(I)
200 NEXT I
210 GOSUB 3150
220 LOCATE 2,27:PRINT "DATOS GENERALES DEL PROYECTO"
230 LOCATE 8,15:PRINT "Nombre del proyecto: ":LOCATE 10,15:PRINT "Municipio
: ":LOCATE 12,15:PRINT "Estado          :":LOCATE 14,15:PRINT "Estación
base      :":LOCATE 16,15:PRINT "Años de registro : "
240 LOCATE 18,15:PRINT "Año de inicio del registro: "
250 LOCATE 8,37:INPUT NOMBRES:LOCATE 10,37:INPUT MPIO$:LOCATE 12,37:INPUT EDO$:L
OCATE 14,37:INPUT EST$:LOCATE 16,37:INPUT AR:LOCATE 18,42:INPUT AIR
260 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
270 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 300
280 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 210
290 BEEP:BEEP:GOTO 260
300 IF AR >= 10 THEN DIM ANO(AR),HP(AR+1),HPO(AR+1),TRM(AR)
310 CLS:ZZ=-1:GOSUB 2910
320 FOR I=1 TO AR
330 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN ZZ=-1:GOSUB 2910
340 LIN=CSRLIN
350 LOCATE LIN,26:PRINT I+AIR-1:LOCATE LIN,42:INPUT "HP= ",HP(I)
360 NEXT I
370 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
380 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 410
390 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 310
400 BEEP:BEEP:GOTO 370
410 ZZ=-2:GOSUB 2910
420 LOCATE 12,15:PRINT "AREA DE LA CUENCA                (KM2):"
430 LOCATE 14,15:PRINT "NUMERO N DE LA CURVA DE ESCURRIMIENTO:"
440 LOCATE 16,15:PRINT "LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL      (KM):"
450 LOCATE 18,15:PRINT "DESNIVEL DEL CAUCE PRINCIPAL     (M):"
460 LOCATE 20,15:PRINT "ELEVACION DEL CAUCE (VASO)      (M):"
470 LOCATE 22,15:PRINT "ELEVACION DEL CAUCE (PARTEAGUAS) (M):"
480 LOCATE 12,54:INPUT AC:LOCATE 14,54:INPUT NE:LOCATE 16,54:INPUT LC:LOCATE 18,
54:INPUT DES:LOCATE 20,54:INPUT EI:LOCATE 22,54:INPUT EF

```

```

490 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
500 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 530
510 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 410
520 BEEP:BEEP:GOTO 490
530 DIM ELEV(INT (LC)+1),AY(INT (LC)+1),DESL(INT (LC)+1):II=1
540 IF (LC-INT (LC))>0 THEN LC1=INT (LC)+1:GOTO 560
550 LC1=LC
560 ZZ=-3:GOSUB 2910
570 FOR I=0 TO LC1
580 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN ZZ=-3:GOSUB 2910
590 LIN=CSRLIN
600 LOCATE LIN,20:PRINT "ESTACION ";I:LOCATE LIN,40:INPUT "ELEVACION [M]:",ELEV
(I)
610 NEXT I
620 LOCATE 23,40:PRINT "Son correctos los datos (S/N)":AA$=INPUT $(1)
630 IF AA$="S" OR AA$="s" THEN 660
640 IF AA$="N" OR AA$="n" THEN 560
650 BEEP:BEEP:GOTO 620
660 CLS:BEEP:BEEP
670 LOCATE 10,24:PRINT "ORDENACION DE LA PRECIPITACION":LOCATE 16,23:PRINT "ASOC
IADA A UN PERIODO DE RETORNO":FOR CON=1 TO 4000:NEXT CON
680 REM ***ORDENACION DE LA INFORMACION***
690 FOR J=1 TO AR-1
700 FOR I=1 TO AR
710 IF HP(I)<HP(I+1) THEN HPO(I)=HP(I+1):HPO(I+1)=HP(I):GOTO 730
720 GOTO 740
730 HP(I)=HPO(I):HP(I+1)=HPO(I+1)
740 NEXT I
750 NEXT J
760 REM ***ESTIMACIONES ESTADISTICAS***
770 FOR I=1 TO AR
780 IF C>=1 THEN 800
790 DM=DM+HP(I):DML=DML+LOG (HP(I)):GOTO 820
800 EM=(HP(I)-DM)^2/(AR-1):EML=(LOG (HP(I))-DML)^2/(AR-1)
810 FD=FD+EM:FDL=FDL+EML
820 NEXT I
830 IF C<1 THEN DM=DM/AR:DML=DML/AR:C=C+1:GOTO 770
840 FD=SQR (FD):FDL=SQR (FDL)
850 REM ***PERIODO DE RETORNO ASOCIADO A UN HP***
860 FOR I=1 TO AR
870 TRM(I)=(AR+1)/I
880 NEXT I
890 REM ***PRESENTACION DE DATOS***
900 ZZ=0:GOSUB 2910
910 FOR I=1 TO AR
920 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar
...":AA$=INPUT $(1):ZZ=0:GOSUB 2910
930 LIN=CSRLIN
940 LOCATE LIN,19:PRINT I:LOCATE LIN,28:PRINT USING "###.###";TRM(I):LOCATE LIN,43
:PRINT USING "#####.###";HP(I)
950 NEXT I
960 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
970 CLS
980 LOCATE 5,20:PRINT "FUNCIONES DE DISTRIBUCIONES A EMPLEAR"
990 LOCATE 12,25:PRINT "1) DISTRIBUCION GUMBEL SIMPLE":LOCATE 13,25:PRINT "2) DI
STRIBUCION DE NASH"
1000 LOCATE 14,25:PRINT "3) DISTRIBUCION LOG NORMAL":LOCATE 15,25:PRINT "4) DIST
RIBUCION LOG PEARSON III"

```

```

1010 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1020 CLS:LOCATE 13,20:PRINT "Inicia el proceso.....espere un momento"
1030 REM ***DISTRIBUCION GUMBEL***
1040 FOR I=1 TO 8
1050 YG(I)=DM-(FD/DN)*(YN1+LOG (LOG (TR(I)/(TR(I)-1))))
1060 NEXT I
1070 REM ***DISTRIBUCION DE NASH***
1080 FOR I=1 TO AR
1090 M=M+HP(I):O=O+(LOG (LOG (TRM(I)/(TRM(I)-1))))^2:N=N+LOG (LOG(TRM(I)/(TRM(I)-1)))
1100 P=P+HP(I)*(LOG (LOG (TRM(I)/(TRM(I)-1))))
1110 NEXT I
1120 A=(O*M-N*P)/(AR*O-N^2):B=(AR*P-N*M)/(AR*O-N^2)
1130 FOR I=1 TO 8
1140 YN(I)=A+B*LOG (LOG (TR(I)/(TR(I)-1)))
1150 NEXT I
1160 REM ***DISTRIBUCION LOG NORMAL***
1170 FOR I=1 TO 8
1180 YL(I)=EXP (DML+2N(I)*FDL)
1190 NEXT I
1200 REM ***DISTRIBUCION LOG PEARSON III***
1210 CS=0
1220 CS=AR*CS/((AR-1)*(AR-2)*FDL^3)
1230 YP(1)=-.002963443277#*CS^2+.6235416081#*CS-2.307269275#
1240 YP(2)=-.1464368059#*CS
1250 YP(3)=-.04150973837#*CS^2+.09685986211#*CS+1.274253959#
1260 YP(4)=-.0356041254#*CS^2+.2321517715#*CS+1.582176067#
1270 YP(5)=-.01736922144#*CS^2+.4606546801#*CS+2.034680652#
1280 YP(6)=-.002028853381#*CS^2+.6248789001#*CS+2.30954662#
1290 YP(7)=-.04170440756#*CS^2+1.102099418#*CS+3.457372074#
1300 YP(8)=-.07784377722#*CS^2+1.588079323#*CS+4.608405602#
1310 FOR I=1 TO 8
1320 YP(I)=EXP(DML+YP(I)*FDL)
1330 NEXT I
1340 REM ***PRESENTACION DE LAS DISTRIBUCIONES***
1350 ZZ=6
1360 GOSUB 2910
1370 FOR I=1 TO 8
1380 MM(I)=(YG(I)+YN(I)+YL(I)+YP(I))/4
1390 LOCATE I+13,5:PRINT USING "#####.###";TR(I):LOCATE I+13,17:PRINT USING "###
#####.###";YG(I):LOCATE I+13,30:PRINT USING "#####.###";YN(I):LOCATE I+13,41:PRINT US
ING "#####.###";YL(I):LOCATE I+13,56:PRINT USING "#####.###";YP(I)
1400 NEXT I:ZZ=0
1410 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1420 CLS:LOCATE 10,25:PRINT "CORRECCION A LA LLUVIA PUNTUAL":LOCATE 12,40:PRINT
"Y":LOCATE 14,25:PRINT "CALCULO DE LA LLUVIA EN EXCESO"
1430 BEEP
1440 FOR CON=1 TO 9000:NEXT CON
1450 ZZ=1:GOSUB 2910
1460 IF AC >= 750 THEN FCA=.91
1470 FCA=.00002407619046#*AC^2-.02828571427#*AC+99.18095238#:FCA=FCA/100
1480 FCL=1.13
1490 FOR I=1 TO 8
1500 MN(I)=MM(I)*FCL*FCA
1510 HE(I)=(MN(I)-5080/NE+50.8)^2/(MN(I)+20320/NE-203.2)
1520 LOCATE I+13,14:PRINT USING "#####.###";TR(I):LOCATE I+13,30:PRINT USING "###
#####.###";MN(I):LOCATE I+13,40:PRINT "mm":LOCATE I+13,48:PRINT USING "#####.###";HE
(I):LOCATE I+13,61:PRINT "mm"
1530 NEXT I

```

```

1540 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1550 CLS:BEEP:LOCATE 12,17:PRINT "CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE"
1560 FOR CON=1 TO 8000:NEXT CON
1570 REM ***CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE POR EL METODO DE TAYLOR***
1580 GOSUB 3060
1590 IF (LC-INT (LC))>0 THEN LC1=INT (LC)+1:GOTO 1610
1600 LC1=LC
1610 FOR I=0 TO LC1
1620 LIN=CSRLIN:IF LIN=22 THEN LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continua
r...":AA$=INPUT $(1):GOSUB 3060
1630 LIN=CSRLIN:IF I=0 THEN LOCATE LIN,14:PRINT I:LOCATE LIN,27:PRINT ELEV(I):GO
TO 1670
1640 IF I>LC THEN II=II-(1-(LC-INT(LC)))
1650 AY(I)=ELEV(I)-ELEV(I-1):PEM=1/SQR(AY(I)/(II*1000)):PE=PE+PEM
1660 LOCATE LIN,14:PRINT I:LOCATE LIN,27:PRINT ELEV(I):LOCATE LIN,39:PRINT USING
"###.##";Y(I):LOCATE LIN,53:PRINT USING "###.####";PEM
1670 NEXT I
1680 PEMN=((INT (LC)+1)/PE)^2*100:LOCATE 21,14:PRINT "Pendiente media del cauc
e":PEMN;" %"
1690 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
1700 CLS
1710 BEEP
1720 LOCATE 12,23:PRINT "CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION"
1730 FOR CON=1 TO 8000:NEXT CON
1740 REM ***CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION***
1750 TC(1)=.00506*(LC*1000/SQR (PEMN))^.64
1760 TC(2)=.39*(LC^2/PEMN)`.385
1770 TC(3)=.000325*(SQR ((LC*1000)^3/DES))`.77
1780 TC(4)=LC^1.15/(15*(DES/1000)`.38)
1790 TC(5)=(.87*LC^3/DES)`.385
1800 TC(6)=.067*(LC/(SQR (DES/(1000*LC))))`.77
1810 TC(7)=.067*(LC^1.15/((DES/1000)`.385))
1820 CLS:GOSUB 3110:LOCATE 2,18:PRINT "TIEMPO DE CONCENTRACION DEL CAUCE PRINCIP
AL"
1830 LOCATE 8,23:PRINT "Chow      :      ": LOCATE 8,39:PRINT USING "###.###";TC(1
):LOCATE 8,48:PRINT " hrs."
1840 LOCATE 9,23:PRINT "Kirpich   : a)  ": LOCATE 9,39:PRINT USING "###.###";TC(2
):LOCATE 9,48:PRINT " hrs."
1850 LOCATE 10,23:PRINT "          b)  ": LOCATE 10,39:PRINT USING "###.###";TC
(3):LOCATE 10,48:PRINT " hrs."
1860 LOCATE 11,23:PRINT "Fao      :      ": LOCATE 11,39:PRINT USING "###.###";TC
(4):LOCATE 11,48:PRINT " hrs."
1870 LOCATE 12,23:PRINT "Row      :      ": LOCATE 12,39:PRINT USING "###.###";TC
(5):LOCATE 12,48:PRINT " hrs."
1880 LOCATE 13,23:PRINT "E. Basso : a)  ": LOCATE 13,39:PRINT USING "###.###";TC
(6):LOCATE 13,48:PRINT " hrs."
1890 LOCATE 14,23:PRINT "          b)  ": LOCATE 14,39:PRINT USING "###.###";TC
(7):LOCATE 14,48:PRINT " hrs."
1900 REM ***SELECCION DEL TIEMPO DE CONCENTRACION***
1910 FOR J=1 TO 6
1920 FOR I=1 TO 7
1930 IF TC(I) < TC(I+1) THEN HPO(I)=TC(I+1):HPO(I+1)=TC(I):GOTO 1950
1940 GOTO 1960
1950 TC(I)=HPO(I):TC(I+1)=HPO(I+1)
1960 NEXT I
1970 NEXT J
1980 MED=0

```

```

1990 FOR I=2 TO 6
2000 MED=MED+TC(I)
2010 NEXT I
2020 MED=MED/5
2030 TLLSE=(.003592569659#*NE^2+.5625877193#*NE+5.375944272#)/100
2040 LOCATE 17,15:PRINT "Tiempo de lluvia sin escurrimiento ":LOCATE 17,51:PRIN
T USING "#.#";TLLSE:LOCATE 17,57:PRINT " hrs."
2050 LOCATE 19,15:PRINT "Tiempo de concentracion ":LOCATE 19,51:PRIN
T USING "#.#";MED+TLLSE:LOCATE 19,57:PRINT " hrs.":TC=MED+TLLSE
2060 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
2070 CLS:BEEP
2080 LOCATE 12,25:PRINT "CALCULO DE LA AVENIDA MAXIMA"
2090 FOR CON=1 TO 5000:NEXT CON
2100 REM ** CALCULO DE LA AVENIDA MAXIMA**
2110 REM **FORMULAS EMPIRICAS**
2120 FOR I=1 TO AR
2130 M=H+HP(I):O=O+(LOG (LOG (TRM(I)/(TRM(I)-1))))^2:N=N+LOG (LOG (TRM(I)/(TRM(I)
-1)))
2140 P=P+HP(I)*(LOG (LOG (TRM(I)/(TRM(I)-1))))
2150 NEXT I
2160 A=(O*M-N*P)/(AR*O-N^2):B=(AR*P-N*M)/(AR*O-N^2)
2170 FOR I=1 TO 8
2180 YN(I)=A+B*LOG (LOG (TR(I)/(TR(I)-1)))
2190 NEXT I
2200 FOR I=1 TO 8
2210 IF TR(I)>500 THEN CM=1:GOTO 2230
2220 CM=-.0000059290030336#*TR(I)^2+.004540287449#*TR(I)+.2116576024#
2230 GETE(I)=(4+16*(LOG (TR(I))* .4342944819#))*(AC)^.5
2240 MORGAN(I)=52.787*CM*AC^.5
2250 FULLER(I)=A+B*(LOG (TR(I))* .4342944819#)
2260 NEXT I
2270 REM **METODOS EMPIRICOS**
2280 IF TC<=2 THEN QUS=.04798467358#*TC^2-.2012980551#*TC+.3117413343#:GOTO 231
0
2290 IF TC<=4 THEN QUS=.004*TC^2-.0416*TC+.1662:GOTO 2310
2300 QUS=.063
2310 TRCH=.00505*(LC*1000/SQR(PENM))^ .64
2320 TP=1.1*TC:ZCH--.1868666282#*(TP/TRCH)^2+.8770368155#*(TP/TRCH)-.0064419294
47#
2330 FOR I=1 TO 8
2340 CE(I)=HE(I)/MN(I):XCH=HE(I)/TP:YCH=MN(I)/MM(I)*.278
2350 QMR(I)=.278*CE(I)*MN(I)/TC*AC
2360 QMIA(I)=.278*HE(I)*AC/(TC-TLLSE)
2370 QMUS(I)=QUS*HE(I)*AC
2380 QMCH(I)=AC*XCH*YCH*ZCH
2390 NEXT I
2400 REM **METODOS HIDROLOGICOS**
2410 IF AC <=250 THEN NHU=2:GOTO 2440
2420 IF AC <=5000 THEN NHU=(3*(AC-250)/4750)+2:GOTO 2440
2430 NHU=5
2440 TP=1.1*TC
2450 KIPW=.73*AC^.937*LC^(-1.474)*PENM^(-1.473):NIPW=4*TP/KIPW:IF (NIPW-INT (NIP
W))>=.5 THEN NIPW= INT (NIPW)+1:GOTO 2460
2460 ZIPW=NIPW-1:GOSUB 3680:FAC1=MIPW#:FIPW=((NIPW-1)^NIPW*EXP (1-NIPW))/FAC1
2470 FOR I=1 TO 8
2480 QPA(I)=.556*HE(I)*AC/(NHU*TP)
2490 QPB(I)=.208*AC*HE(I)/TP
2500 QPHA(I)=AC*HE(I)/(5.511*TP)

```



```

2510 QPIPW(I)=AC*HE(I)*FIPW/(3.6*TP)
2520 NEXT I
2530 REM **PRESENTACION DE LAS AVENIDAS CALCULADAS**
2540 ZZ=3:GOSUB 2910
2550 FOR I=1 TO 8
2560 LIN=CSRLIN
2570 LOCATE LIN,9:PRINT USING "#####.##";TR(I)
2580 LOCATE LIN,27:PRINT USING "#####.##";GETE(I)
2590 LOCATE LIN,43:PRINT USING "#####.##";MORGAN(I)
2600 LOCATE LIN,58:PRINT USING "#####.##";FULLER(I)
2610 NEXT I
2620 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
2630 ZZ=4:GOSUB 2910
2640 FOR I=1 TO 8
2650 LIN=CSRLIN
2660 LOCATE LIN,9:PRINT USING "#####.##";TR(I)
2670 LOCATE LIN,23:PRINT USING "#####.##";QMR(I)
2680 LOCATE LIN,38:PRINT USING "#####.##";QMIA(I)
2690 LOCATE LIN,51:PRINT USING "#####.##";QMUS(I)
2700 LOCATE LIN,63:PRINT USING "#####.##";QMCH(I)
2710 NEXT I
2720 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
2730 ZZ=5:GOSUB 2910
2740 FOR I=1 TO 8
2750 LIN=CSRLIN
2760 LOCATE LIN,9:PRINT USING "#####.##";TR(I)
2770 LOCATE LIN,23:PRINT USING "#####.##";QPA(I)
2780 LOCATE LIN,38:PRINT USING "#####.##";QPB(I)
2790 LOCATE LIN,51:PRINT USING "#####.##";QPHA(I)
2800 LOCATE LIN,63:PRINT USING "#####.##";QPIPW(I)
2810 NEXT I
2820 ZZ=0:LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
2830 REM **OPCIONES**
2840 CLS:BEEP
2850 LOCATE 3,33:PRINT "O P C I O N E S"
2860 LOCATE 10,15:PRINT "1. Desea hacer otro cálculo"
2870 LOCATE 12,15:PRINT "2. Desea impresión de resultados"
2880 LOCATE 14,15:PRINT "3. Desea regresar al menú principal"
2890 LOCATE 23,40:PRINT "Opción: ":OP$=INPUT $(1):OP=VAL (OP$):IF OP <=0 OR OP>3
THEN BEEP:BEEP:GOTO 2890
2900 ON OP GOSUB 10,3170,3140
2910 CLS:LOCATE 3,5:PRINT "Proyecto                ";NOMBRE$:LOCATE 4,5:PRINT "Municipi
pio                ":MPIO$:
2920 LOCATE 5,5:PRINT "Estado                ";EDO$:LOCATE 6,5:PRINT "Estación base
":EST$:
2930 LOCATE 7,5:PRINT "Años de registro      ";AR
2940 LINE (20,10)-(600,10):LINE (600,10)-(600,60):LINE (600,60)-(20,60):LINE (20
,60)-(20,10)
2950 LINE (20,64)-(20,198):LINE (20,198)-(600,198):LINE (600,198)-(600,64):LINE
(600,64)-(20,64):IF ZZ=-2 THEN 3050
2960 IF ZZ=-3 THEN LOCATE 10,15:PRINT "ELEVACIONES POR CADA KILOMETRO DEL CAUCE
PRINCIPAL":LOCATE 11,22:PRINT "(partiendo de la elevación en el vaso)":PRINT :GOT
O 3050
2970 IF ZZ=-1 THEN LOCATE 10,20:PRINT "Lectura de la precipitación en mm":PRINT
:GOTO 3050
2980 IF ZZ=0 THEN LOCATE 10,20:PRINT "n":LOCATE 10,30:PRINT "TR":LOCATE 10,40:PR
INT "PRECIPITACION":PRINT :GOTO 3050

```

```

2510 QPIPW(I)=AC*HE(I)*FIPW/(3.6*TP)
2520 NEXT I
2530 REM **PRESENTACION DE LAS AVENIDAS CALCULADAS**
2540 ZZ=3:GOSUB 2910
2550 FOR I=1 TO 8
2560 LIN=CSRLIN
2570 LOCATE LIN,9:PRINT USING "#####.##";TR(I)
2580 LOCATE LIN,27:PRINT USING "#####.##";GETE(I)
2590 LOCATE LIN,43:PRINT USING "#####.##";MORGAN(I)
2600 LOCATE LIN,58:PRINT USING "#####.##";FULLER(I)
2610 NEXT I
2620 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
2630 ZZ=4:GOSUB 2910
2640 FOR I=1 TO 8
2650 LIN=CSRLIN
2660 LOCATE LIN,9:PRINT USING "#####.##";TR(I)
2670 LOCATE LIN,23:PRINT USING "#####.##";QMR(I)
2680 LOCATE LIN,38:PRINT USING "#####.##";QMIA(I)
2690 LOCATE LIN,51:PRINT USING "#####.##";QMUS(I)
2700 LOCATE LIN,63:PRINT USING "#####.##";QMCCH(I)
2710 NEXT I
2720 LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
2730 ZZ=5:GOSUB 2910
2740 FOR I=1 TO 8
2750 LIN=CSRLIN
2760 LOCATE LIN,9:PRINT USING "#####.##";TR(I)
2770 LOCATE LIN,23:PRINT USING "#####.##";QPA(I)
2780 LOCATE LIN,38:PRINT USING "#####.##";QPB(I)
2790 LOCATE LIN,51:PRINT USING "#####.##";QPHA(I)
2800 LOCATE LIN,63:PRINT USING "#####.##";QPIPW(I)
2810 NEXT I
2820 ZZ=0:LOCATE 23,40:PRINT "Cualquier tecla para continuar...":AA$=INPUT $(1)
2830 REM **OPCIONES**
2840 CLS:BEEP
2850 LOCATE 3,33:PRINT "O P C I O N E S"
2860 LOCATE 10,15:PRINT "1. Desea hacer otro cálculo"
2870 LOCATE 12,15:PRINT "2. Desea impresión de resultados"
2880 LOCATE 14,15:PRINT "3. Desea regresar al menú principal"
2890 LOCATE 23,40:PRINT "Opción: ":OP$=INPUT $(1):OP=VAL (OP$):IF OP <=0 OR OP>3
THEN BEEP:BEEP:GOTO 2820
2900 ON OP GOSUB 10,3170,3140
2910 CLS:LOCATE 3,5:PRINT "Proyecto" :";NOBRE$:LOCATE 4,5:PRINT "Munici
pio" :";MPIO$
2920 LOCATE 5,5:PRINT "Estado" :";EDO$:LOCATE 6,5:PRINT "Estación base
:";EST$
2930 LOCATE 7,5:PRINT "Años de registro" :";AR
2940 LINE (20,10)-(600,10):LINE (600,10)-(600,60):LINE (600,60)-(20,60):LINE (20
,60)-(20,10)
2950 LINE (20,64)-(20,198):LINE (20,198)-(600,198):LINE (600,198)-(600,64):LINE
(600,64)-(20,64):IF ZZ=-2 THEN 3050
2960 IF ZZ=-3 THEN LOCATE 10,15:PRINT "ELEVACIONES POR CADA KILOMETRO DEL CAUCE
PRINCIPAL":LOCATE 11,22:PRINT "(partiendo de la elevación en el vaso)":PRINT :GOT
O 3050
2970 IF ZZ=-1 THEN LOCATE 10,20:PRINT "Lectura de la precipitación en mm":PRINT
:GOTO 3050
2980 IF ZZ=0 THEN LOCATE 10,20:PRINT "n":LOCATE 10,30:PRINT "TR":LOCATE 10,40:PR
INT "PRECIPITACION":PRINT :GOTO 3050

```

```

2990 IF ZZ=1 THEN LOCATE 10,17:PRINT "TR":LOCATE 10,30:PRINT "LLUVIA TOTAL":LOCA
TE 10,48:PRINT "LLUVIA EN EXCESO":GOTO 3050
3000 IF ZZ=2 THEN LOCATE 10,26:PRINT "AÑO":LOCATE 10,43:PRINT "PRECIPITACION":PR
INT :GOTO 3050
3010 IF ZZ=3 THEN LOCATE 10,13:PRINT "TR":LOCATE 10,30:PRINT "GETE":LOCATE 10,45
:PRINT "MORGAN":LOCATE 10,60:PRINT "FULLER":PRINT :PRINT :GOTO 3050
3020 IF ZZ=4 THEN LOCATE 10,13:PRINT "TR":LOCATE 10,23:PRINT "RACIONAL":LOCATE 1
0,38:PRINT "INDICE AREA":LOCATE 10,51:PRINT "U.S. SOIL":LOCATE 10,65:PRINT "CHOW
":PRINT :PRINT :GOTO 3050
3030 IF ZZ=5 THEN LOCATE 10,13:PRINT "TR":LOCATE 10,23:PRINT "SINTETICO":LOCATE
10,38:PRINT "TRIANGULAR":LOCATE 10,50:PRINT "ADIMENSIONAL":LOCATE 10,65:PRINT "I
PAI WU":PRINT :PRINT :GOTO 3050
3040 LOCATE 11,9:PRINT "TR":LOCATE 11,18:PRINT " GUMBEL          NASH          LOGNORMA
L          LOGPEARSON III"
3050 RETURN
3060 CLS:LOCATE 2,23:PRINT "CARACTERISTICAS DEL CAUCE PRINCIPAL"
3070 LOCATE 4,8:PRINT "Longitud del cauce: ";LC;"km":LOCATE 4,42:PRINT "Elevacion
inicial: ";EI;"m"
3080 LOCATE 5,8:PRINT "Desnivel          ";DES;"m":LOCATE 5,42:PRINT "Elevacion
final   ";EF;"m"
3090 LOCATE 7,12:PRINT "Estacion          Elevacion          Desnivel          1/SQR S"
3100 LOCATE 8,23:PRINT "          (m)          (m)"
3110 LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,19):LINE (638,19)-(25,19):LINE (25,19
)-(25,1)
3120 LINE (25,21)-(638,21):LINE (638,21)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE
(25,197)-(25,21)
3130 PRINT :RETURN
3140 RUN "HS"
3150 CLS:LINE (25,1)-(638,1):LINE (638,1)-(638,19):LINE (638,19)-(25,19):LINE(25
,19)-(25,1)
3160 LINE (25,21)-(638,21):LINE (638,21)-(638,197):LINE (638,197)-(25,197):LINE(
25,197)-(25,21):RETURN
3170 REM **ROUTINA DE IMPRESION**
3180 LPRINT :LPRINT :LPRINT CHR$(14) "UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO":L
PRINT
3190 LPRINT CHR$(14) TAB(9) "FACULTAD DE INGENIERIA":LPRINT
3200 LPRINT CHR$(14) TAB(8) "LABORATORIO DE HIDRAULICA":LPRINT
3210 LPRINT :LPRINT :LPRINT
3220 RAY$="-----":RAY1$="-----"
"-----"
3230 RAY2$="-----":RAY3$="-----"
"-----"
3240 LPRINT TAB(27);"CALCULO DE AVENIDAS MAXIMAS"
3250 LPRINT TAB(27);RAY$:LPRINT :LPRINT :LPRINT
3260 LPRINT "Proyecto          ";NOMBRES$
3270 LPRINT "Municipio          ";MPIO$
3280 LPRINT "Estado          ";EDO$
3290 LPRINT "Estacion base          ";EST$
3300 LPRINT "Años de registro          ";AR:LPRINT :LPRINT :LPRINT
3310 LPRINT TAB(23);"PRECIPITACIONES SELECCIONADAS EN mm"
3320 LPRINT TAB(23);RAY1$:LPRINT:LPRINT :LPRINT
3330 LPRINT TAB(20);"TR",TAB(30);"LLUVIA TOTAL",TAB(45);"LLUVIA EN EXCESO":LPRIN
T:LPRINT
3340 FOR I=1 TO 8
3350 LPRINT TAB(16) USING "####.##";TR(I);:LPRINT TAB(31) USING "####.##";MN(
I);:LPRINT TAB(48) USING "####.##";HE(I)
3360 NEXT I:LPRINT :LPRINT :LPRINT:LPRINT
3370 LPRINT TAB(19);"CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA"

```

```

3380 LPRINT TAB(19);RAY2$:LPRINT :LPRINT
3390 LPRINT "AREA DE LA CUENCA                :";AC;" KM^2"
3400 LPRINT "PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE        :";PENM;" %"
3410 LPRINT "LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL     :";LC;" KM"
3420 LPRINT "ELEVACION INICIAL DEL CAUCE      :";EI;" m"
3430 LPRINT "ELEVACION FINAL DEL CAUCE       :";EF;" m"
3440 LPRINT "TIEMPO DE CONCENTRACION DEL CAUCE :";TC-TLLSE;" hr"
3450 LPRINT "TIEMPO DE LLUVIA SIN ESCURRIMIENTO :";TLLSE;" hr"
3460 LPRINT "NUMERO 'N' DE LA CURVA DE ESCURRIMIENTO :";NE:LPRINT :LPRINT :LPRINT
T :LPRINT:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
3470 LPRINT TAB(27);"G A S T O S   M A X I M O S"
3480 LPRINT TAB(27);RAY3$:LPRINT :LPRINT
3490 LPRINT TAB(32);"FORMULAS EMPIRICAS":LPRINT :LPRINT
3500 LPRINT TAB(16);"TR";TAB(30);"GETE";TAB(45);"MORGAN";TAB(60);"FULLER"
3510 LPRINT TAB(15);"años";TAB(30);"m3/s";TAB(46);"m3/s";TAB(61);"m3/s":LPRINT :
LPRINT
3520 FOR I=1 TO 8
3530 LPRINT TAB(12) USING"#####.##";TR(I);:LPRINT TAB(29) USING"#####.##";GETE(
I);:LPRINT TAB(45) USING"#####.##";MORGAN(I);:LPRINT TAB(60) USING"#####.##";FULL
ER(I)
3540 NEXT I:LPRINT :LPRINT
3550 LPRINT TAB(32);"METODOS EMPIRICOS":LPRINT :LPRINT
3560 LPRINT TAB(12);"TR";TAB(23);"RACIONAL";TAB(35);"INDICE AREA";TAB(50);"U.S.
SOIL";TAB(65);"CHOW"
3570 LPRINT TAB(11);"años";TAB(26);"m3/s";TAB(39);"m3/s";TAB(53);"m3/s";TAB(65);
"m3/s":LPRINT :LPRINT
3580 FOR I=1 TO 8
3590 LPRINT TAB(8) USING"#####.##";TR(I);:LPRINT TAB(22) USING"#####.##";QMR(I)
:LPRINT TAB(36) USING"#####.##";QMIA(I);:LPRINT TAB(51) USING"#####.##";QMUS(I)
:LPRINT TAB(64) USING"#####.##";QMCH(I)
3600 NEXT I:LPRINT :LPRINT :LPRINT :LPRINT
3610 LPRINT TAB(30);"METODOS HIDROLOGICOS":LPRINT :LPRINT
3620 LPRINT TAB(4);"TR";TAB(12);"H.U. SINTETICO";TAB(29);"H.U. TRIANGULAR";TAB(4
7);"H.U. ADIMENSIONAL";TAB(68);"I PAI WU"
3630 LPRINT TAB(3);"años";TAB(17);"m3/s";TAB(34);"m3/s";TAB(53);"m3/s";TAB(70);"
m3/s":LPRINT :LPRINT :LPRINT
3640 FOR I=1 TO 8
3650 LPRINT USING"#####.##";TR(I);:LPRINT TAB(14) USING"#####.##";QPA(I);:LPRIN
T TAB(31) USING"#####.##";QPB(I);:LPRINT TAB(50) USING"#####.##";QPHA(I);:LPRINT
TAB(68) USING"#####.##";QPIP(I)
3660 NEXT I:LPRINT :LPRINT :LPRINT
3670 GOTO 2830
3680 REM **CALCULO DEL FACTORIAL**
3690 MIPW#=1
3700 FOR I=1 TO ZIPW
3710 MIPW#*=MIPW#*I
3720 NEXT I
3730 RETURN
3740 REM **DATOS DE PROYECTO**
3750 REM **PERIODOS DE RETORNO Y FACTORES DE FRECUENCIA**

```

CAPITULO IX

EJEMPLOS RESUELTOS

Se presentan los problemas propuestos al final de cada capítulo resueltos con el paquete, presentando las impresiones del paquete.

Se podrá hacer una comparación entre los resultados obtenidos al emplear el paquete con los presentados en la solución del problema.

Ejemplo 3.1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE HIDRAULICA

ECUACION PARA LA CURVA 'I - D - Tr'

LOCALIDAD : MIXCOAC
 ESTADO : DISTRITO FEDERAL
 ESTACION BASE: MIXCOAC

$$i = \frac{185.302 \text{ Tr}^{-0.801}}{d^{0.717}}$$

I N T E N S I D A D E S [mm/hr]

DURACIONES [min]

Tr	5	10	20	30	45	60	120
1.00	58.47	35.58	21.65	16.19	12.11	9.85	6.00
2.00	101.85	61.98	37.71	28.20	21.09	17.16	10.44
5.00	212.11	129.07	78.54	58.74	43.92	35.74	21.75
10.00	369.46	224.82	136.81	102.31	76.51	62.26	37.88
20.00	643.55	391.60	238.29	178.20	133.27	108.44	65.99

Ejemplo 3.2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE HIDRAULICA

CURVAS ALTURA DE PRECIPITACION - AREA - DURACION

LOCALIDAD : PACHUCA
ESTADO : HIDALGO
AREA DE LA CUENCA [KM²] : 3000

INFORMACION POR ISOYETA

Isoyeta 0 = 130.00	AREA ENCERRADA=	0.00
Isoyeta 1 = 120.00	AREA ENCERRADA=	200.00
Isoyeta 2 = 100.00	AREA ENCERRADA=	800.00
Isoyeta 3 = 80.00	AREA ENCERRADA=	600.00
Isoyeta 4 = 60.00	AREA ENCERRADA=	400.00
Isoyeta 5 = 40.00	AREA ENCERRADA=	700.00
Isoyeta 6 = 30.00	AREA ENCERRADA=	300.00

ISOYETA 120 mm

ESTACION: PACHUCA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN=	100.00 %
ESTACION: EL CHACON	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN=	0.00 %
ESTACION: LA REFORMA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN=	0.00 %

ISOYETA 100 mm

ESTACION: PACHUCA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN=	90.00 %
ESTACION: EL CHACON	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN=	10.00 %
ESTACION: LA REFORMA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN=	0.00 %

ISOYETA 80 mm

ESTACION: PACHUCA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 60.00 %
ESTACION: EL CHACON	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 30.00 %
ESTACION: LA REFORMA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 10.00 %

ISOYETA 60 mm

ESTACION: PACHUCA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 45.00 %
ESTACION: EL CHACON	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 35.00 %
ESTACION: LA REFORMA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 20.00 %

ISOYETA 40 mm

ESTACION: PACHUCA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 40.00 %
ESTACION: EL CHACON	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 30.00 %
ESTACION: LA REFORMA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 30.00 %

ISOYETA 30 mm

ESTACION: PACHUCA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 45.00 %
ESTACION: EL CHACON	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 30.00 %
ESTACION: LA REFORMA	INFLUENCIA EN POLIGONO DE THIESSEN= 35.00 %

ALTURAS DE PRECIPITACION MAXIMAS

Areas KM ²	Duraciones [hr]			
	6	12	18	24
200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1000.00	43.10	77.90	93.95	110.00
1600.00	37.19	73.03	87.90	101.43
2000.00	34.56	67.89	82.50	94.44
2700.00	29.40	58.00	71.80	82.00
3000.00	27.19	54.13	67.34	76.96

Ejemplo 3.3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE HIDRAULICA

RESULTADOS

ESTACION : PALO DULCE
PERIODO DE REGISTRO: 1958 a 1981
PERIODO DEDUCIDO : 1942 a 1957

Información deducida

año	con $\theta = 1$	con $\theta = 0$
1942	521.48	791.48
1943	3213.11	3289.91
1944	992.55	804.03
1945	344.41	515.04
1946	849.15	418.84
1947	315.63	421.20
1948	928.41	963.06
1949	2690.11	2442.77
1950	673.49	966.50
1951	244.73	268.34
1952	391.47	448.40
1953	301.80	377.08
1954	335.69	355.83
1955	942.35	1333.33
1956	302.40	274.50
1957	165.74	240.71

Ejemplo 4.1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE HIDRAULICA

INDICE DE INFILTRACION MEDIA

VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO DIRECTO : 1987200 m3
PRECIPITACION EN EXCESO : 18 mm
INDICE DE INFILTRACION MEDIA : 8 mm/hr

HIDROGRAMA DE ESCURRIMIENTO

Tiempo (hr)	Gasto (m3/s)
0	0.00
2	12.00
4	54.00
6	78.00
8	48.00
10	24.00
12	20.00
14	16.00
16	12.00
18	5.00
20	4.00
22	0.00
24	0.00

HIETOGRAMA

Tiempo (hr)	Precipitación (mm)
0	6.00
2	14.00
4	16.00
6	12.00
8	8.00
10	0.00

HIETOGRAMA

Tiempo (hr) Precipitación (mm)

12	0.00
14	0.00
16	0.00
18	0.00
20	0.00
22	0.00
24	4.00

Ejemplo 4.2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE HIDRAULICA

CRITERIO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

Precipitaciones (mm)	Coeficientes de escurrimiento	
	real	calculado
20.00	0.25	0.19
40.00	0.50	0.42
50.00	0.55	0.49
10.00	0.10	0.03
15.00	0.12	0.11
32.00	0.43	0.35
45.00	0.48	0.46
24.00	0.27	0.25
17.00	0.17	0.15

$$C_e = \frac{(P - 0.2 * 33.0)^2}{P^2 + 0.8 * 33.0 * P}$$

Ejemplo 4.3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE HIDRAULICA

TIEMPO DE ENCHARCAMIENTO

Viscosidad : 1.2
 Factor de succión (cm): 4.651
 Conductividad hidráulica (cm/hr): .167
 Intervalo de tiempo (hr): 3
 Tiempo de encharcamiento (hr): 12

RESULTADOS

Tiempo (hr)	hp (mm)	i (cm/hr)	Infiltración acumulada	Infiltración real	Capacidad infiltración	he (mm)
3	6.60	0.220	0.660			
6	1.50	0.053	0.620			
9	4.10	0.137	1.230			
12	13.90	0.463	2.620	0.463	0.448	0.45
15	24.50	0.817	3.891	0.424	0.402	12.43
18	35.50	1.183	5.050	0.386	0.372	24.33
21	36.90	1.230	6.133	0.361	0.351	26.38
24	8.20	0.273	7.159	0.342	0.334	0.00
27	4.20	0.140	8.141	0.327	0.321	0.00

Precipitación en exceso : 63.58434

Ejemplo 6.1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE HIDRAULICA

FUNCIONAMIENTO DE VASOS

PRESA : LA ANGOSTURA
 LOCALIDAD : ANGOSTURA
 ESTADO : SONORA
 VOLUMEN INICIAL ALMACENADO: 432.1 Mm3
 DEMANDA : 432.1 Mm3
 CAPACIDAD UTIL : 864.2 Mm3
 CAPACIDAD DE AZOLVES : 25 Mm3
 AÑOS DE REGISTRO : 13

Año	E N Mm3	EVA m	Vi Mm3	hi m	Ai Mm2	Vi+1 Mm3	OBSERVACIONES
1976	450.8	1.53	432.1	818.41	26.638	410.6	
1977	423.5	1.61	410.6	817.65	25.906	361.7	
1978	882.4	1.50	361.7	815.78	24.174	766.7	
1979	300.0	1.89	766.7	826.94	36.438	571.0	
1980	171.6	1.83	571.0	822.54	31.018	263.5	
1981	233.6	1.41	263.5	811.11	20.330	45.1	
1982	190.2	1.83	45.1	785.64	7.757	25.0	V.def= 235.95
1983	1157.3	1.20	25.0	777.28	5.617	725.6	
1984	1065.3	1.26	725.6	826.12	35.357	864.2	V.derr= 441.45
1985	681.9	1.21	864.2	828.73	38.899	864.2	V.derr= 200.06
1986	725.3	1.20	864.2	828.73	38.899	864.2	V.derr= 243.26
1987	333.0	1.42	864.2	828.73	38.899	712.7	
1988	563.6	1.26	712.7	825.85	35.012	798.5	

Ejemplo 6.2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE HIDRAULICA

TRANSITO DE AVENIDAS EN VASOS
(METODO DE C.F.E.)

PROYECTO :EL TEZOYO
LOCALIDAD :APAN
ESTADO :HIDALGO

ELEVACION DEL VERTEDOR : 69.29 m
LONGITUD DE CRESTA : 105.00 m
COEFICIENTE DE DESCARGA : 2.00
GASTO EN OBRA DE TOMA : 0.00m³/s

RESULTADO DEL TRANSITO DE LA AVENIDA

tiempo (hrs)	I (M ³ /sg)	H vert (m)	O (M ³ /sg)
0.0	0.00	69.290	0.0000
8.0	125.00	69.293	0.0307
16.0	188.00	69.300	0.2005
24.0	263.00	69.310	0.5779
32.0	375.00	69.324	1.3004
40.0	688.00	69.347	2.8652
48.0	1313.00	69.391	6.7389
56.0	2625.00	69.477	16.9688
64.0	5000.00	69.642	43.7704
72.0	6000.00	69.875	93.9877
80.0	6335.00	70.131	161.9278
88.0	5887.00	70.377	238.0897
96.0	5250.00	70.595	312.9831
104.0	5339.00	70.795	387.8421
112.0	2913.00	70.944	446.7529
120.0	2406.00	71.032	482.6322
128.0	2000.00	71.099	511.0253
136.0	1675.00	71.151	533.1961
144.0	1375.00	71.190	549.9213
152.0	1125.00	71.217	561.8160

tiempo (hrs)	I (M ³ /sg)	H vert (m)	O (M ³ /sg)
160.0	975.00	71.236	570.1337
168.0	700.00	71.247	574.7127
176.0	0.00	71.238	570.8580
184.0	0.00	71.216	561.1156
192.0	0.00	71.194	551.5949
200.0	0.00	71.172	542.2772
208.0	0.00	71.151	533.1436
216.0	0.00	71.130	524.1956
224.0	0.00	71.110	515.4538
232.0	0.00	71.089	506.8803
240.0	0.00	71.069	498.4737
248.0	0.00	71.050	490.2670
256.0	0.00	71.031	482.2422
264.0	0.00	71.012	474.3530
272.0	0.00	70.993	466.6233
280.0	0.00	70.974	459.0828
288.0	0.00	70.956	451.6640
296.0	0.00	70.938	444.4090
304.0	0.00	70.921	437.2975
312.0	0.00	70.903	430.3404
320.0	0.00	70.886	423.5147
328.0	0.00	70.869	416.8192
336.0	0.00	70.853	410.2704
344.0	0.00	70.836	403.8429
352.0	0.00	70.820	397.5505
360.0	0.00	70.804	391.3739
368.0	0.00	70.789	385.3296
376.0	0.00	70.773	379.3812
384.0	0.00	70.758	373.5744
392.0	0.00	70.743	367.8670
400.0	0.00	70.728	362.2697
408.0	0.00	70.714	356.7842
416.0	0.00	70.700	351.4123
424.0	0.00	70.685	346.1300
432.0	0.00	70.671	340.9621
440.0	0.00	70.658	335.8735
448.0	0.00	70.644	330.8889
456.0	0.00	70.631	326.0126
464.0	0.00	70.618	321.2076
472.0	0.00	70.605	316.5007
480.0	0.00	70.592	311.8775
488.0	0.00	70.579	307.3424
496.0	0.00	70.567	302.9002
504.0	0.00	70.554	298.5282

Ejemplo 6.2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE HIDRAULICA

TRANSITO DE AVENIDAS EN VASOS
(METODO DE EULER)

PROYECTO : EL TEZOYO
LOCALIDAD : APAN
ESTADO : HIDALGO

ELEVACION DEL VERTEDOR : 69.29 m
LONGITUD DE CRESTA : 105.00 m
COEFICIENTE DE DESCARGA : 2.00
GASTO EN OBRA DE TOMA : 0.00m³/s

RESULTADO DEL TRANSITO DE LA AVENIDA

tiempo (hrs)	I (M ³ /sg)	H vert (m)	Q (M ³ /sg)
0.0	0.00	69.290	0.0000
8.0	125.00	69.296	0.0866
16.0	188.00	69.304	0.3428
24.0	263.00	69.315	0.8546
32.0	375.00	69.332	1.8100
40.0	688.00	69.362	4.0867
48.0	1313.00	69.420	9.8498
56.0	2625.00	69.535	25.4574
64.0	5000.00	69.752	65.9218
72.0	6000.00	70.007	127.5440
80.0	6335.00	70.270	203.7255
88.0	5887.00	70.507	281.8234
96.0	5250.00	70.711	355.5518
104.0	5339.00	70.912	433.9995
112.0	2913.00	71.012	474.4066
120.0	2406.00	71.089	506.5097
128.0	2000.00	71.148	531.6886
136.0	1675.00	71.193	551.1639
144.0	1375.00	71.225	565.3027
152.0	1125.00	71.247	574.9581

tiempo (hrs)	I (M ³ /sg)	H vert (m)	O (M ³ /sg)
160.0	975.00	71.263	581.8810
168.0	700.00	71.267	583.9278
176.0	0.00	71.245	573.8321
184.0	0.00	71.222	563.9526
192.0	0.00	71.200	554.2863
200.0	0.00	71.178	544.8279
208.0	0.00	71.157	535.5715
216.0	0.00	71.136	526.5118
224.0	0.00	71.115	517.6436
232.0	0.00	71.094	508.9643
240.0	0.00	71.074	500.4658
248.0	0.00	71.054	492.1460
256.0	0.00	71.035	483.9998
264.0	0.00	71.016	476.0221
272.0	0.00	70.997	468.2111
280.0	0.00	70.978	460.5621
288.0	0.00	70.960	453.0700
296.0	0.00	70.942	445.7302
304.0	0.00	70.924	438.5410
312.0	0.00	70.906	431.4979
320.0	0.00	70.889	424.5992
328.0	0.00	70.872	417.8374
336.0	0.00	70.855	411.2142
344.0	0.00	70.839	404.7220
352.0	0.00	70.822	398.3595
360.0	0.00	70.806	392.1254
368.0	0.00	70.791	386.0154
376.0	0.00	70.775	380.0254
384.0	0.00	70.760	374.1540
392.0	0.00	70.745	368.3973
400.0	0.00	70.730	362.7512
408.0	0.00	70.715	357.2173
416.0	0.00	70.701	351.7890
424.0	0.00	70.686	346.4651
432.0	0.00	70.672	341.2446
440.0	0.00	70.658	336.1238
448.0	0.00	70.645	331.1015
456.0	0.00	70.631	326.1740
464.0	0.00	70.618	321.3405
472.0	0.00	70.605	316.5972
480.0	0.00	70.592	311.9432
488.0	0.00	70.579	307.3779
496.0	0.00	70.567	302.8975
504.0	0.00	70.554	298.5012

Ejemplo 6.3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE HIDRAULICA

TRANSITO DE AVENIDAS EN CAUCES

CAUCE :CUAUTITLAN
LOCALIDAD :HUEHUETOCA
ESTADO :MEXICO
COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO : 12.12
PARAMETRO DE ALMACENAMIENTO : .2

RESULTADO DEL TRANSITO DE LA AVENIDA

i	tiempo hora	INGRESO m ³ /s	C0*V(i) m ³ /s	C1*V(i-1) m ³ /s	C2*V(i-1) m ³ /s	EGRESO m ³ /s
1	0	20.00				20.00
2	4	120.00	-4.35	7.56	13.16	16.37
3	8	100.00	-3.63	45.39	78.96	52.54
4	12	80.00	-2.90	37.82	65.80	69.50
5	16	60.00	-2.18	30.26	52.64	73.81
6	20	40.00	-1.45	22.69	39.48	69.81
7	24	30.00	-1.09	15.13	26.32	59.98
8	28	25.00	-0.91	11.35	12.74	49.91
9	32	20.00	-0.73	9.46	16.45	41.57
10	36	20.00	-0.73	7.56	13.16	34.19
11	40	20.00	-0.73	7.56	13.16	29.34
12	44	20.00	-0.73	7.56	13.16	26.15
13	48	0.00	0.00	7.56	13.16	24.77
14	52	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30
15	56	0.00	0.00	0.00	0.00	10.72
16	60	0.00	0.00	0.00	0.00	7.06
17	64	0.00	0.00	0.00	0.00	4.64
18	68	0.00	0.00	0.00	0.00	3.06
19	72	0.00	0.00	0.00	0.00	2.01
20	76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32
21	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87
22	84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
23	88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38
24	92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25

i	tiempo hora	INGRESO m ³ /s	C0*V(i) m ³ /s	C1*V(i-1) m ³ /s	C2*V(i-1) m ³ /s	EGRESO m ³ /s
25	96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
26	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
27	104	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
28	108	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
29	112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
30	116	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
31	120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
32	124	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE HIDRAULICA

CALCULO DE AVENIDAS MAXIMAS

Proyecto : TAXHIMAY
 Municipio : VILLA DEL CARBON
 Estado : MEXICO
 Estacion base : TAXHIMAY
 Años de registro : 38

PRECIPITACIONES SELECCIONADAS EN mm

TR	LLUVIA TOTAL	LLUVIA EN EXCESO
1.01	19.93	0.01
2.00	52.22	8.66
10.00	81.37	24.81
20.00	92.00	31.83
50.00	106.58	42.14
100.00	117.29	50.12
1000.00	157.68	82.48
10000.00	203.76	122.23

CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA

AREA DE LA CUENCA : 357.5799865722656 KM²
 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE : 1.706540107727051 %
 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL : 42.5 KM
 ELEVACION INICIAL DEL CAUCE : 2178 m
 ELEVACION FINAL DEL CAUCE : 3440 m
 TIEMPO DE CONCENTRACION DEL CAUCE : 4.486691653728485 hr
 TIEMPO DE LLUVIA SIN ESCURRIMIENTO : .6542666554450989 hr
 NUMERO 'N' DE LA CURVA DE ESCURRIMIENTO : 72.84999847412109

G A S T O S M A X I M O S

FORMULAS EMPIRICAS

TR años	GETE m3/s	MORGAN m3/s	FULLER m3/s
1.01	76.95	215.85	115.37
2.00	166.72	220.32	117.94
10.00	378.20	256.00	123.99
20.00	469.27	299.55	126.60
50.00	589.67	423.08	130.04
100.00	680.75	605.30	132.65
1000.00	983.31	998.19	141.31
10000.00	1285.87	998.19	149.96

METODOS EMPIRICOS

TR años	RACIONAL m3/s	INDICE AREA m3/s	U.S. SOIL m3/s	CHOW m3/s
1.01	0.20	0.23	0.24	0.17
2.00	167.41	191.83	195.04	138.23
10.00	479.81	549.78	559.00	396.16
20.00	615.44	705.18	717.01	508.14
50.00	814.85	933.68	949.34	672.79
100.00	969.21	1110.55	1129.17	800.23
1000.00	1594.85	1827.42	1858.06	1316.79
10000.00	2363.44	2708.09	2753.50	1951.38

METODOS HIDROLOGICOS

TR años	H.U. SINTETICO m3/s	H.U. TRIANGULAR m3/s	H.U. ADIMENSIONAL m3/s	I PAI WU m3/s
1.01	0.18	0.14	0.12	0.61
2.00	147.19	113.87	99.34	499.67
10.00	421.86	326.36	284.71	1432.06
20.00	541.11	418.61	365.19	1836.87
50.00	716.44	554.25	483.52	2432.05
100.00	852.15	659.24	575.11	2892.75
1000.00	1402.23	1084.79	946.35	4760.06
10000.00	2077.99	1607.57	1402.42	7054.03

CAPITULO X

MANUAL DEL USUARIO

Para poder ejecutar el paquete "Hidrosup" (hidrología superficial) es necesario contar con una computadora compatible con IBM, con memoria RAM de 512 KB ó mayor, tarjeta de video CGA, EGA ó VGA y una impresora. Si la tarjeta de video es Hércules, será necesario utilizar un simulador de tarjeta CGA.

Se debe cargar en memoria el sistema operativo MS-DOS versión 3.3 ó posteriores y para ejecutar el paquete bastará con teclear "HS" y presionar return, entonces aparecerá en pantalla el nombre del paquete por unos instantes (fig. 10.1) para posteriormente desplegar el menú principal (fig. 10.2).

En el menú principal se desplegarán siete opciones, de las cuales se podrá seleccionar una y ejecutar el programa. Para realizar lo anterior bastará con dar el número correspondiente a la opción.

En cada programa seleccionado aparecerá en primer término su nombre y posteriormente se introducirán datos de acuerdo a como sean solicitados; la introducción de los datos se hará en las unidades solicitadas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



LABORATORIO
DE HIDRAULICA

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

ING. OSCAR R. KAMPFNER B.
ING. LUIS M. SALMONES N.

© 1991, MEXICO

MENU PRINCIPAL

1. PRECIPITACION.
2. INFILTRACION.
3. FUNCIONAMIENTO DE VASOS.
4. TRANSITO DE AVENIDAS.
5. AVENIDAS MAXIMAS.
6. SALIDA.

Una vez alimentado el programa, este procesará la información y presentará en pantalla los resultados obtenidos y siguiendo las instrucciones en pantalla, se desplegará una serie de opciones que permitirán: repetir el proceso para otros datos, impresión de resultados, regresar al menú del programa ó bién regresar al menú principal del paquete.

CAPITULO XI

CONCLUSIONES

Como anteriormente ya se mencionó, la hidrología encuentra apoyo en métodos estadísticos y probabilísticos, en los cuales para su desarrollo realizan demasiadas operaciones, lo que implica mayores tiempos de proceso en el análisis y la posibilidad de cometer errores significativos. Por otro lado, el desarrollo de las computadoras ha permitido elaborar programas que permiten realizar procesos en tiempos relativamente cortos. Sin embargo existen muy pocos programas que permiten al ingeniero civil analizar problemas de hidrología de superficie de acuerdo a sus propias necesidades.

El paquete "Hidrosup" ha sido elaborado pensando no sólo en el profesionista que requiere encontrar solución a los problemas antes mencionados, sino también en los estudiantes de licenciatura y de postgrado, así como para el profesorado correspondiente, que pueden encontrar en él una herramienta útil. A continuación se hace mención a algunos problemas importantes que se afrontaron en la realización del paquete.

Para el desarrollo del paquete "Hidrosup", en algunos programas como el de Avenidas Máximas, Funcionamiento de Vasos y Tránsito de Avenidas, fué necesario recurrir a métodos que permitieran ajustar gráficas por medio de ecuaciones, con la finalidad de evitar interrupciones en la ejecución de dichos programas, con la introducción de los datos de las gráficas.

En el caso del programa de Avenidas Máximas fué necesario realizar cerca de 60 extrapolaciones con el objeto de extender la tabla 7 del apéndice para tomar en cuenta períodos de retorno de 1,000 a 10,000 años en la distribución de valores extremos Log Pearson III. Posteriormente dicha tabla se ajustó a 8 ecuaciones en función del período de retorno, utilizando regresiones simples, logarítmicas, exponenciales y cuadráticas para obtener el mejor ajuste.

En cuanto a los programas de Funcionamiento de Vasos y Tránsito de Avenidas, las curvas Elevaciones - Areas-Capacidades se ajustaron por medio de regresiones logarítmicas. Debido a que se tenían errores considerables en el cálculo de las elevaciones, ya que en la parte baja de la curva se tiene un marcado ascenso y en la parte alta se tiene una pendiente suave, se optó por utilizar los valores de la parte alta de la curva, debido a que al iniciar el tránsito de la avenida se supone que el nivel del agua es igual al de la cresta vertedora y conforme se analizan los siguientes intervalos de tiempo el nivel del agua sube hasta alcanzar un máximo, posteriormente sigue un descenso hasta desalojar la avenida presentada, por esta razón no se incurre en errores al despreñar la parte baja de la curva, además se observó que los errores cometidos al estimar elevaciones y volúmenes disminuyó considerablemente.

Sin duda el paquete "Hidrosup", así como la documentación del mismo están sujetos a mejorarse y de hecho se ha pensado en hacerlo, sin embargo sea esta una invitación formal a todos los interesados en perfeccionar el presente trabajo.

CAPITULO XII

APENDICE

GASTO UNITARIO EN FUNCION DEL TIEMPO DE CONCENTRACION

TIEMPO DE CONCENTRACION hr M ³ /s/mm/Km ²	GASTO UNITARIO M ³ /s/mm/Km ²	TIEMPO DE CONCENTRACION hr	GASTO UNITARIO
0.1 o menor	0.337	4.0	0.063
0.2	0.300	5.0	0.054
0.3	0.271	6.0	0.048
0.4	0.246	7.0	0.043
0.5	0.226	8.0	0.039
0.6	0.208	10.0	0.034
0.7	0.195	12.0	0.030
0.8	0.180	14.0	0.027
0.9	0.168	16.0	0.025
1.0	0.158	18.0	0.023
1.5	0.120	20.0	0.021
2.0	0.100	22.0	0.020
2.5	0.086	24.0	0.019
3.0	0.076		

TABLA 1

PROGRAMA UNITARIO ADIMENSIONAL

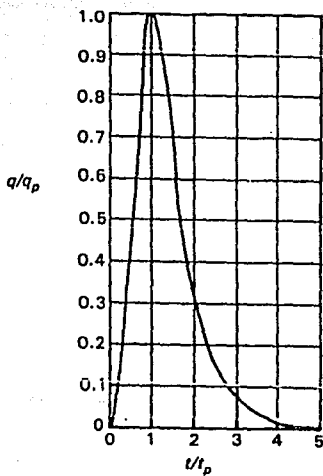


FIG. 2

VALORES DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

TIPO DEL AREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MINIMO	MAXIMO
ZONAS COMERCIALES:		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
ZONAS RESIDENCIALES:		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
ZONAS INDUSTRIALES:		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
CEMENTERIOS, PARQUES	0.10	0.25
CAMPOS DE JUEGO	0.20	0.35
PATIOS DE FERROCARRIL	0.20	0.40
ZONAS URBANAS	0.10	0.30
CALLES:		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.80	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.85
TECHADOS	0.75	0.95

VALORES DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

TIPO DEL AREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MINIMO	MAXIMO
PRADERAS		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias(0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 ó más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 ó menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos c/pendientes medias(0.02-0.07)	0.18	1.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 ó más)	0.25	0.35

TABLA 3

SELECCION DEL NUMERO DE ESCURRIMIENTO N

Uso de la tierra ó cobertura	condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques (sembrados ó cultivados)	Esparcido ó baja transpiración	45	66	77	83
	Normal	36	60	73	79
	Denso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy esparcido ó baja transpiración	56	75	86	91
	Esparcido ó baja transpiración	46	68	78	84
	Normal	36	60	70	76
	Denso ó alta transpiración	26	52	62	69
	Muy denso ó alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Luminosas (sembradas con maquina ó al voleo) ó potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82

Uso de la tierra ó cobertura	condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

TABLA 4

CLAVE DE LAS UNIDADES DEL SUELO

Las unidades de suelos están referidas a los horizontes y características diagnósticas enfocadas al aspecto de permeabilidad y no a su uso actual, ó potencial.

Clave	Unidad		Tipo
Ao	Acrisoles	órticos	C
Af	"	férricos	D
Ah	"	húmicos	C
Ap	"	plínticos	C
Ag	"	gléicos	D
To	Andosoles	ótricos	A-B
Tm	"	mólicos	A-B
Th	"	húmicos	A-B
Tr	"	vítricos	A-B
Qf	Arenosoles	ferrálicos	A-B
Ql	"	lúvicos	A-B
Qc	"	cámbicos	B
Qa	"	álbicos	A-B
Bd	Cambisoles	dístricos	D
Be	"	eútricos	C
Bh	"	húmicos	C
Bg	"	gléicos	D
Bx	"	géllicos	D
Bk	"	cálcicos	C
Bc	"	crámicos	C
Bv	"	vérticos	D
Bf	"	ferrálicos	C
Kh	Kastanozemus	háplicos	C-D
Kk	"	cálcicos	C-D
Kl	"	lúvicos	C-D
Cl	Cheremozen	lúvico	C
Ck	"	cálcico	B
Ch	"	háplico	B
Hh	Phaeozems	háplicos	C
Hc	"	calcáreos	C
Hl	"	lúvicos	C
Hg	"	gléicos	D

CLAVE DE LAS UNIDADES DEL SUELO

Las unidades de suelos están referidas a los horizontes y características diagnósticas enfocadas al aspecto de permeabilidad y no a su uso actual, ó potencial.

Clave	Unidad		Tipo
Fo	Ferrasoles	órticos	D
Fx	"	xánticos	D
Fr	"	ródicos	D
Fh	"	húmicos	D
Fa	"	acrícos	D
Fp	Ferrasoles	plínticos	D
Je	Fluvisoles	euríticos	B
Jc	"	calcáreos	B
Jd	"	dístricos	B
Jt	"	tiónicos	B
Jg	"	gléyicos	C
Ge	Gleysoles	eútricos	D
Gc	"	calcáreos	D
Gd	"	dístricos	D
Gm	"	mólicos	D
Gh	"	húmicos	D
Gp	"	plínticos	D
Oe	Histosoles	eútricos	D
Qd	"	dístricos	D
Ox	"	géllicos	D
I	Listosoles		D
Lo	Luvisoles	órticos	C-D
Lc	"	crómicos	C-D
Lk	"	calcícos	C-D
Lv	"	vérticos	C-D
Lf	"	férricos	C-D
La	"	álbicos	C-D
Lp	"	plínticos	C-D
Lg	"	glélicos	C-D
Ne	Nitosales	eútricos	C
Nd	"	dístricos	C
Nh	"	húmicos	C

CLAVE DE LAS UNIDADES DEL SUELO

Las unidades de suelos están referidas a los horizontes y características diagnósticas enfocadas al aspecto de permeabilidad y no a su uso actual, ó potencial.

Clave	Unidad		Tipo
Po	Podzoles	órticos	A-B
Ph	"	húmicos	A-B
Pp	"	plácicos	A-B
Pg	"	gléicos	A-B
We	Planosoles	éutricos	D
Wd	"	dístricos	D
Wm	"	mólicos	D
Wh	"	húmicos	D
Ws	"	solódicos	D
Wx	"	gélidos	D
Dg	Podzoluvisol	gléico	B
Dd	"	dístrico	B
De	"	éutrico	B
LL	Ranker		C
Re	Regosoles	éutricos	B
Rc	"	calcáreos	B
Rd	"	dístricos	B
Rx	"	gélidos	D
E	Rendzinas		C
Zo	Solochaks	órticos	D
Zm	"	mólicos	D
Zt	"	taquíficos	D
Zg	"	gléicos	D
So	Solonetz	órticos	D
Sm	"	mólicos	D
Sg	"	gléicos	D
Sa	"	álbicos	D
Vp	Vertisoles	pélicos	C-D
Vc	"	crómicos	C-D

CLAVE DE LAS UNIDADES DEL SUELO

Las unidades de suelos están referidas a los horizontes y características diagnósticas enfocadas al aspecto de permeabilidad y no a su uso actual, ó potencial.

Clave	Unidad		Tipo
Xh	Xerosoles	háplicos	B-C
Xk		cálcicos	B-C
Xo		gípsicos	B-C
Xl		lúvicos	D
Yh	Yermosoles	háplicos	C
Yk		cálcicos	C
Yg		gípsicos	C
Yl		lúvicos	D
Yt		taquiricos	D

TABLA 5

PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GUMBEL

n	\bar{Y}_n	σ_n	n	\bar{Y}_n	σ_n
8	.4843	.9043	49	.5481	1.1590
9	.4902	.9288	50	.54854	1.16066
10	.4952	.9497	51	.5489	1.1623
11	.4996	.9676	52	.5493	1.1638
12	.5035	.9833	53	.5497	1.1653
13	.5070	.9972	54	.5501	1.1667
14	.5100	1.0095	55	.5504	1.1681
15	.5128	1.02057	56	.5508	1.1696
16	.5157	1.0316	57	.5511	1.1708
17	.5181	1.0411	58	.5515	1.1721
18	.5202	1.0493	59	.5518	1.1734
19	.5220	1.0566	60	.55208	1.17467
20	.52355	1.06283	62	.5527	1.1770
21	.5252	1.0696	64	.5533	1.1793
22	.5268	1.0754	66	.5538	1.1814
23	.5283	1.0811	68	.5543	1.1834
24	.5296	1.0864	70	.55477	1.18536
25	.53086	1.09145	72	.5552	1.1873
26	.5320	1.0961	74	.5557	1.1890
27	.5332	1.1004	76	.5561	1.1906
28	.5343	1.1047	78	.5565	1.1923
29	.5353	1.1086	80	.55688	1.19382
30	.53622	1.11238	82	.5572	1.1953
31	.5371	1.1159	84	.5576	1.1967
32	.5380	1.1193	86	.5580	1.1980
33	.5388	1.1226	88	.5583	1.1994
34	.5396	1.1255	90	.55860	1.20073
35	.54034	1.12847	92	.5589	1.2020
36	.5410	1.1313	94	.5592	1.2032
37	.5418	1.1339	96	.5595	1.2044
38	.5424	1.1363	98	.5598	1.2055
39	.5430	1.1388	100	.56002	1.20649
40	.54362	1.14132	150	.56461	1.22534
41	.5442	1.1436	200	.56715	1.23598
42	.5448	1.1458	250	.56878	1.24292
43	.5453	1.1480	300	.56993	1.24786
44	.5458	1.1499	400	.57144	1.25450
45	.54630	1.15185	500	.57240	1.25880
46	.5468	1.1538	750	.57377	1.26506
47	.5473	1.1557	1000	.57450	1.26851
48	.5477	1.1574	∞	.57722	1.28255

TABLA 6

VALORES DEL COEFICIENTE DE OBLICUIDAD K, EN LA
DISTRIBUCION LOG - PEARSON TIPO III

PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS

1.01	2	10	20	50	100	1000	10000	COEF. SESGO
-0.667	-0.396	1.180	1.912	3.152	4.051	6.900	9.747	3.0
-0.690	-0.390	1.195	1.916	3.134	4.013	6.800	9.606	2.9
-0.714	-0.384	1.210	1.920	3.114	3.973	6.718	9.462	2.8
-0.740	-0.376	1.224	1.923	3.093	3.932	6.620	9.316	2.7
-0.769	-0.368	1.238	1.924	3.071	3.889	6.527	9.165	2.6
-0.799	-0.360	1.250	1.925	3.048	3.845	6.430	9.014	2.5
-0.832	-0.351	1.262	1.925	3.023	3.800	6.329	8.858	2.4
-0.867	-0.341	1.274	1.923	2.997	3.753	6.227	8.700	2.3
-0.905	-0.330	1.284	1.921	2.970	3.705	6.122	8.539	2.2
-0.946	-0.319	1.294	1.918	2.942	3.656	6.016	8.376	2.1
-0.990	-0.307	1.302	1.913	2.912	3.605	5.908	8.211	2.0
-1.037	-0.294	1.310	1.908	2.881	3.553	5.797	8.041	1.9
-1.087	-0.282	1.318	1.901	2.848	3.499	5.685	7.870	1.8
-1.140	-0.268	1.324	1.894	2.815	3.444	5.570	7.696	1.7
-1.197	-0.254	1.329	1.885	2.780	3.388	5.512	7.609	1.6
-1.256	-0.240	1.333	1.875	2.743	3.330	5.337	7.343	1.5
-1.318	-0.225	1.337	1.864	2.706	3.271	5.216	7.162	1.4
-1.383	-0.210	1.339	1.852	2.666	3.211	5.095	6.980	1.3
-1.449	-0.195	1.340	1.832	2.626	3.149	4.972	6.796	1.2
-1.518	-0.180	1.341	1.824	2.585	3.087	4.847	6.609	1.1
-1.588	-0.164	1.340	1.809	2.542	3.022	4.721	6.420	1.0
-1.660	-0.148	1.339	1.792	2.498	2.957	4.593	6.230	0.9
-1.733	-0.132	1.336	1.774	2.453	2.891	4.464	6.038	0.8
-1.806	-0.116	1.333	1.756	2.407	2.824	4.334	5.847	0.7
-1.880	-0.099	1.328	1.735	2.359	2.755	4.202	5.651	0.6
-1.955	-0.083	1.323	1.714	2.311	2.686	4.071	5.457	0.5
-2.029	-0.066	1.317	1.692	2.261	2.615	3.937	5.260	0.4
-2.104	-0.050	1.309	1.669	2.211	2.544	3.803	5.063	0.3
-2.178	-0.033	1.301	1.646	2.159	2.472	3.639	4.837	0.2
-2.252	-0.017	1.292	1.621	2.107	2.400	3.452	4.554	0.1
-2.326	0.000	1.282	1.595	2.054	2.326	3.398	4.471	0.0
-2.400	0.017	1.270	1.567	2.000	2.252	3.476	4.661	-0.1
-2.472	0.033	1.258	1.539	1.945	2.178	3.346	4.474	-0.2
-2.544	0.050	1.245	1.510	1.890	2.104	3.216	4.287	-0.3
-2.615	0.066	1.231	1.481	1.834	2.029	3.086	4.102	-0.4
-2.686	0.083	1.216	1.450	1.777	1.955	2.956	3.916	-0.5
-2.755	0.099	1.200	1.419	1.720	1.880	2.827	3.731	-0.6
-2.824	0.116	1.183	1.386	1.663	1.806	2.699	3.548	-0.7
-2.891	0.132	1.166	1.354	1.606	1.733	2.573	3.309	-0.8

VALORES DEL COEFICIENTE DE OBLICUIDAD K, EN LA
DISTRIBUCION LOG - PEARSON TIPO III

PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS

1.01 COEF.	2	10	20	50	100	1000	10000	
SESGO								
-2.957	0.148	1.147	1.320	1.549	1.660	2.448	3.190	-0.9
-3.022	0.164	1.128	1.287	1.492	1.588	2.325	3.016	-1.0
-3.087	0.180	1.107	1.252	1.435	1.518	2.204	2.845	-1.1
-3.149	0.195	1.086	1.217	1.379	1.449	2.087	2.680	-1.2
-3.211	0.210	1.064	1.181	1.324	1.383	1.974	2.521	-1.3
-3.271	0.225	1.041	1.146	1.270	1.318	1.865	2.367	-1.4
-3.330	0.240	1.018	1.111	1.217	1.256	1.760	2.220	-1.5
-3.338	0.254	0.994	1.075	1.166	1.197	1.661	2.080	-1.6
-3.444	0.268	0.970	1.040	1.116	1.140	1.566	1.948	-1.7
-3.499	0.282	0.945	1.005	1.069	1.087	1.476	1.822	-1.8
-3.553	0.294	0.920	0.971	1.023	1.037	1.393	1.707	-1.9
-3.605	0.307	0.895	0.938	0.980	0.990	1.314	1.599	-2.0
-3.656	0.319	0.869	0.905	0.939	0.945	1.241	1.498	-2.1
-3.705	0.330	0.844	0.873	0.900	0.905	1.173	1.505	-2.2
-3.753	0.341	0.819	0.843	0.864	0.867	1.111	1.320	-2.3
-3.800	0.351	0.795	0.814	0.830	0.832	1.053	1.241	-2.4
-3.845	0.360	0.771	0.786	0.798	0.799	0.999	1.168	-2.5
-3.889	0.368	0.747	0.758	0.768	0.769	0.950	1.102	-2.6
-3.932	0.376	0.724	0.733	0.740	0.740	0.904	1.040	-2.7
-3.973	0.384	0.702	0.709	0.714	0.714	0.861	0.983	-2.8
-4.013	0.390	0.681	0.682	0.689	0.690	0.821	0.931	-2.9
-4.051	0.396	0.660	0.664	0.666	0.667	0.785	0.884	-3.0

TABLA 7

PORCENTAJE DE LA PRECIPITACION PUNTUAL PARA UNA AREA DADA

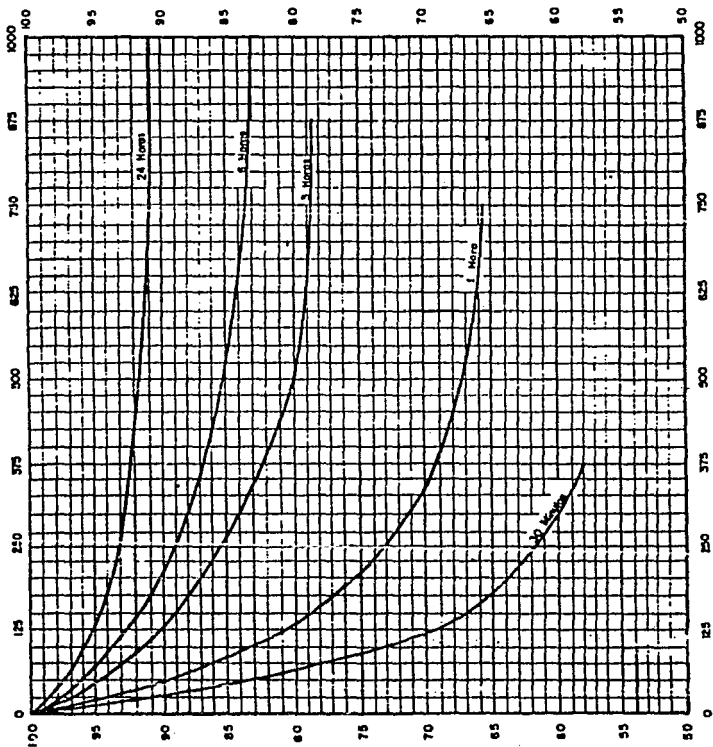


FIG. 8

GRAFICA PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE LLUVIA SIN ESCURRIMIENTO Y DE LA LLUVIA EN EXCESO

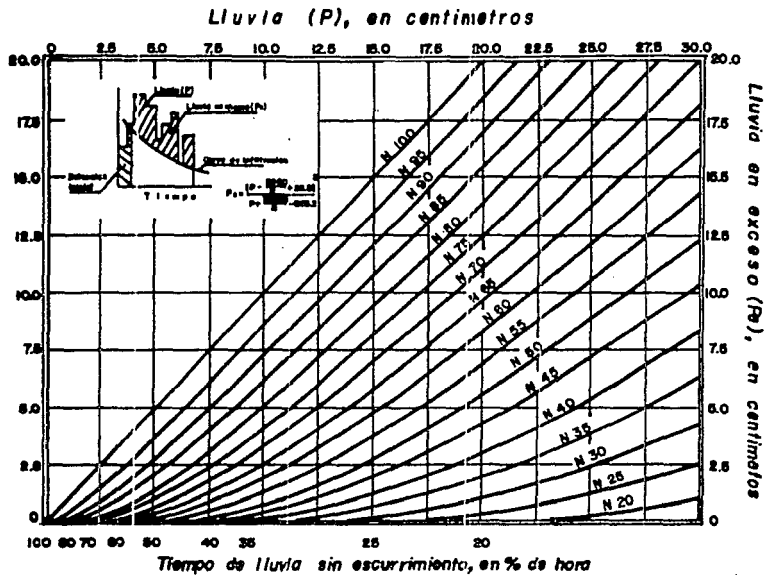
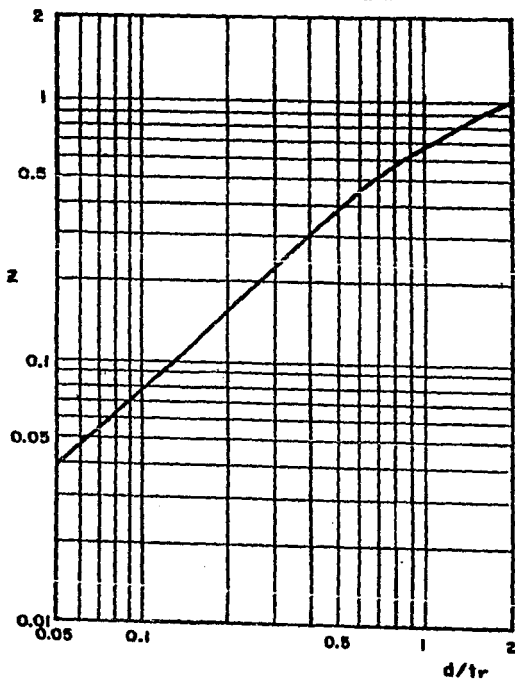


FIG. 9

METODO DE CHOW



Relación entre Z y d/tr .

FIG. 10

REFERENCIAS

- 1.- APARICIO MIJARES, FRANCISCO.
FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA DE SUPERFICIE.
EDITORIAL LIMUSA, 1989.
- 2.- MARTINEZ TOLEDANO, TEODOLFO.
CURSO DE ACTUALIZACION DE HIDROLOGIA.
LOS BERROS, ESTADO DE MEXICO, 1991.
- 3.- NORMAS TECNICAS HIDROLOGICAS.
SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS
HIDRAULICOS, 1986.
- 4.- CARRO H., ADAN.
APUNTES DEL CURSO DE ESPECIALIDAD DE
HIDROLOGIA SUPERFICIAL, 1988-1989.
U.N.A.M., CIUDAD UNIVERSITARIA.