



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MODELO MATEMATICO PARA LA SIMULACION
DEL FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA
NUEVA ZONIFICACION DE LOS CANALES
DE XOCHIMILCO, D. F.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
GUILLERMO LEAL BAEZ



MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

INDICE

	Pág
1. INTRODUCCION	1
2. ESTUDIOS ANTERIORES	4
2.1 Información utilizada	4
2.2 Estudios y Proyectos realizados anteriormente	5
2.3 Visitas de campo	7
3. NUEVA ZONIFICACION DE LOS CANALES	12
3.1 Zona Caltongo	13
3.2 Zona Atlapulco	13
3.3 Zona San Gregorio	14
3.4 Zona Laguna	14
3.5 Zona Turística	14
3.6 Zona Plantera	15
3.7 Zona Norte	15
4. MODELO MATEMATICO	17
4.1 Modelo para la simulación del funcionamiento hidráulico de sistemas de canales en flujo transitorio. Programa Canal	18
4.2 Esquema de cálculo	18
4.3 Condiciones de frontera	21
4.4 Descripción del programa	25
4.5 Armado del modelo	29
4.6 Listado del programa CANAL	30
5. FUNCIONAMIENTO EN ESTIAJE	47
5.1 Análisis por zona en particular	50
5.1.1 Zona Caltongo Simulaciones C	50
5.1.2 Zona Atlapulco Simulaciones A	51

INDICE DE TABLAS

	Pág
TABLA 5.1 SIMULACIONES SIN RECTIFICACION	55
TABLA 5.2 SIMULACIONES CON RECTIFICACION	57
TABLA 5.3 VELOCIDADES MEDIAS ZONA Caltongo	59
TABLA 5.4 VELOCIDADES MEDIAS ZONA Atlapulco SIN RECTIFICACION	60
TABLA 5.5 VELOCIDADES MEDIAS ZONA Atlapulco CON RECTIFICACION	62
TABLA 5.6 GASTOS. SIMULACIONES Caltongo 1 - San Gregorio 2	64
TABLA 5.7 GASTOS. SIMULACIONES Caltongo 1 - Atlapulco 1 - San Gregorio 11 - Laguna 5 - Turística 1 - Plantera 5 - Norte 7 SIN RECTIFICACION	65
TABLA 5.8 GASTOS. SIMULACIONES Caltongo 1 - Atlapulco 1 - San Gregorio 11 - Laguna 5 - Turística 1 - Plantera 5 - Norte 7 CON RECTIFICACION	67
TABLA 6.1 CALCULO DEL GASTO MAXIMO Zona Caltongo	78
TABLA 6.2 CALCULO DEL GASTO MAXIMO Zona Atlapulco	78
TABLA 6.3 HIDROGRAMAS LATERALES Zona Caltongo	79
TABLA 6.4 HIDROGRAMAS LATERALES Zona Atlapulco	80
TABLA 6.5 SIMULACIONES REALIZADAS EN EPOCA DE LLUVIAS	81
TABLA 6.6 HIDROGRAMAS GENERALES MEDIOS SIN RECTIFICACION	82
TABLA 6.7 HIDROGRAMAS GENERALES MEDIOS CON RECTIFICACION	84
TABLA 6.8 TIRANTES MAXIMOS Zona Caltongo SIMULACION 1	86
TABLA 6.9 TIRANTES MAXIMOS Zona Atlapulco SIMULACION 1	87
TABLA 6.10 TIRANTES MAXIMOS Zona Atlapulco SIMULACION 2	88
TABLA 6.11 TIRANTES MAXIMOS Zona Atlapulco SIMULACION 3	89

INDICE DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 4.1 VOLUMEN DE CONTROL PARA LA ECUACION DE COSERVACION DE MASA	45
FIGURA 4.2 VOLUMEN DE CONTROL PARA LA ECUACION DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO	45
FIGURA 4.3 ESQUEMA DE LA UNION DE DOS RIOS	46
FIGURA 4.4 ESQUEMA DE LA BIFURCACION DE UN RIO	46
FIGURA 6.1 PENDIENTE DE LA CUENCA I	90
FIGURA 6.2 SIMULACION Galtongo 1 SECCION 10	91
FIGURA 6.3 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 22	91
FIGURA 6.4 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 26	92
FIGURA 6.5 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 32	92
FIGURA 6.6 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 35	93
FIGURA 6.7 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 39	93
FIGURA 6.8 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 53	94
FIGURA 6.9 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 67	94
FIGURA 6.10 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 70	95
FIGURA 6.11 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 73	95
FIGURA 6.12 SIMULACION Atlapulco 1 SECCION 76	96
FIGURA 6.13 SIMULACION Atlapulco 2 SECCION 79	96
FIGURA 6.14 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 22	97
FIGURA 6.15 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 26	97
FIGURA 6.16 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 32	98
FIGURA 6.17 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 35	98
FIGURA 6.18 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 39	99
FIGURA 6.19 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 53	99
FIGURA 6.20 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 67	100
FIGURA 6.21 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 70	100
FIGURA 6.22 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 73	101
FIGURA 6.23 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 76	101

	Pág
FIGURA 6.24 SIMULACION Atlapulco 3 SECCION 79	102
FIGURA 6.25 REVISION DE HIDROGRAMAS Caltongo 1 SIN RECT	103
FIGURA 6.26 REVISION DE HIDROGRAMAS Atlapulco 1 SIN RECT	104
FIGURA 6.27 REVISION DE HIDROGRAMAS Atlapulco 2 SIN RECT	105
FIGURA 6.28 REVISION DE HIDROGRAMAS Atlapulco 3 SIN RECT	106
FIGURA 6.29 HIDROGRAMA GENERAL Caltongo	107
FIGURA 6.30 HIDROGRAMA GENERAL Atlapulco	108

INDICE DE PLANOS

	Pág
PLANOS	
1 PLANO GENERAL	115
2 SECCIONES DE CALCULO DEL MODELO MATEMATICO	116
3 ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA NUEVA ZONIFICACION DE LOS CANALES DE KOCHIMILCO	117

1. INTRODUCCION

Los canales que forman el Lago de Xochimilco, se encuentran localizados en la parte Sureste del Distrito Federal, en la Delegación del mismo nombre. Este sistema de canales se ha venido estudiando con el fin de tratar de mejorar su uso, aprovechándolo con fines turísticos, agrícolas y de navegación. En dichos estudios, se ha buscado que en época de estiaje los canales tengan el tirante de agua suficiente para la navegación de las trajineras con la alimentación de los caudales de agua tratada de la Planta del Cerro de la Estrella; y en la temporada de lluvias que permitan desalojar sus excedencias sin causar inundaciones en las

chinampas, principalmente la de la Zona Norte.

La extracción de agua subterránea, para el abastecimiento de la Ciudad de México, en las márgenes del Canal de Chalco, ha propiciado hundimientos del terreno natural en la zona de canales, que se presentan en forma desigual, siendo la parte Norte la de mayor valor, esto es junto al Canal de Chalco, mientras que en la parte Sur los hundimientos son del orden de la tercera parte de los registrados en la Norte; lo anterior presenta la problemática de tirantes pequeños en la Zona Turística que afecta a la navegación; y por otra parte, ha propiciado la formación y el incremento de área de la Laguna de San Gregorio, ubicada al Norte de la zona en estudio, en donde se tienen los mayores hundimientos que provocan que el volumen de agua tratada almacenado llegue a tener canales que forman parte de la Laguna, algunos en su totalidad.

En estudios anteriores se determinó la necesidad de efectuar seccionamientos por zonas de canales, para conservar niveles de agua adecuados en cada una de ellas y complementar dichos seccionamientos con el dragado de sus canales, para aumentar el tirante y ancho en su fondo. Las zonas de igual nivel del agua, requieren de un estudio de funcionamiento hidráulico, que permita definir la operación de los seccionamientos para retener o dejar pasar el agua a zonas de nivel inferior, hasta su descarga al Canal de Chalco.

Para representar el funcionamiento hidráulico del sistema de canales, se ha tomado un modelo matemático, el cual consta de una serie de ecuaciones que determinan las condiciones hidráulicas con las que trabajarán los canales. Este modelo matemático se desarrolló con la ayuda de un programa en computadora que será definido en el capítulo 4.

El estudio propone con base en la simulación matemática del funcionamiento hidráulico de canales, un criterio de operación de las nuevas zonas que forman el sistema de canales de Xochimilco tanto en época de lluvias como en época de estiaje. Logrando así, que exista movimiento continuo del agua en la zona lagunera durante el estiaje; y en la temporada de lluvias, regularizar el agua antes de ser descargada hacia el Canal de Chalco. Todo esto considerando las rectificaciones de sus secciones y los seccionamientos de los canales.

2. ESTUDIOS ANTERIORES

En este capítulo se presenta un resumen de los resultados y obras propuestas en estudios realizados anteriormente, que determinan la geometría del sistema de canales de Xochimilco, que es la base del presente trabajo.

2.1 Información Utilizada

La información básica para este estudio fué tomada de los trabajos indicados a continuación, realizados en el periodo de 1987 a 1990.

Programa CANAL. Manual del Usuario, Febrero de 1987.

Estudio para el Control de Niveles y Gastos del Sistema de Canales de Xochimilco, Informe Final, Noviembre de 1989.

Levantamiento Topográfico en el Sistema de Canales de la Delegación Xochimilco. Secciones Transversales, Zona Uno a Zona Seis. Marzo de 1990.

Levantamiento Topográfico en el Sistema de Canales de la Delegación Xochimilco, Planta y Perfil, Zona Uno a Zona Seis, Marzo de 1990.

Programas CANDAT y GANCALP. Manual del Usuario, Mayo de 1990.

Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Rectificación de Canales de Xochimilco, Informe Final, Agosto de 1990.

Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Rectificación de Canales de Xochimilco, Planta y Perfil Varios canales. Agosto de 1990.

Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Rectificación de Canales de Xochimilco. Seccionamientos. Agosto de 1990.

Estudio Hidráulico para la Rehabilitación de los Canales de Xochimilco, D.F.1989.

2.2 Estudios y Proyectos realizados anteriormente

Los estudios realizados con anterioridad, muestran la necesidad de dividir en zonas el sistema de canales de Xochimilco.

En el Estudio Hidráulico Para La Rehabilitación De Los Canales De

Xochimilco D.F. 1989, después de un análisis de hundimientos y del funcionamiento hidráulico del sistema, se proponen obras que deben realizarse, para dejar dividido este en tres zonas denominadas: Zona Oriente, Zona Turística y Zona Norte. De esta manera se dan recomendaciones para el mejor funcionamiento hidráulico de los canales, proponiendo así el dragado y rectificación de algunos, el aislamiento de otros que han presentado fuertes hundimientos, estructuras vertedoras para descargar los escurrimientos hacia otras zonas y otras.

Uno de los principales problemas que existen en la zona del sistema de canales de Xochimilco, es sin duda los hundimientos que se presentan. Estos hundimientos por ser desiguales provocan que algunos canales queden completamente por abajo del nivel del agua, mientras que otros prácticamente presentan un tirante tan pequeño que no permite la navegación.

Para ello la DGGOH ha realizado estudios como levantamientos topográficos y construcción de estructuras o bordos y rectificación de los canales, entre otros. Estos estudios se combinaron para determinar cuáles son los canales que se deben dragar de acuerdo al nivel de agua que se determinó para la zona en la que se encuentran, así como los canales que deben ser seccionados para lograr los cambios de nivel del agua que se proponen en esa zonificación.

En el Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Rectificación de los Canales del Lago de Xochimilco, D.F. 1990, se determinó la zonificación actual, con base en un estudio de hundimientos realizado con el sistema de bancos de nivel de la zona, haciendo una extrapolación de los hundimientos anuales registrados de 1986 a 1990 llevándolos a 1995. Con ello se calculó la rapidez de hundimiento determinando las zonas en que actualmente se divide el sistema de canales de Xochimilco.

Con la división del sistema en siete zonas a través del seccionamiento adecuado de algunos canales, se logra que éstos mantengan un tirante propicio tanto para la navegación como para la agricultura, restringiendo el flujo del agua hacia las zonas de mayor hundimiento y conservando los tirantes mínimos requeridos en zonas de hundimientos de menor valor.

Con el último levantamiento topográfico y de acuerdo con lo anterior, se derivó el proceso a seguir en el análisis del presente estudio de las siete zonas en que se dividió al sistema de canales del Lago de Xochimilco.

2.3 Visitas de Campo

Las visitas a la zona del sistema de canales de Xochimilco, permitieron definir la información necesaria para el estudio de la nueva zonificación del sistema de canales, determinando la ubicación de las estructuras de seccionamiento y las esclusas, así como los sitios de entrega de agua al sistema y el estado general de los canales para determinar en cuales se ha realizado la rectificación propuesta en el proyecto de 1990.

Se visitó la descarga de agua de la Zona Plantera a la Norte, la cual se hace por medio de dos tuberías. La descarga es regulada por medio de compuertas operadas manualmente, y se realiza para mantener el nivel en la Zona Plantera y evitar inundaciones. La descarga corresponde a la estructura de seccionamiento No. 7 del plano 1 o PLANO GENERAL, y es la única salida de agua que tiene la Zona Plantera.

El canal 246, paralelo a la Av. Nuevo León, cruza con el canal 285, en este lugar se encuentran dos costaleras y una descarga de

agua limpia que se realiza a través de una bomba y una tubería de 30 cm de diámetro que extrae el agua de pozos, las dos costaleras se encuentran sobre el canal 246, antes y después del cruce con el canal 285, de tal forma que el agua fluye sobre este último hacia la Zona Turística. Esta estructura de seccionamiento es la No. 26 que divide a las Zonas Plantera y Turística.

En el inicio del Canal Apatlaco se encuentra Puente Urrutia, que divide a la Zona Atlapulco de la Zona Norte sin permitir el paso del agua, en este canal se está construyendo otro embarcadero. Este canal se observa en buen estado y sin lirio en la parte que corresponde a la Zona Norte.

En el canal 55 se encuentra el vertedor que divide a las Zonas Atlapulco y Norte y que corresponde a la estructura de seccionamiento No. 25 del plano 1.

Hacia el norte, del canal 55 encontraron algunas de las costaleras ubicadas en los lugares propuestos para los seccionamientos del proyecto mencionado anteriormente. Estas costaleras se encuentran ubicadas en la colindancia de las Zonas Atlapulco, Laguna y Norte dividiendo una de otra. Las estructuras de seccionamiento propuestas en esta zona son las No. 20, 21, 22, 23 y 24, como se indica en el plano 1.

En el límite entre el canal 55, y la Laguna de San Gregorio, se llegó a la zona donde se pierde tanto este canal como algunos de la Zona Laguna dentro de la Laguna de San Gregorio. Es importante mencionar que algunos canales de esta zona se encuentran azolvados.

El Canal Santa Cruz, ubicado en la Zona Turística cruza con el canal 280, que pertenece a la Zona Plantera. En este último se encontró una estructura de seccionamiento ubicada a 10 m

aproximadamente del Canal Santa Cruz, la estructura de seccionamiento es la No. 28, como se muestra en el plano 1. Sobre el mismo canal Santa Cruz se encontró una descarga de agua pluvial.

En la Zona Turística se visitaron además algunas estructuras de seccionamiento ubicadas en los canales 271, 268 y 256, estos canales se unen con el Canal Santa Cruz. Estas estructuras de seccionamiento corresponden a los No. 29, 30 y 37, que dividen también la Zona Turística de la Zona Plantera con un cambio de nivel del agua que se alcanza a apreciar.

Para lograr los cambios de nivel se utilizan las esclusas. La esclusa está formada por costaleras y dos compuertas operadas desde una caseta de control. Para que la embarcación pase de un lado a otro de este canal se abre la primera compuerta en dirección de la trajinera, ya que esta se encuentra dentro de la estructura la compuerta se cierra para abrir la otra y que la embarcación pueda seguir su recorrido hacia el otro lado del canal.

Aguas abajo dentro de la Zona de canales de San Gregorio, se encuentra la estructura de seccionamiento 3, la cual divide a la Zona Caltongo de la Zona San Gregorio.

En trajinera se llegó hasta el sitio donde se propuso la estructura de seccionamiento número 5 que vierte el agua excedente de la Zona San Gregorio hacia la Laguna de San Gregorio. Se pudo observar la altura del bordo que divide a la zona de canales de la Laguna de San Gregorio.

El Canal San Sebastián conduce hacia la estructura de seccionamiento número 4, el paso en trajinera hacia esa estructura no es posible debido a la presencia de lirio por lo que el recorrido se hizo a pie sobre el bordo que divide al canal San

Sebastián de la Laguna de San Gregorio. La estructura de seccionamiento número 4 se encuentra cubierta de lirio y vegetación.

Sobre el Canal del Bordo, se encuentra el sitio donde se propuso la estructura de seccionamiento número 5 de aquí se pudo observar que la división entre la Laguna de San Gregorio y la zona de canales es muy marcada.

El Canal del Bordo divide además la Zona Laguna de la Laguna de San Gregorio a través de la estructura de seccionamiento número 19.

Dentro de los canales de la Zona San Gregorio, se encuentra el canal 114 que comunica el centro de la zona con el canal que lleva a la estructura de seccionamiento número 6 sobre el canal 109, y las estructuras de seccionamiento número 7 y 8.

Existen dos costaleras sobre el canal 109, una antigua y otra más reciente, que sirven de seccionamiento entre las Zonas Atlapulco y San Gregorio. Estas costaleras corresponden a la estructura de seccionamiento número 6 que representa la entrada de agua tratada a la Zona Atlapulco. Unos metros aguas arriba de las costaleras mencionadas se encuentra el canal 114 que lleva a los sitios donde se encuentran las estructuras de seccionamiento que dividen a las Zonas Atlapulco y San Gregorio.

Una parte importante de las visitas fue conocer con mayor claridad las condiciones actuales de drenaje, en especial de la Cuenca III (capítulo 6), que por sus dimensiones establece las condiciones de lluvia-escorrentía para la simulación de los canales con hidrogramas laterales. Se ubicó la descarga de agua pluvial de dicha cuenca.

No se han construido en su totalidad las estructuras de seccionamiento de proyecto, pero se han colocado algunas costaleras que definen lo que es la nueva zonificación de los canales de Xochimilco. De los canales recorridos los que presentan mejor mantenimiento son los de la Zona Turística

3. NUEVA ZONIFICACION DE LOS CANALES.

La formación de las siete zonas en que se dividió el área en estudio, quedó determinada por el "Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Rectificación de los Canales de Xochimilco" realizado en 1990 para la DGCOH, en el cual se propuso la ubicación de las estructuras de seccionamiento de canales, de acuerdo al análisis de hundimientos que se realizó en el mismo trabajo. El objetivo de dichas estructuras de seccionamiento es el de tener, en los lugares que se requiere, un incremento de nivel del agua, que permita la utilización del canal en sus diferentes aprovechamientos.

En el plano 1, PLANO GENERAL se encuentra indicada la ubicación de las 37 estructuras de seccionamiento que determinan la nueva zonificación de los canales de Xochimilco. Los números que identifican a cada estructura son importantes ya que con ellos se relacionaron las zonas para efecto del análisis.

A continuación se presenta la descripción de cada una de las siete zonas. El seguimiento de esta descripción se puede apoyar en el plano antes mencionado.

3.1 Zona Caltongo

Esta zona recibe la entrega de agua tratada de la Planta del Cerro de la Estrella a través de una tubería que descarga en la estructura de seccionamiento 1 que se encuentra sobre el Canal Caltongo. La zona quedó determinada por las estructuras de seccionamiento 1, 2 y 3; la 1, como ya se indicó, es donde se recibe el agua; la 2 es una estructura que divide a esta zona de la continuación del Canal Caltongo la cual permanecerá cerrada a lo largo del análisis; y la 3 por donde el agua es descargada a la Zona San Gregorio. El nivel del agua para esta zona es la cota 36.25.

3.2 Zona Atlapulco

La Zona Atlapulco quedó determinada por 12 estructuras de seccionamiento, que son las siguientes: la 6, por donde se recibe la entrega de agua tratada a través de una tubería proveniente también del Cerro de la Estrella; las 7 y 8 que descargan agua a la Zona San Gregorio; las 9, 11, 13, 15, 17, 20, 22 y 24 que descargan el agua a la Zona Laguna; y la 25 por donde se descarga agua a la Zona Norte; además del Puente Urrutia donde el agua es detenida. El nivel del agua que tiene esta zona es la cota 35.75,

siendo más alta que la de las Zonas San Gregorio, Laguna y Norte, por lo que el sentido del flujo es hacia estas zonas.

3.3 Zona San Gregorio

La Zona San Gregorio está ubicada entre las Zonas Caltongo, Atlapulco y Laguna y la Laguna de San Gregorio. Recibe agua de la Zona Caltongo por la estructura de seccionamiento 3 y de la Zona Atlapulco por las estructuras 6, 7 y 8; la descarga se realiza por las estructuras de seccionamiento 4 y 5 hacia la Laguna de San Gregorio. El nivel del agua que se conserva es inferior al de las Zonas Caltongo y Atlapulco y corresponde a la cota 35.00.

3.4 Zona Laguna

La Zona Laguna quedó conformada por las estructuras de seccionamiento 9, 11, 13, 15, 17, 20, 22 y 24 que permiten el paso del agua proveniente de la Zona Atlapulco y por las estructuras de seccionamiento 10, 12, 14, 16, 18, 19, 21 y 23 que descargan el agua de la zona a la Laguna de San Gregorio. La ubicación de estas estructuras de seccionamiento como las del resto de las zonas se encuentra en el plano 1; el nivel que mantendrá esta zona es la cota 35.00 como se indica en dicho plano.

3.5 Zona Turística

Esta zona tiene el nivel del agua en la cota 35.60, arriba de la cual es descargada a la Zona Plantera a través de las estructuras de seccionamiento 26, 27, 28, 29, 30 y 37, y a la Zona Norte por las estructuras de seccionamiento 31 y 32 que corresponden a las estructuras de control Xilopa y Caltongo, como se indica en el plano 1.

Las entradas de agua las recibe a través de tuberías en las secciones 24, 35 y 48. El agua que alimenta esta zona proviene tanto de pozos como de descargas pluviales.

3.6 Zona Plantera

La Zona Turística se ha seccionado dando lugar a la Zona Plantera, con un nivel de agua menor a manera de evitar inundaciones en esta última. La cota del nivel del agua que se mantiene en la Zona Plantera es la 35.00. Esta zona ha quedado constituida por las estructuras de seccionamiento 26, 27, 28, 29, 30 y 37, las cuales alimentan al sistema recibiendo agua de la Zona Turística.

La salida de agua del sistema se realiza mediante una tubería identificada con el No. 36; esta tubería descarga a la Zona Norte. En el plano 1 se presenta la ubicación de las estructuras de seccionamiento mencionadas.

3.7 Zona Norte

La zona con el área más grande es la Zona Norte. Su nivel de agua se encuentra en la cota 34.50 y está definida por las estructuras de seccionamiento 31 y 32 que reciben el agua de la Zona Turística; por la 33 que descarga el agua al Canal Cuemanco; la 34 que sirve de frontera con el Canal de Chalco a través del Canal Japón; la 35 por donde el programa de simulaciones descarga el agua a la Laguna de San Gregorio y la 36 que es la entrega de agua de la Zona Plantera a esta zona a través de dos tuberías, además de la estructura de seccionamiento 25 por donde se recibe el agua descargada por la Zona Atlapulco. La división en el Puente Urrutia entre ésta zona y la Zona Atlapulco no permite el paso del agua. Esto se muestra en el plano 1.

En los capítulos siguientes el nombre para identificar las siete zonas descritas en este capítulo se abreviarán de la siguiente manera:

Zona Caltongo -----	Zona C
Zona Atlapulco -----	Zona A
Zona San Gregorio -----	Zona S
Zona Laguna -----	Zona L
Zona Turística -----	Zona T
Zona Plantera -----	Zona P
Zona Norte -----	Zona N

Como antes se mencionó en el plano 1 se presenta la información del número que le corresponde a cada río, el número asignado a cada sección transversal de los ríos, las entradas y salidas de agua, así como los seccionamientos que son comunes a dos zonas. Esta información se utilizará en los siguientes capítulos.

4. MODELO MATEMATICO

El modelo matemático utilizado para la simulación del funcionamiento hidráulico del Sistema de Canales de Xochimilco, está básicamente formado por el programa CANAL. Los cálculos que realiza, así como la forma en la que opera éste programa y la obtención de los resultados, se encuentran descritos en este capítulo.

4.1 Modelo para simulación del funcionamiento hidráulico de sistemas de canales en flujo transitorio. Programa CANAL.

El programa CANAL sirve para conocer el tránsito de avenidas en conductos regulares o irregulares a superficie libre, los cuales pueden formar un sistema de canales interconectados de alguna manera; lo anterior implica el cálculo de las variaciones de nivel, velocidad y gasto en cada uno de los tramos en los que se compone al sistema hidráulico para su análisis.

El programa realiza el tránsito de avenidas en sistema de canales con una configuración de árbol convergente hacia aguas abajo, es decir que a medida que se avanza hacia aguas abajo se realizan conexiones de otros canales convergiendo todos a un troncal único.

También se pueden analizar sistemas de canales con interconexiones cerradas de tramos, es decir formando anillos y aceptar derivaciones. Por lo que el programa se pudo adaptar al sistema de canales de Xochimilco, particularmente a las zonas en que se ha dividido para el presente estudio.

Para un flujo subcrítico, el programa CANAL resuelve las ecuaciones de conservación de masa y de cantidad de movimiento para un escurrimiento no permanente a superficie libre.

4.2 Esquema de cálculo.

La ecuación de conservación de masa para un escurrimiento a superficie libre en una sola dimensión puede escribirse de la siguiente forma:

$$B \frac{\delta H}{\delta t} + \frac{\delta Q}{\delta x} = q$$

donde:

- B ancho de la superficie libre del agua, en m
H elevación de la superficie libre del agua, en m, y además
H = z + y
z cota del punto mas bajo de la sección transversal, en m
y tirante, en m
Q gasto o caudal inicial, en m³/s
q gasto lateral por unidad de longitud del cauce, en m³/s-m
x coordenada en la dirección longitudinal del cauce, en m
t tiempo, en s

A su vez la ecuación de cantidad de movimiento para las mismas condiciones de flujo es:

$$\frac{\delta V}{\delta t} + V \frac{\delta V}{\delta x} + g \frac{\delta H}{\delta x} + g S_f - \frac{q}{A} (V_q - V)$$

donde:

- V velocidad media en, m/s
A área hidráulica en, m²
S_f gradiente hidráulico (adimensional) = (Vn/Rh^{2/3})² según la fórmula de Manning
V_q velocidad en la dirección x del gasto lateral q, en m/s
(se considera nula en este modelo)
g aceleración debida a la gravedad en, m/s²
R_h radio hidráulico en, m

En la ecuación anterior se ha supuesto que el fondo del cauce no sufre modificaciones durante el análisis, lo cual implica que no hay arrastre de fondo durante el paso de una avenida. La fórmula de Manning se utiliza sustituyendo el cuadrado de la velocidad (V²) como el producto de V por su valor absoluto |V|, de tal forma que se considera la posibilidad de que el flujo se invierta de sentido durante el análisis.

Para que un modelo de computadora resulte adecuado, tanto por velocidad de proceso, como por la estabilidad en la solución, se requiere del establecimiento de un esquema numérico que se apegue lo mas posible al fenómeno físico que está representando.

Siguiendo el proceso de cálculo del programa se forma un sistema de ecuaciones lineales con $(nn-1)$ incógnitas donde nn es el número de tramos en los que se dividen el sistema de canales.

Al inicio del proceso de cálculo, el valor de las constantes esta definido por las condiciones iniciales o aquellas que se derivan del tiempo de calentamiento del modelo, el cual sirve para definir precisamente estas condiciones iniciales cuando no se conocen con precisión. Posteriormente se definen en cada intervalo de tiempo con los valores que toman en el instante anterior al cálculo.

La ecuación de cantidad de movimiento se puede aplicar al volumen de control adyacente, aguas arriba, al tramo que aparece en la figura 4.2, con lo cual se lograría despejar el valor de la velocidad en la sección N. Para esto, se supone la sección aguas arriba de la sección N se denomina K.

Del proceso de sustitución de ecuaciones resulta una expresión donde solamente se tienen valores de la elevación de la superficie del agua H, como incógnitas; y de acuerdo con el número de tramos se tendría $nn-1$ ecuaciones. Una vez resuelto el sistema de ecuaciones formado por la expresión antes mencionada, aplicada a cada tramo del sistema, se obtienen los niveles del agua para el tiempo $m+1$, con lo cual es posible determinar el valor de las velocidades para el mismo intervalo de tiempo con las ecuaciones siguientes:

$$V_J^{m+1} = GF_{NJ} (H_N^{m+1} - H_J^{m+1}) + BV_{NJ}$$

donde:

$$GF_{NJ} = GTET_{NJ} / (1 + R_J + C_J)$$

$$GTET_{NJ} = g (TET_{NJ})$$

$$TET_{NJ} = \Delta t / \Delta x_{NJ}$$

$$R_J = \Delta t n^2 g |V_J^m| (Rh^m)^{4/3}$$

$$C_J = (V_{J+1}^m - V_J^m) TET_{NJ} / 2$$

$$BV_{NJ} = \frac{V_J^m + q_J^{m+1} \Delta t (-V_J^m) / A_J}{1 + R_J + C_J} + (1 - \phi) GF_{NJ} (H_N^m - H_J^m)$$

A_J área de la sección transversal del tramo J

O con la ecuación:

$$V_N^{m+1} = GF_{KN} (H_K^{m+1} - H_N^{m+1}) + BV_{KN}$$

4.3 Condiciones de frontera

Para que el esquema de cálculo pueda resolverse, es necesario proporcionar las condiciones de frontera del problema, así como los valores de las variables a lo largo del dominio del sistema hidráulico como condiciones iniciales.

Los casos más comunes de condiciones de frontera se refieren a un hidrograma en las secciones aguas arriba y un tirante constante en las secciones aguas abajo del sistema. También se establece

normalmente una condición de frontera en algunos tramos del sistema cuando se desea introducir un gasto de agua constante o bien un hidrograma en forma lateral.

Además de las condiciones de frontera anteriores, que pueden considerarse como externas, pues se refieren a las condiciones que se tienen en los extremos del sistema, se tienen otro tipo de condiciones de frontera que se consideran internas pues definen las relaciones que guardan algunos elementos contenidos en el sistema. Las fronteras internas se refieren a las uniones y bifurcaciones de ríos.

Como condiciones iniciales normalmente se establecen los niveles y las velocidades para el instante $t = t_0$. Las condiciones iniciales corresponden a la situación que guarda el sistema hidráulico antes de empezar a moverse como resultado de una onda o avenida que se desee simular. Normalmente esta situación anterior corresponde a un estado estático o en régimen permanente. En caso de que el sistema se encontrara estático, se tendrían tirantes constantes y velocidades nulas, mientras que si el sistema estuviera en régimen permanente, se tendrían que definir los tirantes y las velocidades correspondientes al ingreso de un gasto constante (gasto base en un canal o río).

Para determinar las condiciones iniciales de un sistema hidráulico que se encuentra en régimen permanente al inicio de la simulación de una avenida, se puede hacer uso del mismo programa de simulación (CANAL), en el cual se introducen los hidrogramas de gasto base en los tramos correspondientes y se simula el sistema durante un tiempo suficientemente largo para que las condiciones entre un intervalo de simulación y el siguiente no varíen, en cuyo caso se han encontrado las condiciones del régimen permanente. A este proceso se le denomina "calentamiento" del sistema.

El tiempo de simulación para el "calentamiento" del sistema depende de que tan cercanas se supongan las condiciones iniciales de este proceso, por lo que cada caso deber analizarse en forma particular.

Uno de los casos por analizar y que lo realiza el programa es cuando se tiene una frontera de hidrograma en alguna sección aguas arriba de un canal.

Por lo que se refiere a la frontera de una sección aguas abajo del sistema de canales, tratándose de tirante constante, se tendría que la elevación del agua en la última sección del río sería constante (la sección J y la elevación H_j refiriéndose a las figs 4.1 y 4.2). Por lo tanto, en la ecuación donde solamente se tiene como incognita a H, los términos donde aparece la elevación mencionada pasarían al segundo término de la expresión, donde todos los miembros son constantes conocidas con base en las condiciones en el tiempo m. De esta manera, se tiene una ecuación para fronteras de tirante constante.

Cuando dos ríos se unen para formar un tercero, se debe proceder de la siguiente manera, ver fig. 4.3:

Se elige uno de los ríos como principal, sin importar las características físicas de los ríos, ya que el resultado debe ser sensiblemente semejante (en el caso de la fig 4.3 se eligió arbitrariamente el río A como principal) y se trata de manera independiente, es decir, con sus posibles fronteras aguas arriba y aguas abajo como las que se describieron anteriormente.

El río B se define de tal forma que el tramo sucesor del último tramo del río (Mb) es el tramo Na de la fig 4.3, este último ubicado en el río A.

Al definir de esta manera los ríos, el programa identifica al último tramo del río B como frontera interna y establece, también en forma interna, la compatibilidad necesaria para calcular las condiciones reales del sistema, es decir, que el tramo N_A es elemento común de los dos brazos del río, cumpliendo además con el principio de conservación de masa.

Por lo que se refiere a la bifurcación de un río se deben seguir algunos pasos similares a los del caso anterior, ver fig. 4.4:

Se elige un río como principal (el río A de la fig 4.4) y se trata como si fuera independiente.

Se define al otro río como derivación, cuya característica principal es que no tiene hidrograma en el tramo inicial.

El río B, considerado como derivación tiene un tramo inicial M_B , cuyo antecesor es el tramo N_A sobre el río A, lo cual implica que la variable del tramo M_B es el número de orden del tramo N_A .

Al definir de esta manera a las condiciones de frontera internas, el programa de computadora calcula el flujo entre los elementos N_A y M_B , es decir como una relación de tirantes entre ambas secciones, debiéndose además sumar (o restar según sea el caso) el gasto resultante de la diferencia de niveles al río principal. Esto último se hace asignando dicho gasto como una extracción lateral en el elemento N_A , de tal forma que se cumpla con la ecuación de conservación de masa en la bifurcación.

4.4 Descripción del programa

PROGRAMA CANAL

El programa está escrito en lenguaje FORTRAN 77 para microcomputadora PC. Consta de un programa principal y 8 subrutinas.

Programa principal

Este programa primero llama a la subrutina INIT donde inicializa todas las variables utilizadas en la simulación en cero, después llama a la subrutina DATA donde controla la entrada de datos, a partir de un archivo, y la impresión de resultados, más adelante asigna los valores que permanecerán constantes durante todo el cálculo y con la subrutina INTER interpola linealmente de los hidrogramas los valores de los gastos de entrada y de los gastos laterales. Después con la subrutina FACTO calcula los factores del método implícito. Con la subrutina RIOS basándose en el armado de la zona crea la matriz de coeficientes, que resuelve con la subrutina HUECA, y con SECNAT encuentra las características hidráulicas de cada sección en cada intervalo de tiempo.

Finalmente imprime los resultados en dos archivos, en el archivo 2, primero imprime los gastos derivados por cada río en la iteración anterior y después para cada tramo: el tirante, el valor de la elevación del agua, la velocidad, el área hidráulica y el gasto de entrada. Por otro lado, con la subrutina HIDRO reduce los hidrogramas de las secciones de salida o de algún otro tramo que se haya indicado, a 20 puntos y los imprime en el archivo 3 de resultados, en forma tabular.

a) Subrutina INIT

Subrutina de inicialización, para evitar que se tengan asignados

valores iniciales a las variables utilizadas en el programa. Si la versión de FORTRAN usada inicializa las variables en cero no es necesario la utilización de esta subrutina.

b) Subrutina DATA

Lee los datos de entrada del problema por resolver de un archivo en caracteres ASCII y también imprime los resultados de la simulación en el archivo 2.

c) Subrutina FACTO

Calcula los factores para el método implícito (los que son conocidos para el instante de cálculo según las ecuaciones del esquema de cálculo, además llama a la subrutina SECNAT para el cálculo de la geometría de las secciones.

d) Subrutina RIOS

Calcula los terminos de las ecuaciones que no se generaron en la subrutina FACTO y forma la matriz de coeficientes y el vector de términos independientes correspondiente. Con la solución del sistema de ecuaciones, que realiza la subrutina HUECA, calcula las velocidades para cada tramo.

e) Subrutina HUECA

Resuelve el sistema de ecuaciones mediante el método de eliminación de Gauss.

f) Subrutina SECNAT

Calcula el área hidráulica, perímetro mojado, radio hidráulico y ancho de la superficie libre del agua para cada sección, de acuerdo con el tirante resultante en cada intervalo de cálculo.

g) Subrutina INTER

Calcula mediante interpolación lineal, los factores para generar el gasto de hidrogramas en un instante determinado.

h) Subrutina HIDRO

Reduce a 20 el número de puntos de los hidrogramas de salida al final de la simulación, así si se utilizan estos hidrogramas como hidrogramas de entrada para otro sistema, no se tendrán problemas con el número de puntos ya que el número máximo de puntos es 30. Por otro lado al tener hidrogramas definidos con menos puntos se facilita el proceso de interpolación de gastos durante la simulación.

Se ha diseñado un diagrama de bloques para facilitar la explicación de la secuencia del programa.

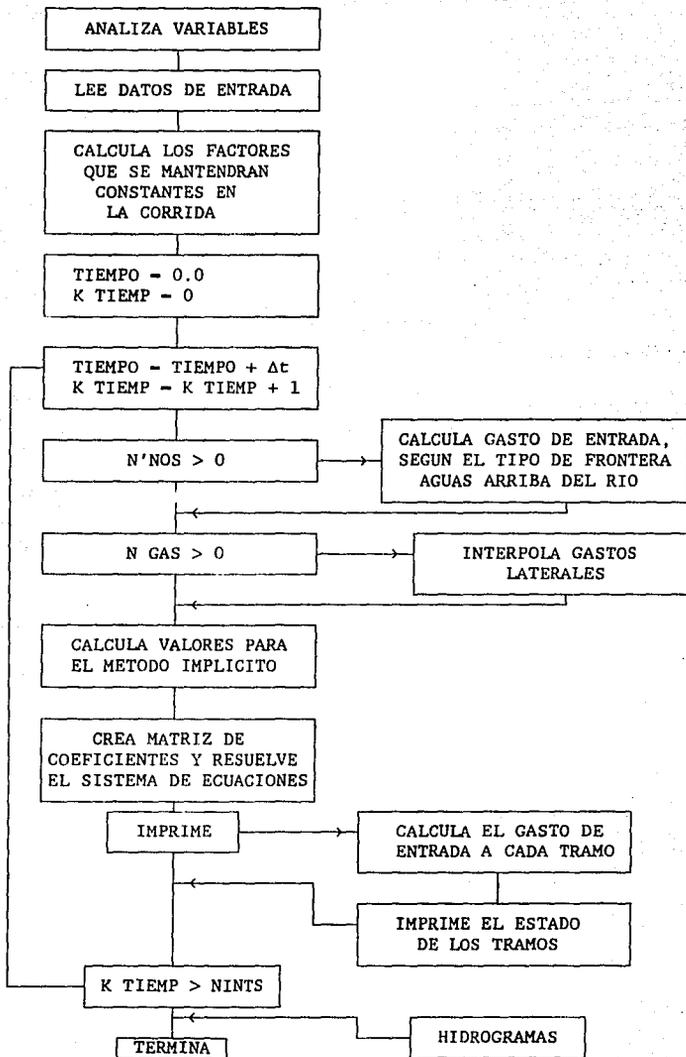


FIG. 4.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA CANAL

4.5 Armado del Modelo

El armado del modelo matemático queda definido por los ríos principales y los afluentes a estos, cada uno de estos ríos es definido en sus secciones transversales, por los levantamientos topográficos que realizó con anterioridad la DGOH, así como los seccionamientos que definen cada una de estas zonas; para ejemplificar como se definió cada una, se presentan las zonas Caltongo y Atlapulco:

Zona Caltongo

Para efecto del armado del modelo matemático, la Zona Caltongo quedó definida por 23 secciones transversales que forman 5 ríos. Como ya se mencionó, las secciones transversales se obtuvieron del levantamiento topográfico realizado en 1990. En el plano 2, se indican los números de canales utilizados para formar el modelo, así como el número de la estructura de seccionamiento que se asocia a la sección si este es el caso, además como el análisis se realiza para la condición de canales rectificadas, se tomaron en cuenta las secciones y canales que requirieron de dicha rectificación. La ubicación se puede ver en el plano 2, "SECCIONES DE CALCULO DEL MODELO MATEMATICO".

Zona Atlapulco

El armado del modelo matemático se realizó con ayuda de 79 secciones transversales que forman 17 ríos. También en el plano 2 se encuentran los números de canales utilizados para definir las secciones transversales así como el número de la estructura de seccionamiento asociada a una sección transversal. En el mismo plano se encuentra la ubicación de dichas secciones transversales, además se pueden ver todos los sistemas, y con ello se facilitar el análisis de la relación que existe entre ellos.

De igual manera se realizó el armado del modelo para las 5 zonas restantes, es decir, se tomaron las secciones transversales necesarias para la formación de los ríos principales para cada zona. En el plano mencionado se encuentran ubicadas las secciones transvesales utilizadas en las 7 zonas así como una tabla en la que se indican las secciones de entrada y salida por zona.

Debido a que las simulaciones también se realizaron tomando en cuenta la rectificación de los canales, se utilizó la información del "Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Rectificación de Canales de Xochimilco", realizado en 1990 para la DGCOH.

4.6 Listado del programa CANAL

\$DEBUG

```

PROGRAM CANAL
REAL NMAN
COMMON/D1/NMAN(88),NTS(21),ZF(88)
COMMON/S1/NTOTR,NTU(88),NU(88,2),KTIP(88),NT(88)
COMMON/S2/Y(88),DX(88)
COMMON/S3/V(88),HR(88),QR(88),DELTP
COMMON/PA/ NUMP(21),TPO(21,30),QAVEN(21,30),GASTO(21)
COMMON/FSEC/AREA(88),RADI(88),AN(88)
COMMON/PPF/TET(88,2),TET1(88),E(88),FRIC(88,2),FMAN(88)
      ,GTET(88,2),GF(88,2)
COMMON/S11/JO(88),ZF1(88),SX(21,88),SY(21,88)
COMMON/S13/GAR(88)
COMMON/DAT/NRIOS,NINTS,NIMP,NGAS
COMMON/GA/NQ(21),NQP(30),TQQ(21,30),QQA(21,30)
COMMON/QST/QS(88)
COMMON/SP/NSP,NIMPH,NSN(88)
REAL HRMAX(88),VMAX(88),QMAX(88),TMAXQ(88)
DATA HRMAX / 88*0.0 /, VMAX / 88*0.0 /, QMAX / 88*0.0 /,
TMAXQ / 88*0.0 /
C IDENTIFICACION DE ARCHIVOS DE I/O
WRITE(*,*)' ARCHIVO DE ENTRADA ?'
OPEN(1,FILE=' ',STATUS='OLD')
WRITE(*,*)' ARCHIVO DE SALIDA ?'
OPEN(2,FILE=' ',STATUS='NEW')
C INICIALIZA ARREGLOS Y LEE DATOS DE ENTRADA

```

```

CALL INIT
CALL DATA
C ARCHIVOS PARA HIDROGRAMAS DE SALIDA
IF (NSP.GT.0) THEN
  WRITE(*,*) ' ARCHIVOS DE HIDROGRAMAS ? '
  IF (NSP.GT.0) OPEN(3,FILE=' ',STATUS='NEW')
  IF (NSP.GT.4) OPEN(4,FILE=' ',STATUS='NEW')
  IF (NSP.GT.8) OPEN(5,FILE=' ',STATUS='NEW')
ENDIF
C CALCULO DE FACTORES CONSTANTES DE LA CORRIDA
DO 20 I=1,NTOTR
  N=NT(I)
  HR(N)=ZF(N)+Y(N)
C HR(N) COTA DE LA SUPERFICIE LIBRE DEL TRAMO N, EN MTS.
  FMAN(N)=NMAN(N)*NMAN(N)
  TET1(N)=DX(N)/DELTP
  IF(NTU(N).LT.2)GO TO 20
  JJ=NTU(N)
  J=NU(N,JJ)
  TET(N,JJ)=2.*DELTP/(DX(N)+DX(J))
  GTET(N,JJ)=9.81*TET(N,JJ)
  IF(KTIP(N).NE.3)GO TO 20
  TET(N,1)=DELTP/DX(N)
  GTET(N,1)=9.81*TET(N,1)
20 CONTINUE
DO 30 I=1,NRIOS
  NR=NTS(I)
  IF(KTIP(NR).EQ.3)GO TO 30
  DO 25 J=1,NUMP(I)
    TPO(I,J)=TPO(I,J)*3600.
25 CONTINUE
30 CONTINUE
  GEDT=9.81*DELTP
  ADT=0.0
C CALCULO PARA CADA INTERVALO DE TIEMPO ADT,EN SEG.
DO 200 KTIEMP=1,NINTS
  ADT=ADT+DELTP
  DO 40 II=1,NTOTR
    N=NT(II)
    QR(N)=0.
    GAR(N)=0.
40 CONTINUE
  IF(NRIOS.EQ.0)GO TO 55
C CALCULO DE LOS GASTOS DE ENTRADA (HIDROGRAMAS)
DO 50 I=1,NRIOS
  NR=NTS(I)
  IF(KTIP(NR).EQ.3)THEN
    QR(NR)=V(NR)*AREA(NR)
    J=NUMP(I)
    GAR(J)=QR(NR)/DX(J)-GAR(J)
    GASTO(I)=QR(NR)
  
```

```

ELSE
  CALL INTER(NUMP,TPO,ADT,AUX,I,L,LL)
  GASTO(I)-QAVEN(I,LL)+AUX*(QAVEN(I,L)-QAVEN(I,LL))
  QR(NR)-GASTO(I)
ENDIF
50 CONTINUE
WRITE(*,*)'TIEMPO -',ADT/3600.0,' HORAS'
55 IF(NGAS.EQ.0)GO TO 65
C CALCULO DE LOS GASTOS LATERALES
DO 60 I=1,NGAS
  CALL INTER(NQP,TQQ,ADT,AUX,I,L,LL)
  NR=NQ(I)
  GAR(NR)-QQA(I,LL)+AUX*(QQA(I,L)-QQA(I,LL))
60 CONTINUE
C CALCULA FACTORES PARA EL METODO IMPLICITO
65 CALL FACTO(GEDT)
C CREA LA MATRIZ DE RIOS Y RESUELVE
CALL RIOS(NUMP,NRIOS,NTS)
DO 70 II=1,NTOTR
  N=NT(II)
  IF(KTIP(N).EQ.2)GO TO 70
  IF(HR(N).LT.ZF(N))HR(N)-ZF(N)
70 CONTINUE
IF(MOD(KTIEMP,NIMP).NE.0)GO TO 100
C IMPRIME RESULTADOS
WRITE(2,75)ADT/3600.
75 FORMAT(/,10X,'TIEMPO',F14.4,1X,'HORAS',/,/,3X,
4(' RIO GASTO M3/S'),/,/)
WRITE(2,80)(I,GASTO(I),I=1,NRIOS)
80 FORMAT(3(2X,4(I4,F13.3),/))
WRITE(2,85)
85 FORMAT(/,1X,' TRAMO TIRANTE COTA AGUA VELOCIDAD ',5X
,'AREA GASTO ENTRADA ',/,15X,'M.',10X,'M.'
,10X,'M/S',10X,'M2',5X,' AL TRAMO M3/S',5X,/)
100 DO 180 II=1,NTOTR
  N=NT(II)
  Y(N)-HR(N)-ZF(N)
C CALCULA EL GASTO QUE ENTRA AL TRAMO POR SU ANTECESOR
  QS(N)-AREA(N)*V(N)
C CALCULA MAXIMOS DE TIRANTE, VELOCIDAD, GASTO Y TIEMPO DE PICO
  IF (HR(N) .GT. HRMAX(N)) HRMAX(N) = HR(N)
  IF (V(N) .GT. VMAX(N)) VMAX(N) = V(N)
  IF (QS(N) .GT. QMAX(N)) QMAX(N) = QS(N)
  IF (QS(N) .EQ. QMAX(N)) TMAXQ(N) = ADT / 3600.0
C IMPRESION
  ITT=0
  QAC=0.0
  DO 101, IT=1,NTOTR
    IF (NTU(IT).EQ.2) THEN
      IF (N.EQ.NU(IT,2)) THEN
        ITT=ITT+1

```

```

          QAC=QAC+QS(IT)
          IF (ITT.GE.2) THEN
            QS(N)=QAC
          ENDIF
        ENDIF
      ENDIF
101    CONTINUE
        VS=QS(N)/AREA(N)
        IF (MOD(KTIEMP,NIMP).EQ.0) THEN
C          IF (NSP.GT.0) THEN
C            DO 147, I=1,NSP
C              IF (N.EQ.NSN(I)) THEN
C                WRITE (2,140) N,Y(N),HR(N),VS,AREA(N),QS(N)
C              ENDIF
C 147      CONTINUE
C          ELSE
C            WRITE (2,140) N,Y(N),HR(N),VS,AREA(N),QS(N)
C          ENDIF
        ENDIF
140    FORMAT(1X,I7,5F12.3)
180    CONTINUE
        IF (MOD(KTIEMP,NIMPH).EQ.0) THEN
          IF (NSP.LE.0) GOTO 95
          IF (NSP.GT.0.AND.NSP.LE.4) THEN
            WRITE (3,90) ADT/3600.0,(QS(NSN(I)),I=1,NSP)
            GOTO 95
          ELSE
            WRITE (3,90) ADT/3600.0,(QS(NSN(I)),I=1,4)
          ENDIF
          IF (NSP.GT.4.AND.NSP.LE.8) THEN
            WRITE (4,90) ADT/3600.0,(QS(NSN(I)),I=5,NSP)
          ELSE
            WRITE (4,90) ADT/3600.0,(QS(NSN(I)),I=5,8)
          ENDIF
          IF (NSP.GT.8) WRITE (5,90) ADT/3600.0,(QS(NSN(I)),I=9,NSP)
          FORMAT (F8.4,40F12.3)
          90    CONTINUE
          95
        ENDIF
200    CONTINUE
        WRITE(2,210)
210    FORMAT(///,'          TRAMO  COTA MAX.          VEL. MAX.  GASTO MAX.  TIEMPO ,
          ./,15X,'M',8X,'          M/S',7X,'M3/S          HRS.',/)
220    FORMAT(I8,2X,4F10.3)
        DO 230 I=1,NTOTR
          N=NT(I)
          WRITE(2,220) N,HRMAX(N),VMAX(N),QMAX(N),TMAXQ(N)
230    CONTINUE
        CLOSE (2)
        CLOSE (3)
        STOP
        END

```

```

C -----
SUBROUTINE INTER(NP,T,ADT,AUX,I,L,L1)
C SUBROUTINA DE INTERPOLACION LINEAL
DIMENSION NP(21),T(21,30)
IF(ADT.GT.T(I,NP(I))) GO TO 3
DO 2 L=2, NP(I)
    IF(ADT.LT.T(I,L))GO TO 4
2 CONTINUE
3 L1=NP(I)
  AUX=0.0
  RETURN
4 L1=L-1
  AUX=(ADT-T(I,L1))/(T(I,L)-T(I,L1))
  RETURN
END
C -----
SUBROUTINE FACTO(GEDT)
C SUBROUTINA PARA EL CALCULO DE FACTORES DEL METODO IMPLICITO
C SE CALCULAN E(N),FRIC(N,JJ),GF(N,JJ) Y LLAMA A LA SUBROUTINA
C SECNAT PARA EL CALCULO DE LA GEOMETRIA DE LAS SECCIONES
COMMON/S1/NTOTR,NTU(88),NU(88,2),KTIP(88),NT(88)
COMMON/S2/Y(88),DX(88)
COMMON/S3/V(88),HR(88),QR(88),DELTP
COMMON/FSEC/AREA(88),RADI(88),AN(88)
COMMON/PPF/TET(88,2),TET1(88),E(88),FRIC(88,2),FMAN(88)
      ,GTET(88,2),GF(88,2)
DO 100 II=1,NTOTR
  N=NT(II)
  IF(NTU(N).LT.2)GO TO 100
  K=NU(N,1)
  IF(K.NE.0)GO TO 10
  MM=2
C LLAMA A SECNAT PARA LA PRIMERA SECCION AGUAS ARRIBA
  CALL SECNAT(N,J,MM)
  V(N)=QR(N)/AREA(N)
  IF(KTIP(N).NE.3)GO TO 10
  R=FMAN(N)*GEDT*ABS(V(N))/(RADI(N)**1.333)
  C=(V(NU(N,2))-V(N))*TET(N,1)/2.
  FRIC(N,1)=1./(1.+C+R)
  GF(N,1)=GTET(N,1)*FRIC(N,1)
10 ANR=0.0
  JJ=NTU(N)
  J=NU(N,JJ)
  VJ1=0.0
  IF(KTIP(J).EQ.2)GO TO 30
  IF(NTU(J).LT.2)GO TO 30
  J2=NTU(J)
  J1=NU(J,J2)
  VJ1=V(J1)
  GO TO 40
30 VJ1=V(J)

```

```

40 C=(VJ1-V(N))*TET(N,JJ)/2.
MM-1
C LLAMA A SECNAT PARA CUALQUIER SECCION
CALL SECNAT(N,J,MM)
R=FMAN(J)*GEDT*ABS(V(J))/(RADI(J)**1.3333)
FRIC(N,JJ)=1./(1.+C+R)
GF(N,JJ)=GTET(N,JJ)*FRIC(N,JJ)
ANR=ANR+AN(J)
ANCHO=(ANR+AN(N))/2.
E(N)=ANCHO*TET1(N)
100 CONTINUE
RETURN
END
C -----
SUBROUTINE SECNAT(N,J,MM)
C SUBROUTINA PARA EL CALCULO DEL AREA, PERIMETRO MOJADO, RADIO
C HIDRAULICO Y ANCHO DE LA SUPERFICIE LIBRE EN SECCIONES DE
C RIOS NATURALES
C PO PERIMETRO MOJADO
C AREA AREA HIDRAULICA
C BO ANCHO DE LA SUPERFICIE LIBRE
C RADI RADIO HIDRAULICO
COMMON/S2/Y(88),DX(88)
COMMON/FSEC/AREA(88),RADI(88),AN(88)
COMMON/S11/JO(88),ZF1(88),SX(21,88),SY(21,88)
DIMENSION XS(21),YS(21)
GO TO(10,5)MM
5 TI=Y(N)
J=N
GO TO 20
10 TI=Y(N)+(Y(J)-Y(N))*DX(N)/(DX(N)+DX(J))
20 SO=0.
BO=0.
PO=0.
TI=TI+ZF1(J)
DO 30 L=1,JO(J)
XS(L)=SX(L,J)
30 YS(L)=SY(L,J)
LJ=1
50 DO 60 L=LJ,JO(J)
IF(L.EQ.JO(J))GO TO 140
IF(TI.GE.YS(L+1))GO TO 70
60 CONTINUE
70 LJ=L+1
W1=XS(LJ)-(XS(LJ)-XS(L))/(YS(L)-YS(LJ))*(TI-YS(LJ))
SO=SO+W1*YS(LJ)-XS(LJ)*TI
PO=PO+((XS(LJ)-W1)**2+(TI-YS(LJ))**2)**0.5
LJJ=JO(J)-1
DO 90 L=LJ,LJJ
L1=L+1
IF(TI-YS(L1))100,120,80

```

```

80   SO-SO+XS(L)*YS(L1)-XS(L1)*YS(L)
      PO-PO+((XS(L1)-XS(L))**2+(YS(L1)-YS(L))**2)**0.5
90 CONTINUE
100 LJ-L1
      IF(YS(LJ).EQ.YS(L))GO TO 110
      W2=XS(LJ)-(XS(LJ)-XS(L))/(YS(LJ)-YS(L))*(YS(LJ)-TI)
      GO TO 130
110 W2=XS(LJ)
      GO TO 130
120 LJ-L1
      W2=XS(LJ)
130 SO-SO+XS(L)*TI-W2*YS(L)
      PO-PO+((W2-XS(L))**2+(TI-YS(L))**2)**0.5
      SO-SO+W2*TI-W1*TI
      BO-BO+W2-W1
      IF(L.LT.JO(J))GO TO 50
140 AREA(J)-SO/2.
      PER-PO
      RADI(J)-AREA(J)/PER
      AN(J)-BO
      RETURN
      END
-----
C   SUBROUTINE DATA
C   LECTURA E IMPRESION DE DATOS DE ENTRADA
      REAL NMAN
      COMMON/D1/NMAN(88),NTS(21),ZF(88)
      COMMON/S1/NTOTR,NTU(88),NU(88,2),KTIP(88),NT(88)
      COMMON/S2/Y(88),DX(88)
      COMMON/S3/V(88),HR(88),QR(88),DELTP
      COMMON/PA/ NUMP(21),TPO(21,30),QAVEN(21,30),GASTO(21)
      COMMON/S11/JO(88),ZF1(88),SX(21,88),SY(21,88)
      COMMON/DAT/NRIOS,NINTS,NIMP,NGAS
      COMMON/GA/NQ(21),NQP(30),TQQ(21,30),QQA(21,30)
      COMMON/SP/NSP,NIMPH,NSN(88)
      CHARACTER*4 TIT(20)
      READ(1,10)(TIT(I),I=1,20)
C   TIT TITULO DE LA SIMULACION
10  FORMAT(20A4)
      WRITE(2,15)(TIT(I),I=1,20)
15  FORMAT(15X,10A4)
      READ(1,110)DELTP,TMAX
C   DELTP INCREMENTO DE TIEMPO, EN SEG.
C   TMAX TIEMPO MAXIMO DE CALCULO, EN HR.
110 FORMAT(10F8.0)
      NINTS=TMAX*3600./DELTP+1.
      READ(1,*) NSP,NIMPH
C   NSP NUMERO DE SECCIONES EN LAS QUE SE DESEA DETERMINAR UN
C   HIDROGRAMA
C   NIMPH FRECUENCIA DE IMPRESION DEL HIDROGRAMA
      IF(NSP.GT.0) READ(1,111)(NSN(I),I=1,NSP)

```

```

C      NSN(I) SECCION EN LA QUE SE DETERMINARA UN HIDROGRAMA
111  FORMAT(40I5)
      READ(1,120)NTOTR,NRIOS,NIMP,NGAS,IOP
C      NTOTR NUMERO TOTAL DE TRAMOS DE RIO
C      NRIOS NUMERO DE RIOS
C      NIMP FRECUENCIA DE IMPRESION
C      NGAS NUMERO DE GASTOS LATERALES
C      IOP BANDERA PARA IMPRESION DE DATOS DE ENTRADA
120  FORMAT(16I5)
      IF(IOP.NE.1)GO TO 16
      WRITE(2,115)
115  FORMAT(5(/),4X,'INT TIEMPO',8X,'N TRAMOS',4X,'N RIOS'
      ,3X,'INT POR SIMULAR INT IMPRESION GASTOS LATERALES',/)
      WRITE(2,125)DELTP,NTOTR,NRIOS,NINTS,NIMP,NGAS
125  FORMAT(4X,F10.2,2(7X,I5),10X,I5,2(12X,I5),/)
      WRITE(2,135)
135  FORMAT(/,4X,'TRAMO TRAMOS ANTECESOR',2X,'SUCEADOR',5X,
      . 'KTIPO',5X,'COTA FONDO LONGITUD N DE',7X,'TIRANTE ',',VEL.
      .OCIDAD ',12X,'CONECTADOS',34X,'CENTRO TRAMO TRAMO MA'
      . 'NNING INICIAL INICIAL ',/)
C      LECTURA DE LA CONFIGURACION DE LA RED
16  DO 20 I=1,NTOTR
      READ(1,120)N,KTIP(N),NTU(N),(NU(N,K),K=1,NTU(N))
C      N NUMERO DEL TRAMO
C      KTIP(N) TIPO DE ELEMENTO
C      -1 ELEMENTO CUALQUIERA
C      -2 ELEMENTO DE TIRANTE CONSTANTE
C      -3 ELEMENTO INICIAL DE DERIVACION
C      NTU(N) NUMERO DE TRAMOS ASOCIADOS
C      NU(N,K) NUMERO DEL ASOCIADO
C      K=1 ANTECESOR
C      K=2 SUCEADOR
      NT(I)=N
20  CONTINUE
      DO 30 I=1,NTOTR
      READ(1,130)N,ZF(N),DX(N),NMAN(N),Y(N),V(N)
C      N NUMERO DEL TRAMO
C      ZF(N) COTA DEL FONDO AL CENTRO DEL TRAMO N, EN MTS.
C      DX(N) LONGITUD DEL TRAMO N, EN MTS.
C      NMAN(N) COEFICIENTE DE MANNING DEL TRAMO N
C      Y(N) TIRANTE INICIAL AL CENTRO DEL TRAMO N, EN MTS.
C      V(N) VELOCIDAD INICIAL AL PRINCIPIO DEL TRAMO N, ES M/SEG
130  FORMAT(I5,9F8.0)
      IF(IOP.NE.1)GO TO 30
      WRITE(2,137)N,NTU(N),(NU(N,K),K=1,2),KTIP(N),ZF(N)
      ,DX(N),NMAN(N),Y(N),V(N)
137  FORMAT(2X,I5,5X,I5,7X,I5,4X,I5,6X,I5,2F14.2,F10.3,2F13.2)
30  CONTINUE
C      DATOS PARA CADA SECCION, LA GEOMETRIA SE DEFINE AL PRINCIPIO
C      DEL TRAMO
      DO 50 I=1,NTOTR

```

```

      READ(1,140)N,JO(N),ZF1(N)
C     N     NUMERO DEL TRAMO
C     JO(N)  NUMERO DE PUNTOS DE LA SECCION TRANSVERSAL
C     ZF1(N) COTA DEL PUNTO MAS BAJO DE LA SECCION, EN MTS.
140  FORMAT(2I4,4F10.0)
      READ(1,150)(SX(J,N),SY(J,N),J-1,JO(N))
C     SX(J,N) CADENAMIENTO DEL PUNTO J DE LA SECCION N, EN MTS.
C     SY(J,N) ELEVACION DEL PUNTO J DE LA SECCION N, EN MTS.
150  FORMAT(F6.1,F7.1)
      IF(IOP.NE.1)GO TO 50
      WRITE(2,138)N,JO(N),ZF1(N)
138  FORMAT(//,20X,'SECCION',5X,'PUNTOS DE LA SEC TRANSVERSAL',15X
      , 'ELEVACION MAS BAJA(M)',/,19X,I5,15X,I5,34X,F10.3)
      WRITE(2,139)(SX(J,N),SY(J,N),J-1,JO(N))
139  FORMAT(/,4X,4('  ABCISA  ELEVACION  '),/,
      4(3X,F9.2,4X,F9.2))
50  CONTINUE
      IF(NRIOS.EQ.0)GO TO 75
      IF(IOP.NE.1)GO TO 69
      WRITE(2,165)
165  FORMAT(4(//),50X,'HIDROGRAMAS')
      WRITE(2,155)
155  FORMAT(5X,'TRAMO DONDE CONECTA     NUM PUNTOS
      4('TIEMPO     GASTO  '))
C     LECTURA E IMPRESION DE HIDROGRAMAS Y TRAMOS DE ENTRADA
69  DO 70 I=1,NRIOS
      READ(1,1200)NTS(I),NUMP(I)
1200 FORMAT(2I5)
C     NTS(I)  TRAMO DONDE CONECTA EL HIDROGRAMA
C     SI KTIP(NTS(I))-1
C     NUMP(I) NUMERO DE PUNTOS DEL HIDROGRAMA
C     SI KTIP(NTS(I))-3
C     NUMP(I) NUMERO DEL ANTECESOR
      NR=NTS(I)
      IF(KTIP(NR).EQ.3)GO TO 70
      READ(1,1100)(TPO(I,J),QAVEN(I,J),J-1,NUMP(I))
1100 FORMAT(F8.1,F8.2)
C     TPO(I,J) TIEMPO EN QUE SE DA EL HIDROGRAMA EN HR.
C     QAVEN(I,J) GASTO DEL HIDROGRAMA EN M3/S
      IF(IOP.NE.1)GO TO 70
      WRITE(2,175)NTS(I),NUMP(I),(TPO(I,J),QAVEN(I,J),J-1,NUMP(I))
175  FORMAT(/,8X,I5,14X,I5,4X,4(F8.0,F10.4),/,
      5(36X,4(F8.0,F10.4)),/)
70  CONTINUE
75  IF(NGAS.EQ.0)GO TO 85
      IF(IOP.NE.1)GO TO 79
      WRITE(2,185)
185  FORMAT(//,50X,'HIDROGRAMAS DE GASTO LATERAL')
      WRITE(2,155)
C     LECTURA DE HIDROGRAMAS DE GASTOS LATERALES
79  DO 80 I=1,NGAS

```

```

      READ(1,1200)NQ(I),NQP(I)
C      NQ(I)   TRAMO DONDE CONECTA EL HIDROGRAMA
C      NQP(I)  NUMERO DE PUNTOS DEL HIDROGRAMA
      READ(1,1250)(TQQ(I,J),QQA(I,J),J-1,NQP(I))
1250  FORMAT(F8.1,F8.5)
C      TQQ(I,J) TIEMPO EN QUE SE DA EL HIDROGRAMA EN HR.
C      QQA(I,J) GASTO LATERAL, EN M3/S POR UNIDAD DE
C              LONGITUD DE RIO
      IF(IOP.EQ.1)WRITE(2,175)NQ(I),NQP(I),(TQQ(I,J),QQA(I,J),
      ,J-1,NQP(I))
80  CONTINUE
85  RETURN
      END
C
-----
C      SUBROUTINE INIT
C      SUBROUTINA DE INICIALIZACION, SOLO SE USA SI LA VERSION DE
C      COMPUTADORA USADA NO INICIALIZA LAS VARIABLES EN CERO
      REAL NMAN
      COMMON/DL/NMAN(88),NTS(21),ZF(88)
      COMMON/S1/NTOTR,NTU(88),NU(88,2),KTIP(88),NT(88)
      COMMON/S2/Y(88),DX(88)
      COMMON/S3/V(88),HR(88),QR(88),DELTP
      COMMON/PA/ NUMP(21),TPO(21,30),QAVEN(21,30),GASTO(21)
      COMMON/FSEC/AREA(88),RADI(88),AN(88)
      COMMON/PPF/TET(88,2),TET1(88),E(88),FRIC(88,2),FMAN(88)
      ,GTET(88,2),GF(88,2)
      COMMON/S11/JO(88),ZF1(88),SX(21,88),SY(21,88)
      COMMON/S13/GAR(88)
      COMMON/DAT/NRIOS,NINTS,NIMP,NGAS
      COMMON/GA/NQ(21),NQP(30),TQQ(21,30),QQA(21,30)
      COMMON/HUEC/A(88,88),M(88,88),B(88),NAS(88)
      COMMON/QST/QS(88)
      DO 30 II=1,88
      B(II)=0.0
      NAS(II)=0
      NMAN(II)=0.0
      ZF(II)=0.0
      NTU(II)=0
      KTIP(II)=0
      NT(II)=0
      Y(II)=0.0
      DX(II)=0.0
      V(II)=0.0
      HR(II)=0.0
      QR(II)=0.0
      AREA(II)=0.0
      RADI(II)=0.0
      AN(II)=0.0
      TET1(II)=0.0
      E(II)=0.0
      FMAN(II)=0.0

```

```

      JO(II)-0.0
      ZF1(II)-0.0
      GAR(II)-0.0
      QS(II)-0.0
      DO 10 JJ-1,10
          SX(JJ,II)-0.0
          SY(JJ,II)-0.0
10    CONTINUE
      DO 20 JJ-1,2
          NU(II,JJ)-0
          TET(II,JJ)-0.0
          FRIC(II,JJ)-0.0
          GTET(II,JJ)-0.0
          GF(II,JJ)-0.0
20    CONTINUE
      DO 30 JJ-1,88
          A(II,JJ)-0.0
          M(II,JJ)-0.0
30    CONTINUE
      DO 50 II-1,21
          NTS(II)-0
          NUMP(II)-0
          GASTO(II)-0.0
          NQ(II)-0
          DO 40 JJ-1,30
              TPO(II,JJ)-0.0
              QAVEN(II,JJ)-0.0
              TQQ(II,JJ)-0.0
              QQA(II,JJ)-0.0
40    CONTINUE
50    CONTINUE
      DO 60 II-1,30
          NQP(II)-0
60    CONTINUE
      RETURN
      END

```

C

 SUBROUTINE RIOS(NUMP,NRIOS,NTS)

C

SUBROUTINA PARA LA FORMACION DE LA MATRIZ DE RIOS Y SOLUCION

C

DEL SISTEMA

COMMON/S1/NTOTR,NTU(88),NU(88,2),KTIP(88),NT(88)

COMMON/S2/Y(88),DX(88)

COMMON/S3/V(88),HR(88),QR(88),DELTP

COMMON/FSEC/AREA(88),RADI(88),AN(88)

COMMON/PPF/TET(88,2),TET1(88),E(88),FRIC(88,2),FMAN(88)

,GTET(88,2),GF(88,2)

COMMON/S13/GAR(88)

COMMON/HUEC/A(88,88),M(88,88),B(88),NAS(88)

DIMENSION KT(88),BV(88,2),NUMP(21),NTS(21)

DATA PH,PH1/0.6,0.4/

NE-0

```

DO 1 II=1,NTOTR
  KT(II)=0
  BV(II,1)=0.0
1  BV(II,2)=0.0
DO 20 II=1,NTOTR
  N=NT(II)
  IF(KTIP(N).EQ.2)GO TO 20
  NE=NE+1
  KT(N)=NE
  B(NE)=0.0
  NAS(NE)=0
  DO 10 J=1,50
    M(NE,J)=0
10  A(NE,J)=0.0
20 CONTINUE
  NE=0
  LANO=0
C  FORMACION DE LA MATRIZ
DO 80 II=1,NTOTR
  N=NT(II)
  IF(KTIP(N).EQ.2)GO TO 80
  NE=NE+1
  M(NE,1)=NE
  A(NE,1)=A(NE,1)+E(N)
  B(NE)=B(NE)+HR(N)*E(N)+GAR(N)*DX(N)+QR(N)
  IF(KTIP(N).EQ.3)THEN
    FEO=GF(N,1)*AREA(N)
    A(NE,1)=A(NE,1)+FEO*PH
    DO 30 IR=1,NRIOS
      NR=NTS(IR)
      IF(KTIP(NR).EQ.3 .AND. N.EQ.NR)JAR=NUMP(IR)
30  CONTINUE
    BV(N,1)=(V(N)+GAR(JAR)*DELTP*(-V(N))/AREA(N))*FRIC(N,1)+
      PH1*GF(N,1)*(HR(JAR)-HR(N))
    BA=BV(N,1)*AREA(N)
    B(NE)=B(NE)+PH*FEO*HR(JAR)
  ENDF
  IF(NTU(N) LT. 2)GO TO 80
  JJ=NTU(N)
  J=NU(N,JJ)
  JV=KT(J)
  LAN=IABS(JV-NE)
  IF(LAN.GT.LANO)LANO=LAN
  FEO=GF(N,JJ)*AREA(J)
  A(NE,1)=A(NE,1)+FEO*PH
  BV(N,JJ)=(V(J)+GAR(N)*DELTP*(-V(J))/AREA(J))*FRIC(N,JJ)+
    PH1*GF(N,JJ)*(HR(N)-HR(J))
  BA=BV(N,JJ)*AREA(J)
  B(NE)=B(NE)-BA
  IF(KTIP(J).EQ.2)GO TO 65
  DO 40 NA=2,8

```

```

      IF(A(NE,NA).EQ.0.)GO TO 45
40  CONTINUE
45  NAS(NE)-NA
    M(NE,NA)-JV
    A(NE,NA)--PH*FEO
    A(JV,1)-A(JV,1)+FEO*PH
    B(JV)-B(JV)+BA
    DO 50 JA=2,8
      IF(A(JV,JA).EQ.0)GO TO 60
50  CONTINUE
60  NAS(JV)-JA
    M(JV,JA)-NE
    A(JV,JA)--PH*FEO
    GO TO 70
65  B(NE)-B(NE)+PH*HR(J)*FEO
70  CONTINUE
80  CONTINUE
    LB=LANO
C   LLAMA A HUECA PARA RESOLVER EL SISTEMA DE ECUACIONES
    CALL HUECA(NE, LB)
    NE=0
    DO 85 II=1,NTOTR
      N=NT(II)
      IF(KTIP(N).EQ.2)GO TO 85
      NE=NE+1
C   ASIGNA VALORES AL VECTOR HR
      HR(N)=B(NE)
85  CONTINUE
    DO 90 II=1,NTOTR
      N=NT(II)
C   CALCULO DE LA VELOCIDAD
      IF(NTU(N).LT.2)GO TO 90
      JJ=NTU(N)
      J=NU(N,JJ)
      FQ=GF(N,JJ)*PH*(HR(N)-HR(J))
      V(J)=FQ+BV(N,JJ)
      IF(KTIP(N).NE.3)GO TO 90
      DO 87 IR=1,NRIOS
        NR=NTS(IR)
        IF(KTIP(NR).EQ.3 .AND. N.EQ.NR)JAR=NUMP(IR)
87  CONTINUE
      FQ=GF(N,1)*PH*(HR(JAR)-HR(N))
      V(N)=FQ+BV(N,1)
      GAR(JAR)--V(N)*AREA(N)/DX(JAR)
90  CONTINUE
    RETURN
    END
C   -----
C   SUBROUTINE HUECA(NUDOS, LB)
C   SUBROUTINA PARA LA SOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES
C   UTILIZA EL METODO DE ELIMINACION DE GAUSS

```

```

C      A      MATRIZ DE COEFICIENTES
C      M      MATRIZ CON EL ORDEN DE LOS COEFICIENTES
C      NAS    NUMERO DE ELEMENTOS DIFERENTES DE CERO EN
C          CADA RENGLON
C      B      AL ENTRAR: VECTOR DE TERMINOS INDEPENDIENTES
C          AL SALIR : VECTOR SOLUCION
COMMON/HUEC/A(88,88),M(88,88),B(88),NAS(88)
DO 30 N=1,NUDOS
    DEN=1./A(N,1)
    B(N)=B(N)*DEN
    DO 20 J=1,NAS(N)
        A(N,J)=A(N,J)*DEN
20    CONTINUE
30    CONTINUE
C      ELIMINACION DE LOS ELEMENTOS DEBAJO DE LA DIAGONAL PRINCIPAL
DO 180 N=1,NUDOS-1
    IF(A(N,1).EQ.0.)WRITE(2,500)N
500    FORMAT(/,20X,'DIAGONAL PRINCIPAL CERO EN LA ECUACION',I5)
    DEN=1./A(N,1)
    DO 40 J=2,NAS(N)
40    A(N,J)=A(N,J)*DEN
        B(N)=B(N)*DEN
        A(N,1)=1.
        IF(NAS(N).LE.1)GO TO 180
        NI=N+1
        NF=NI+LB
    DO 150 I=NI,NF
        IF(I.GT.88)GO TO 150
        DO 50 L=2,NAS(I)
50    IF(N.EQ.M(I,L))GO TO 60
        GO TO 150
60    FAC=-A(I,L)
        B(I)=B(I)+FAC*B(N)
        KRL=0
        NA=NAS(I)-1
        DO 100 K=2,NAS(N)
            DO 70 JJ=1,NAS(I)
                IF(JJ.EQ.L)GO TO 70
                IF(M(I,JJ).EQ.M(N,K))GO TO 80
70    CONTINUE
        IF(KRL.EQ.1)GO TO 90
        A(I,L)=FAC*A(N,K)
        M(I,L)=M(N,K)
        NA=NA+1
        KRL=1
        GO TO 100
80    A(I,JJ)=A(I,JJ)+FAC*A(N,K)
        GO TO 100
90    NA=NA+1
        A(I,NA)=FAC*A(N,K)
        M(I,NA)=M(N,K)

```

```

100     CONTINUE
        IF(NA.GE.NAS(I))GO TO 140
        DO 120 K=2,NAS(I)-1
            IF(K.LT.L)GO TO 120
            K1=K+1
            M(I,K)=M(I,K1)
            A(I,K)=A(I,K1)
120     CONTINUE
140     NAS(I)=NA
150     CONTINUE
180     CONTINUE
C      CALCULO DE LAS INCOGNITAS POR SUSTITUCION HACIA ARRIBA
        B(NUDOS)=B(NUDOS)/A(NUDOS,1)
        DO 200 I=1,NUDOS-1
            N=NUDOS-I
            IF(NAS(N).LE.1)GO TO 200
            DO 190 K=2,NAS(N)
                L=M(N,K)
                IF(L.EQ.0)GO TO 190
                B(N)=B(N)-A(N,K)*B(L)
190     CONTINUE
200     CONTINUE
        RETURN
        END

```

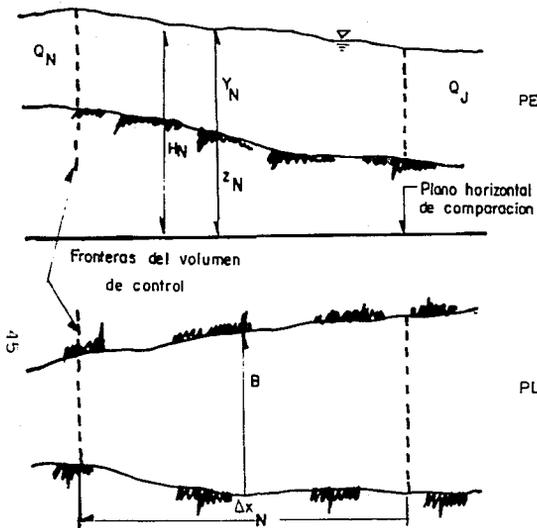


FIG. 4.1

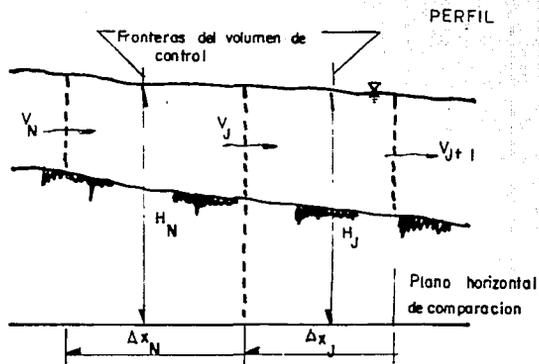


FIG. 4.2

volumen de control para la ecuacion de cantidad de movimiento

Volumen de control para la ecuacion de conservacion de masa (continuidad)

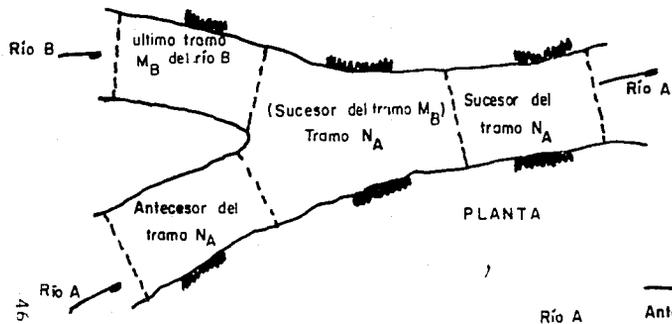


FIG. 4.3 Esquema de la union de dos ríos

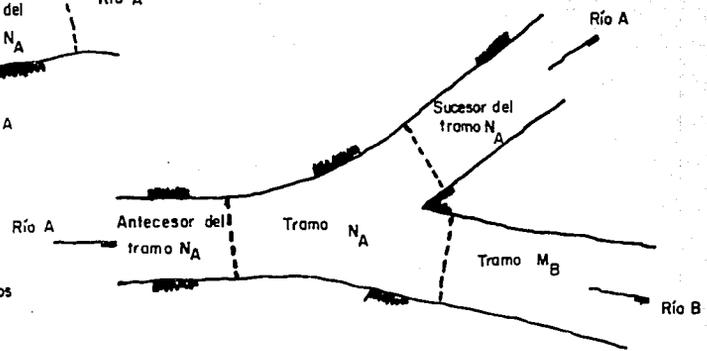


FIG. 4.4 Esquema de la bifurcacion de un río.

5. FUNCIONAMIENTO EN ESTIAJE

El objetivo de este capítulo es presentar el análisis y los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas en época de estiaje con el programa CANAL, para las zonas Caltogo y Atlapulco.

Debido a que los análisis son similares, se decidió para este trabajo solo presentar los resultados de estas dos zonas. El detalle de la formación de los sistemas a simular y los archivos de datos se presentaron en el capítulo anterior.

Para realizar las simulaciones en época de estiaje el programa se

alimentó con hidrogramas de entrada constantes. En el caso de las zonas Caltongo y Atlapulco el valor del gasto de entrada fué de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ para cada una, ya que reciben agua tratada de las tuberías provenientes de la Planta del Cerro de la Estrella, como se indica en el plano 1. En el caso de las zonas dependientes el hidrograma de entrada constante se dá por el gasto descargado de las zonas de mayor nivel a éstas.

El análisis del movimiento del agua para las diferentes zonas se realizó tomando en cuenta los efectos que tendrían entre sí, de manera de obtener las condiciones que favorecen el movimiento en el mayor número de canales.

En las primeras simulaciones se ingresaba $1 \text{ m}^3/\text{s}$ por las secciones de entrada de la zona, cualquiera que esta fuera, y se realizaban combinaciones tanto de las secciones de entrada como de salida. El resultado sirvió para analizar en forma individual la alternativa de funcionamiento que presentara el mayor movimiento del agua en la zona.

El procedimiento que se siguió, para analizar en conjunto dos o más zonas, fue realizar las simulaciones de las zonas independientes, es decir las que reciben agua a través de una tubería y no proveniente de otra zona, y con los resultados arrojados por esas simulaciones alimentar el archivo de datos de las zonas dependientes, es decir de las zonas que se encuentran unidas a otras de mayor nivel de agua.

La tabla 5.1 se refiere a las simulaciones realizadas sin tomar en cuenta la rectificación de los canales propuesta en el "Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Rectificación de Canales de Xochimilco" realizado en 1990 por la DGOH, y la tabla 5.2 contiene las simulaciones realizadas con dicha rectificación. Con estas tablas se pretende exponer las condiciones generales

(entradas y salidas de agua) para cada simulación de manera que cuando se haga mención de ellas sean fácilmente identificables. Las tablas están formadas por nueve columnas con los datos siguientes:

las 5 primeras columnas se refieren a las condiciones de entrada de la zona en análisis; la columna 1 indica el nombre dado a la simulación de manera que se pueda ubicar rápidamente a que corrida se hace referencia a lo largo del presente trabajo; está formada por la letra que indica la zona que se simula (C-Caltongo, A-Atlapulco) y el número de simulación de esa zona. En el caso de las simulaciones de la tabla 5.2 se agrega además la letra "R" para diferenciarlas de las no rectificadas.

La columna 2 corresponde a las secciones que tienen un hidrograma de entrada diferente de cero (por donde se ingresa agua a la zona), columna 3 el número de estructura de seccionamiento, columna 4 la zona de procedencia del agua y columna 5 el gasto en m^3/s que se recibe de ella. Por ejemplo, para el caso de la simulación C1, correspondiente a la zona Caltongo (columna 1) el agua ingresa por la sección 1 (columna 2), que corresponde a la estructura de seccionamiento 1 (columna 3) y proviene de una tubería de agua tratada (columna 4) que descarga un gasto de $1 m^3/s$ según se indica en la columna 5.

Las siguientes columnas se refieren a las condiciones de salida de la zona en análisis; la columna 6 corresponde a las secciones de cálculo de salida que permanecen abiertas durante la simulación, la 7 al número de la estructura de seccionamiento, la 8 a la zona a la que es descargada el agua y la 9 al gasto en m^3/s que sale por cada una de estas secciones. Por ejemplo, la simulación C1 de la Zona Caltongo

(columna 1), tiene como sección de salida la número 10 (columna 6), que le corresponde la estructura de seccionamiento número 3 (columna 7), la descarga se realiza a la Zona San Gregorio o S (columna 8) y el gasto que sale por ella es de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (columna 9).

Las zonas Caltongo, Atlapulco son independientes, es decir que el gasto de ingreso no depende de otra zona sino de la tubería que las alimenta; mientras que si las zonas Caltongo y Atlapulco dependieran de alguna zona aguas arriba se indicaría esta condición con el nombre de la simulación de que dependen aguas arriba.

5.1 Análisis por zona en particular

Primeramente se estudió cada zona por separado, principalmente para conocer las velocidades máximas del agua en algunos canales aislados variando las secciones de entrada y salida, con lo que además se pudo apreciar de manera general las condiciones que provocan movimiento en el mayor número de canales o secciones de cálculo. Las condiciones generales consideradas en estas simulaciones se pueden consultar en las tablas 5.1 y 5.2. A continuación se comentan los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas para las zonas Caltongo y Atlapulco.

5.1.1 Zona Caltongo. Simulaciones C

Se analizaron dos posibles entradas en las secciones 1 y 13 con salidas en la sección 10. Para la primera simulación, que corresponde a la C1 de las tablas 5.1 y 5.2, se tiene mayor número de canales con movimiento de agua, como se puede ver en la tabla 5.3 referente a las velocidades medias en cada sección de la zona; mientras que si entra el agua en la sección 13, simulación C2 de las tablas 5.1 y 5.2, solo un canal tiene movimiento pero con

velocidades mayores, del orden de 0.070 m/s. Lo mismo acontece con las secciones rectificadas, en donde la velocidad máxima que se tiene es de 0.100 m/s, como se observa en la misma tabla 5.3.

5.1.2 Zona Atlapulco. Simulaciones A

Para la Zona Atlapulco se estudió con una sola entrada en la sección 1 y con once posibles salidas que descargan a las zonas de San Gregorio (dos salidas), Laguna (ocho salidas) y Norte (una salida). Se efectuaron nueve simulaciones, que se indican en las tablas 5.1 y 5.2 como las A1 a la A9, en las que se hizo variar las salidas a las zonas aguas abajo: con todas ellas, con descargas a una de las zonas únicamente, con una o varias salidas. En las tablas 5.4 y 5.5 se muestran las velocidades obtenidas en estas simulaciones, sin rectificación en la primera y con rectificación en la segunda. Se observa en las tablas anteriores que el movimiento del agua se logra al usar una de las salidas, por lo que mayor será el número de canales con movimiento mientras mayor sea el número de salidas abiertas; por otra parte, se tendrán velocidades mayores cuando se concentre el agua en una sola salida.

5.2 Funcionamiento en conjunto

Posterior al estudio para cada zona, se realizó un análisis englobando las zonas que tienen relación entre ellas, es decir desde su entrada por medio de tuberías con agua tratada hasta su descarga final en la Laguna de San Gregorio. Las posibles combinaciones de funcionamiento formaron veintitres grupos de simulaciones que se analizaron sin rectificación y con ella. Para identificar rápidamente, a manera de ejemplo, las condiciones generales que se describen en cada grupo de simulaciones se puede consultar las tablas 5.1 y 5.2. Las combinaciones presentadas corresponden a las simulaciones en las que

intervienen las zonas Caltongo y Atlapulco:

C1-S2	A9-S10-L8	C1-A1-S11-L5-T1-P5-N7
C1-A2-S1	A3-L1	
A2-S3	A4-T7-P1-N5	

Después de un análisis general de las simulaciones en conjunto anteriores se seleccionaron las que presentan mayor número de canales con movimiento del agua para analizar su funcionamiento hidráulico. Estas simulaciones se describen a continuación con ayuda de la tabla 5.6 para la simulación C1-S2 en donde se presentan los gastos en cada sección de cálculo y para cada zona involucrada señalándose las entradas y salidas del agua en cada una de ellas, lo mismo se presenta para la simulación C1-A1-S11-L5-T1-P5-N7 en las tablas 5.7 y 5.8.

5.2.1 Simulaciones Caltongo 1-San Gregorio 2

El agua tratada pasa por la Zona Caltongo a la de San Gregorio y sale por dos sitios a la Laguna de San Gregorio. Al simularse esta posibilidad, se tiene movimiento del agua en todos los canales que no tienen algún extremo muerto de alguna de las zonas. Ver tabla 5.6. Las descargas a la Laguna de San Gregorio prácticamente del mismo caudal, por lo que se reparte el agua en forma uniforme.

5.2.2 Simulaciones Caltongo 1 - Atlapulco 2 - San Gregorio 1

Esta simulación presenta el caso de que hubiera dos entregas de agua tratada, una en Caltongo y otra en Atlapulco y que toda el agua saliera por las dos descargas de la Zona San Gregorio. En la Zona Atlapulco solo funcionan dos salidas por lo que prácticamente el 80% de sus canales no tiene movimiento de agua, pero es la condición de mayor movimiento para la zona de San Gregorio.

5.2.3 Simulaciones Atlapulco 2 - San Gregorio 3

Esta simulación es complementaria a la del inciso 5.2.1, ya que en esa el agua tratada entra solo por Caltongo y en ésta entra solo por Atlapulco.

5.2.4 Simulaciones Atlapulco 9 - San Gregorio 10 - Laguna 8

Teniéndose agua tratada solo en Atlapulco y repartiéndola para las Zonas de San Gregorio y Laguna, con todas las intercomunicaciones y descargas abiertas, esta operación permite que la mayoría de los canales de las tres zonas tengan movimiento.

5.2.5 Simulaciones Atlapulco 3 - Laguna 1

Para mover el agua con las velocidades más grandes posibles en la Zona Laguna, se permite el paso a ella de toda el agua tratada de la Zona Atlapulco.

5.2.6 Simulaciones Atlapulco 4 - Turística 7
Plantera 1 - Norte 5

La Zona Atlapulco manda todo su caudal a la Zona Norte, al igual que la Turística, pero pasando una parte por la Plantera. Esta operación en combinación con la del inciso 5.2.1 provocaría movimiento en todas las zonas excepto en la Zona Laguna.

5.2.7 Simulaciones Caltongo 1 - Atlapulco 1
San Gregorio 11 - Laguna 5
Turística 1 - Plantera 5
Norte 7

En el caso de tener tres entregas de agua tratada, cada una de 1 m³/s, en las Zonas de Caltongo, Atlapulco y la Turística, en esta

última repartida en tres sitios, se tiene el movimiento del agua en el mayor número de canales, con los caudales que se muestran en las tablas 5.7 y 5.8. De los 3 m³/s de entrada, 1 m³/s se descarga a la Laguna de San Gregorio por la Zona Norte, 0.3 m³/s por la Zona Laguna y 1.7 m³/s por la Zona San Gregorio.

**TABLA 5.1
SIMULACIONES SIN RECTIFICACION**

SIM	SEC ENT	No. SECC	VIENE DE LA ZONA	GASTO m3/s	SEC SAL	No. SECC	DESCARGA A LA ZONA	GASTO m3/s
ZONA C								
C1	1	1	A.T.	1.000	10	3	S	1.000
C2	13		A.T.	1.000	10	3	S	1.000
ZONA A								
A1	1	6	A.T.	1.000	22	7	S	0.394
					26	8	S	0.312
					32	9	L	0.172
					35	11	L	0.070
					39	13	L	0.025
					53	24	L	0.000
					67	15	L	0.012
					70	17	L	0.007
					73	20	L	0.010
					76	22	L	0.001
				79	25	N	0.002	
A2	1	6	A.T.	1.000	22	7	S	0.399
					26	8	S	0.602
A3	1	6	A.T.	1.000	32	9	L	0.563
					35	11	L	0.227
					39	13	L	0.087
					53	24	L	0.009
					67	15	L	0.044
					70	17	L	0.024
					73	20	L	0.033
					76	22	L	0.007
A4	1	6	A.T.	1.000	79	25	N	1.000
A5	1	6	A.T.	1.000	26	8	S	1.000
A6	1	6	A.T.	1.000	53	24	L	1.000
A7	1	6	A.T.	1.000	32	9	L	1.000

TABLA 5.1 (CONT.)
SIMULACIONES SIN RECTIFICACION

SIM	SEC ENT	No. SECC	VIENE DE LA ZONA	GASTO m ³ /s	SEC SAL	No. SECC	DESCARGA A LA ZONA	GASTO m ³ /s
ZONA A								
A8	1	6	A.T.	1.000	70	17	L	1.000
A9	1	6	A.T.	1.000	22	7	S	0.394
					26	8	S	0.312
					32	9	L	0.172
					35	11	L	0.070
					39	13	L	0.025
					53	24	L	0.003
					67	15	L	0.012
					70	17	L	0.007
73	20	L	0.010					
76	22	L	0.001					

TABLA 5.2
SIMULACIONES CON RECTIFICACION

SIM	SEC ENT	No. SECC	VIENE DE LA ZONA	GASTO m3/s	SEC SAL	No. SECC	DESCARGA A LA ZONA	GASTO m3/s
ZONA C								
CR1	1	1	A. T.	1.000	10	3	S	1.000
CR2	13		A. T.	1.000	10	3	S	1.000
ZONA A								
AR1	1	6	A. T.	1.000	22	7	S	0.272
					26	8	S	0.297
					32	9	L	0.178
					35	11	L	0.133
					39	13	L	0.047
					53	24	L	0.004
					67	15	L	0.020
					70	17	L	0.021
					73	20	L	0.020
					76	22	L	0.007
79	25	N	0.004					
AR2	1	6	A. T.	1.000	22	7	S	0.410
					26	8	S	0.596
AR3	1	6	A. T.	1.000	32	9	L	0.407
					35	11	L	0.303
					39	13	L	0.106
					53	24	L	0.019
					67	15	L	0.051
					70	17	L	0.049
					73	20	L	0.046
					76	22	L	0.017
AR4	1	6	A. T.	1.000	79	25	N	1.000
AR5	1	6	A. T.	1.000	26	8	S	0.994
AR6	1	6	A. T.	1.000	53	24	L	0.994
AR7	1	6	A. T.	1.000	32	9	L	0.973

TABLA 5.2 (CONT.)
SIMULACIONES CON RECTIFICACION

SIM	SEC ENT	No. SECC	VIENE DE LA ZONA	GASTO m3/s	SEC SAL	No. SECC	DESCARGA A LA ZONA	GASTO m3/s
ZONA A								
AR8	1	6	A.T.	1.000	70	17	L	1.028
AR9	1	6	A.T.	1.000	22	7	S	0.260
					26	8	S	0.306
					32	9	L	0.181
					35	11	L	0.131
					39	13	L	0.047
					53	24	L	0.008
					67	15	L	0.020
					70	17	L	0.021
					73	20	L	0.021
76	22	L	0.006					

TABLA 5.3
VELOCIDAD MEDIA (CM/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

ZONA CALTONGO				
SECCION	SIMULACIONES			
	SIN RECT.		CON RECT.	
	C1	C2	CR1	CR2
1	3.4		3.4	
2	5.8		5.8	
3	3.5		3.6	
4	1.8		1.8	
5	1.9	0.0	1.9	0.0
6	2.4	0.0	2.5	0.0
7	3.1	0.0	3.1	0.0
8	3.0	0.0	3.0	0.0
9	3.3	6.9	3.0	6.2
10	4.4	4.4	4.4	4.4
13	5.1	7.7	5.1	7.7
14	3.7	7.7	3.7	7.8
15	5.4	11.2	5.0	10.5
16	2.5	5.3	2.5	5.5
17	2.2	4.3	1.9	3.8
18	3.8	7.8	3.4	7.1
19	3.3	6.6	3.1	6.3
20	1.8	3.6	2.5	5.0
21	2.3	4.7	1.8	3.6

TABLE 5.4
VELOCIDAD MEDIA (CM/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

ZONA ATLAPULCO									
SECCION	SIMULACIONES SIN RECTIFICACION								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
1	3.1	3.1	3.1	2.9	3.1	2.9	3.1	2.9	3.1
2	5.4	5.4	5.3	4.9	5.3	4.9	5.3	5.0	5.4
3	9.8	9.4	15.3	12.7	15.4	12.7	15.3	13.3	9.8
4	2.4	0.8	2.6	2.5	1.4	2.4	2.6	2.5	2.4
5	2.1	0.0	6.9	6.0	0.0	6.0	6.9	6.2	2.1
6	1.5	0.0	4.9	10.0	0.0	10.0	0.0	10.4	1.5
7	0.6	0.0	2.2	9.5	0.0	9.5	0.0	9.8	0.6
9	1.5	0.1	5.0	20.5	0.1	20.5	0.0	21.7	1.5
10	1.9	0.1	6.1	24.7	0.1	24.7	-0.1	26.5	1.9
11	0.7	0.1	2.5	22.9	0.1	22.9	-0.1	21.1	0.7
13	0.1	0.0	0.4	4.6	0.0	4.6	0.0	4.1	0.1
14	0.1	0.0	0.3	3.8	0.0	3.8	0.0	2.8	0.1
15	0.1	0.0	0.2	2.9	0.0	2.9	0.0	2.1	0.1
16	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0
20	7.9	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9
22	7.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
23	2.1	4.1	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	2.1
25	3.4	3.4	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	3.4
26	4.2	8.2	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0	4.2
27	2.2	4.3	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	2.2
29	2.7	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0	2.7
30	3.2	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	17.8	0.0	3.2
32	2.5	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	14.1	0.0	2.5
33	2.1	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
35	1.5	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
36	1.4	0.0	5.0	9.6	0.0	9.6	0.0	13.5	1.4
39	0.6	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
40	0.4	0.0	1.4	7.1	0.0	7.1	0.0	10.1	0.4
42	0.1	0.0	0.2	5.4	0.0	5.4	0.0	7.7	0.1
43	0.2	0.0	0.4	-2.3	0.0	-2.3	0.0	1.6	0.2
45	0.6	0.0	1.9	13.7	0.0	13.7	0.0	35.4	0.6
46	0.3	0.0	0.8	12.5	0.0	12.5	0.0	-5.6	0.3
47	0.4	0.0	0.7	13.0	0.0	13.0	0.0	4.7	0.4
48	0.1	0.0	0.3	29.5	0.0	29.5	0.0	-0.2	0.1
49	0.3	0.0	0.4	13.0	0.0	13.0	0.0	0.3	0.2
50	0.1	0.0	0.3	33.6	0.0	33.6	0.0	0.0	0.1
52	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0
54	0.1	0.0	0.3	-2.2	0.0	-2.2	0.0	1.5	0.1
56	0.3	0.0	0.9	-5.4	0.0	-5.4	0.0	3.8	0.3
57	0.2	0.0	0.6	5.8	0.0	5.8	0.0	6.4	0.2
58	0.2	0.0	0.6	2.8	0.0	2.8	0.0	10.0	0.2
59	0.3	0.0	1.0	4.6	0.0	4.6	0.0	16.5	0.3

TABLA 5.4 (CONT.)
VELOCIDAD MEDIA (CM/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

ZONA ATLAPULCO									
SECCION	SIMULACIONES SIN RECTIFICACION								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
60	0.2	0.0	0.8	13.6	0.0	13.6	0.0	5.0	0.2
62	0.0	0.0	0.2	5.3	0.0	5.3	0.0	0.1	0.0
64	0.4	0.1	1.3	37.0	0.0	36.9	0.0	0.9	0.4
67	0.3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
70	0.2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.7	0.2
73	0.6	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
76	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
77	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TABLA 5.5
VELOCIDAD MEDIA (CM/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

ZONA ATLAPULCO									
SECCION	SIMULACIONES CON RECTIFICACION								
	AR1	AR2	AR3	AR4	AR5	AR6	AR7	AR8	AR9
1	3.1	3.1	3.1	2.9	3.1	2.9	3.1	2.9	3.1
2	5.6	6.6	5.6	5.9	6.6	5.9	6.5	6.1	5.7
3	7.2	9.2	9.9	12.5	15.3	12.5	15.3	13.2	7.3
4	3.4	0.8	5.7	2.4	3.0	5.0	5.7	5.2	2.9
5	2.9	0.0	6.8	7.2	0.0	7.2	8.4	7.5	3.0
6	2.2	0.0	5.0	11.0	0.0	11.0	-0.1	11.6	2.2
7	1.0	0.0	2.3	9.9	0.0	9.9	0.0	10.3	1.0
9	1.8	0.0	4.2	24.5	0.0	24.5	-0.1	25.9	1.9
10	1.8	0.0	4.2	33.1	0.0	33.1	-0.1	35.8	1.9
11	0.7	0.0	1.6	25.6	-0.1	25.6	-0.1	24.3	0.7
13	0.3	0.0	0.6	4.6	0.0	4.6	0.0	4.2	0.2
14	0.2	0.0	0.5	3.9	0.0	3.9	0.0	2.7	0.2
15	0.2	0.0	0.4	3.0	0.0	3.0	0.0	2.1	0.2
16	0.0	0.0	0.1	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
20	5.5	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
22	4.8	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
23	2.0	3.8	0.1	0.0	6.3	0.1	0.1	0.1	2.0
25	1.6	3.3	-0.1	0.0	5.7	-0.1	-0.1	-0.1	3.4
26	3.9	7.8	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	4.0
27	2.0	4.7	-0.1	0.0	8.0	-0.1	-0.1	-0.1	2.0
29	2.7	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	2.9
30	3.3	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0	3.3
32	2.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	2.1
33	2.3	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
35	2.1	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
36	2.3	0.0	5.3	8.8	0.0	8.8	0.0	11.9	2.4
39	0.9	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
40	0.7	0.0	1.7	7.1	0.0	7.1	0.0	9.6	0.7
42	0.2	0.0	0.4	5.6	0.0	5.6	0.0	7.7	0.2
43	0.2	0.0	0.6	-3.5	0.0	-3.5	0.0	2.5	0.5
45	1.3	0.0	3.0	13.2	0.0	13.1	0.0	32.4	1.3
46	0.4	0.0	1.0	11.2	0.0	11.2	0.0	-3.7	0.5
47	0.5	0.0	1.1	13.0	0.0	13.0	0.0	3.6	1.0
48	0.2	0.0	0.5	23.4	0.0	23.3	0.0	-0.2	0.2
49	0.2	0.0	0.6	8.8	0.0	8.8	0.0	0.3	0.5
50	0.2	0.0	0.5	27.4	0.0	27.4	0.0	0.0	0.2
52	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.1
54	0.3	0.0	0.7	-3.1	0.0	-3.1	0.0	2.2	0.3
56	0.4	0.0	0.9	-5.4	0.0	-5.4	0.0	3.8	0.4
57	0.4	0.0	1.0	6.5	0.0	6.5	0.0	6.5	0.4
58	0.5	0.0	1.0	3.9	0.0	3.9	0.0	10.3	0.4
59	0.5	0.0	1.3	4.8	0.0	4.8	0.0	12.8	0.6

TABLA 5.5 (CONT.)
VELOCIDAD MEDIA (CM/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

ZONA ATLAPULCO

SECCION	SIMULACIONES CON RECTIFICACION								
	AR1	AR2	AR3	AR4	AR5	AR6	AR7	AR8	AR9
60	0.4	0.0	1.0	16.1	0.0	16.1	0.0	4.7	0.4
62	0.2	0.0	0.4	4.5	0.0	4.5	0.0	0.1	0.2
64	0.8	0.0	1.9	33.3	0.0	33.3	-0.1	1.0	0.8
67	0.4	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
70	0.5	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6	0.5
73	1.3	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
76	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
77	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TABLA 5.6
GASTO (M3/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

GALTONGO 1 - SAN GREGORIO 2												
SIN RECTIFICACION						CON RECTIFICACION						
ST	E	C1	S	E	S2	S	E	CR1	S	E	SR2	S
1	■	1.000		■	1.000		■	1.000		■	1.000	
2		1.000			0.992			1.000			1.000	
3		0.520			0.974			0.525			1.000	
4		0.515			0.937			0.520			1.000	
5		0.515			0.563			0.521			0.643	
6		0.515			0.581			0.520			0.643	
7		0.515			0.940			0.520			0.643	
8		0.516			0.151			0.520			0.420	
9		0.480			0.340			0.476			0.420	
10		0.996	■		0.171			0.995	■		0.167	
11					0.514	■					0.587	■
12					0.115						0.222	
13		0.480			0.837			0.475			0.223	
14		0.480			0.075			0.475			0.056	
15		0.480			0.016			0.476			0.056	
16		0.249			0.030			0.252			0.056	
17		0.231			0.377			0.224			0.357	
18		0.480			0.377			0.475			0.356	
19		0.231						0.223				
20		0.231						0.223				
21		0.231						0.223				
22												
23												
24												
25					0.403						0.357	
26					0.403						0.357	
27					0.443						0.412	
28					0.443	■					0.412	■
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												

■ ENTRADA O SALIDA DE AGUA A LA ZONA

TABLA 5.7

GASTO (M3/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

CALTONGO 1 - ATLAPULCO 1 - SAN GREGORIO 11 - LAGUNA 5 - TURISTICA 1
 PLANTERA 5 - NORTE 7 SIMULACION SIN RECTIFICACION

ST	E	C1	S	E	A1	S	E	S11	S	E	L5	S	E	T1	S	E	P5	S	E	N7	S
1	■	1.000	■	1.000	■	1.000	■	1.000	■	0.172	■	0.250							■	0.233	
2		1.000		1.000		1.000		1.000		0.071		0.250					0.102			0.233	
3		0.520		0.613		1.000		0.141		0.250		0.250					0.102			0.736	
4		0.515		0.460		1.000		0.021		0.250		0.250					0.272			0.736	
5		0.515		0.300		0.589		0.021		0.250		0.250					0.227			0.735	
6		0.515		0.127		0.589		0.045		0.185		0.185					0.574			0.643	
7		0.515		0.057		0.589		0.019		0.212		0.212					0.574			0.643	
8		0.516		0.057		0.362		0.032		0.307		0.307				■	0.347			0.130	
9		0.480		0.057		0.362		0.039		0.424		0.424					0.347			0.065	
10		0.996	■	0.057		0.613		0.012		0.046		0.046					0.347			0.065	
11				0.017		0.842	■	0.010		0.014		0.014					0.334			0.130	
12				0.017		0.226		0.020		0.045		0.045								0.254	
13		0.480		0.017		0.229		0.001		0.141		0.141								0.492	
14		0.480		0.014		0.479		0.002		0.053		0.053								0.492	
15		0.480		0.013		0.242		0.003		0.173		0.173					0.030			0.646	
16		0.249		0.002		0.251		0.001		0.279	■	0.279					0.041			0.879	
17		0.231				0.411		0.101		0.046		0.046					0.086			0.881	
18		0.480				0.411		0.101		0.233	■	0.233					0.086			1.053	■
19		0.231				0.312	■	0.101	■	0.065		0.065					0.171	■		0.205	
20		0.231		0.387		0.312		0.070	■	0.066		0.066					0.170			0.205	
21		0.231		0.394		0.312		0.070		0.066	■	0.066					0.031			0.205	
22				0.394	■	0.706		0.025	■	0.026		0.026					0.031	■		0.574	
23				0.154		0.706		0.022		0.026	■	0.026					0.160			0.574	
24				0.154		0.706		0.012	■	0.250		0.250					0.160			0.574	
25				0.312		1.116		0.011		0.250		0.250					0.160			0.574	
26				0.312	■	1.117		0.007	■	0.155		0.155					0.191			0.780	
27				0.159		0.875		0.006		0.160		0.160					0.084			0.503	
28				0.158		0.875	■	0.010	■	0.160		0.160	■				0.084			0.067	
29				0.174	■	0.394		0.010		0.379		0.379					0.084			0.067	
30				0.173		0.394		0.001	■	0.380		0.380					0.107			0.066	
31				0.172				0.001		0.347		0.347					0.107			0.123	
32				0.172	■					0.347	■	0.347					0.107	■		0.002	
33				0.070						0.117		0.117					0.013			0.002	
34				0.070						0.119		0.133					0.119			0.002	
35				0.070	■					0.120	■	0.250					0.084			0.002	
36				0.041						0.120	■	0.250	■				0.066			0.003	
37				0.040						0.028		0.024					0.066			0.126	
38				0.025						0.021		0.077					0.102				
39				0.025	■					0.021	■	0.077					0.102				
40				0.015						0.127		0.250					0.036				
41				0.015								0.173					0.036			0.026	
42				0.003								0.014					0.036			0.304	
43				0.006						0.020		0.014								0.227	

TABLA 5.7 (CONT.)

GASTO (M3/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

CALTONGO 1 - ATLAPULCO 1 - SAN GREGORIO 11 - LAGUNA 5 - TURISTICA 1
 PLANTERA 5 - NORTE 7 SIMULACION SIN RECTIFICACION

ST	E	CI	SE	AI	SE	S11	SE	L5	SE	T1	SE	P5	SE	N7	S
44				0.013				0.013		0.142				0.057	
45				0.013				0.012	■	0.141				0.057	
46				0.006				0.002		0.052				0.057	
47				0.012				0.002		0.053				0.056	
48				0.002				0.002	■	0.250				0.171	
49				0.004				0.018		0.250				0.171	
50				0.003				0.018		0.033				0.171	
51				0.003				0.018	■	0.040				0.171	
52										0.067				0.137	
53										0.205				0.137	
54				0.003						0.205				0.012	
55				0.003						0.205	■			0.012	
56				0.003						0.040				0.012	
57				0.012						0.041				0.034	
58				0.007						0.065				0.036	
59				0.007						0.068				0.048	
60				0.006						0.043				0.094	
61				0.006						0.043				0.094	
62				0.002						0.043				0.094	
63				0.002						0.020				0.151	
64				0.002						0.046				0.151	
65				0.012										0.287	
66				0.012										0.288	
67				0.012	■									0.057	
68				0.007										0.105	
69				0.007										0.512	
70				0.007	■									0.514	
71				0.010										0.390	
72				0.010										0.391	
73				0.010	■									0.238	
74				0.001										0.231	
75				0.001										0.385	
76				0.001	■									0.154	
77				0.002										0.154	
78				0.002										0.154	
79				0.002	■									0.124	
80														0.124	
81														0.124	
82														0.066	
83														0.065	
84														0.276	
85														0.278	
86														0.043	
87														0.026	

■ ENTRADA O SALIDA DE AGUA A LA ZONA

TABLA 5.8

GASTO (M3/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

CALTONGO 1 - ATLAPULCO 1 - SAN GREGORIO 11 - LAGUNA 5 - TURISTICA 1
 PLANTERA 5 - NORTE 7 SIMULACION CON RETIFICACION

ST	E	CR1	S	E	AR1	S	E	SR11	S	E	LR5	S	E	TR1	S	E	PR5	S	E	NR7	S	
1	■	1.000	■		1.000	■		1.000	■		0.178	■		0.250	■			■		0.405	■	
2		1.000			1.000			1.000			0.129			0.249			0.096			0.405		
3		0.525			0.732			1.000			0.262			0.249			0.096			0.688		
4		0.520			0.584			1.000			0.046			0.248			0.192			0.688		
5		0.521			0.436			0.526			0.046			0.246			0.303			0.688		
6		0.520			0.257			0.526			0.093			0.085			0.393			0.621		
7		0.520			0.124			0.526			0.068			0.163			0.393	■		0.621		
8		0.520			0.125			0.338			0.088			0.184		■	0.091			0.106		
9		0.476			0.124			0.338			0.108			0.210			0.091			0.053		
10		0.995	■		0.125			0.568			0.024			0.073			0.091			0.054		
11					0.048			0.757	■		0.019			0.100			0.155			0.108		
12					0.048			0.189			0.039			0.035						0.211		
13		0.475			0.048			0.189			0.003			0.054						0.414		
14		0.475			0.039			0.420			0.010			0.099						0.413		
15		0.476			0.039			0.229			0.014			0.408			0.011			0.624		
16		0.252			0.008			0.230			0.014	■		0.397			0.157			0.854		
17		0.224						0.474			0.049			0.407			0.046			0.857		
18		0.475						0.473			0.049			0.405		■	0.047			0.996	■	
19		0.223					■	0.297			0.049	■		0.161			0.095			0.167	■	
20		0.223			0.268			0.297		■	0.133			0.160			0.096			0.167		
21		0.223			0.272			0.297			0.133			0.160		■	0.011			0.167		
22					0.272	■		0.569		■	0.047			0.082			0.011		■	0.393		
23					0.150			0.569			0.047			0.083		■	0.141			0.393		
24					0.150			0.569			0.020		■	0.250			0.141			0.393		
25					0.148			1.042			0.020			0.249			0.141			0.393		
26					0.297	■		1.042		■	0.021			0.142			0.151			0.559		
27					0.148			0.814			0.021			0.141			0.104			0.283		
28					0.148			0.814	■		0.020			0.141		■	0.104			0.051		
29					0.179			0.272	■		0.020			0.135			0.104			0.051		
30					0.178			0.272		■	0.007			0.135			0.048			0.051		
31					0.177					■	0.007			0.091			0.048			0.097		
32					0.178	■				■	0.004			0.091		■	0.048		■	0.004		
33					0.133						0.004			0.026			0.064			0.004		
34					0.133						0.216			0.054			0.015			0.004		
35					0.133	■					0.218		■	0.250			0.049			0.004		
36					0.076						0.218		■	0.249		■	0.160			0.004		
37					0.077						0.026			0.105			0.160			0.101		
38					0.047						0.025			0.059			0.096					
39					0.047	■					0.025		■	0.059			0.096					
40					0.029						0.053			0.308			0.064					
41					0.029						0.053			0.308			0.065			0.022		
42					0.009						0.053		■	0.024			0.065			0.301		
43					0.009						0.032			0.028						0.242		

TABLA 5.8 (CONT.)

GASTO (M3/SEG) EN LAS SECCIONES DE CALCULO

CALTONGO 1 - ATLAPULCO 1 - SAN GREGORIO 11 - LAGUNA 5 - TURISTICA 1
 PLANTERA 5 - NORTE 7 SIMULACION CON RETIFICACION

ST	E	CR1	S	E	AR1	S	E	SR11	S	E	LR5	S	E	TR1	S	E	PR5	S	E	NR7	S	
44					0.017						0.032			0.089							0.074	
45					0.035						0.031	■		0.088							0.074	
46					0.014						0.005			0.046							0.074	
47					0.014						0.005			0.046							0.074	
48					0.008						0.005	■	■	0.250							0.168	
49					0.007						0.036			0.249							0.169	
50					0.008						0.036			0.044							0.169	
51					0.008						0.036	■		0.088							0.170	
52					0.004									0.176							0.137	
53					0.004	■								0.167							0.137	
54					0.009									0.167							0.007	
55					0.009									0.167		■					0.007	
56					0.009									0.045							0.007	
57					0.031									0.044							0.033	
58					0.017									0.088							0.035	
59					0.017									0.087							0.042	
60					0.014									0.006							0.065	
61					0.014									0.004							0.065	
62					0.007									0.180							0.066	
63					0.007									0.009							0.140	
64					0.007									0.009							0.139	
65					0.021																0.276	
66					0.020																0.276	
67					0.020	■															0.045	
68					0.021																0.087	
69					0.021																0.516	
70					0.021	■															0.517	
71					0.020																0.414	
72					0.020																0.413	
73					0.020	■															0.203	
74					0.007																0.231	
75					0.006																0.442	
76					0.007	■															0.210	
77					0.004																0.210	
78					0.004																0.210	
79					0.004	■															0.103	
80																					0.103	
81																					0.054	
82																					0.054	
83																					0.278	
84																					0.279	
85																					0.037	
86																					0.037	
87																					0.022	

■ ENTRADA O SALIDA DE AGUA A LA ZONA

6. ANALISIS EN EPOCA DE LLUVIAS

Una vez que se terminaron las simulaciones en época de estiaje se procedió al análisis en temporada de lluvias. Primeramente se determinaron los hidrogramas producto de los escurrimientos pluviales, tanto de las cuencas externas a los canales pero que drenan a ellos, como los propios de dichas conducciones; posteriormente se efectuaron las simulaciones por zonas pero tomando en cuenta los escurrimientos de aguas arriba y determinándose los escurrimientos de llegada a la Laguna de San Gregorio, en donde se regualizarán antes de ser enviados al Canal de Chalco.

En éste capítulo también se ejemplificarán únicamente la Zonas Caltongo y Atlapulco.

6.1 Determinación de los hidrogramas del escurrimiento pluvial

En un plano topográfico de toda el área en estudio se marcaron las corrientes que descargan a los canales de Xochimilco, para después definir el parteaguas de cada una de sus cuencas.

Se determinaron 10 corrientes principales dentro de la cuenca general del área en estudio; para cada una de las cuales se trazó el parteaguas determinando así el área de su cuenca. En el plano 3, ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA NUEVA ZONIFICACION DE LOS CANALES DE XOCHIMILCO, se incluye una tabla que indica los valores del área, longitud de recorrido del agua y la pendiente del cauce principal para las 10 cuencas, datos que se utilizan más adelante.

Se consideró que la descarga pluvial de las 10 cuencas se realiza en uno o varios tramos, en los que han quedado divididas las siete zonas en estudio.

Así mismo, el área propia de los canales de Xochimilco se dividió en pequeñas cuencas que delimitan el área de drenaje de un tramo seleccionado; en el mismo plano 3 se indican los tramos y el área de drenaje de cada uno de ellos. Se cuidó que el número de tramos con hidrograma lateral no excediera el permitido por el programa CANAL y que dividiera a la zona en partes proporcionales. Una vez seleccionados los tramos se trazó el área de cada uno.

El área de las cuencas se obtuvo con ayuda de un planímetro. La longitud de recorrido del agua a través de la cuenca y la pendiente del cauce principal se determinaron con ayuda de un plano escala 1:20 000 y se presentó en el plano 3. La pendiente se

obtuvo con la cota de los bordos izquierdos del tramo o cauce principal para el caso de las cuencas interiores; y con el método de pendiente compensada para las cuencas externas; en la fig 6.1 se presenta a manera de ejemplo, una de las gráficas que ayudaron a obtener dichas pendientes.

El procedimiento para obtener el gasto de pico de los hidrogramas laterales fue el que plantea el Método Racional Americano, para lo cual se calculó primeramente el tiempo de concentración para cada cuenca con la expresión dada por Chow:

$$t_c = 0.01 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.64}$$

donde

- t_c tiempo de concentración en hrs.
- L longitud de recorrido del agua en m.
- S pendiente del cauce principal, en por ciento.

Se seleccionó el mayor tiempo de concentración de todos los tramos que forman las siete zonas, para determinar la duración de la tormenta de diseño, siendo la cuenca III la de mayor tiempo de concentración dando un valor de 2.93 hrs.

El gasto de pico de los hidrogramas se determinó con la Fórmula Racional

$$Q = CIA$$

donde

- Q gasto de pico para el hidrograma lateral en m^3/s
- C coeficiente de escurrimiento
- i intensidad de la lluvia en mm/hr

La intensidad se calculó con la expresión obtenida de los datos del pluviógrafo de la Estación Xochimilco y es la siguiente:

$$i = 288.288 d^{-0.662} T^{0.392}$$

donde

d duración de la tormenta en min.

T periodo de retorno de la tormenta en años.

La duración de la tormenta de diseño corresponde al tiempo máximo de concentración para las siete zonas, como se indicó anteriormente. El periodo de retorno se tomó de 5 años, de acuerdo a recomendaciones de la DGCOR.

Se realizaron calibraciones con diferentes valores de coeficiente de escurrimiento (0.10, 0.05 y 0.039). Para efectos de presentación de este trabajo se utiliza únicamente el valor de C = 0.10.

En las tablas 6.1 y 6.2 se presenta la hoja de cálculo que se utilizó para obtener los gastos máximos de las Zonas Caltongo y Atlapulco. La tabla consta de ocho columnas; en la primera se indica el tramo al cual se le asocia un hidrograma lateral, en la segunda se anota el nombre que se le dió al área para cada zona, la tercera, corresponden al área (en ha), la cuarta a la longitud de recorrido del agua (en m), la quinta la pendiente (en %) para cada cuenca respectivamente, en la sexta columna se calcula el tiempo de concentración de acuerdo a la Fórmula de Chow descrita anteriormente y en la columnas siete se calcula el gasto para el coeficiente de escurrimiento de 0.10 a partir de la Fórmula Racional y por último en la columna ocho se describe en que tipo de cuenca se realiza el cálculo.

Finalmente los hidrogramas obtenidos del análisis hidrológico, son de forma trapecial, que constan de seis puntos definidos de la siguiente manera:

Coordenada 1. Para un tiempo inicial (que puede ser cero horas) se dió un gasto base que se buscó fuera lo más pequeño posible para evitar que incrementara el gasto de pico de la tormenta, pero permitiera establecer la condición inicial de simulación en cada sistema.

Coordenada 2. Se dió por un tiempo de calentamiento del sistema y el mismo gasto base con el fin de tener condiciones estables y con ello evitar disturbios en los hidrogramas de salida.

Coordenada 3. Con una abscisa igual al tiempo de concentración del tramo sumándole el tiempo de calentamiento y el gasto de pico obtenido con la Fórmula Racional, como valor de las ordenadas.

Coordenada 4. Con un tiempo igual al tiempo de calentamiento más la duración de la tormenta (determinada con el tiempo de concentración mayor), y el mismo gasto de pico del punto anterior.

Coordenada 5. Con el tiempo del punto anterior más el tiempo de concentración del tramo en análisis y un gasto igual al gasto base (que es igual al gasto del primer y segundo puntos).

Coordenada 6. El último punto se dió con un tiempo de salida que puede variar en cada zona que se analice (se utilizó aproximadamente ocho veces la duración de la tormenta), y el gasto es el mismo gasto base del punto anterior.

En las tablas 6.3 y 6.4 se presentan los hidrogramas resultantes para las Zonas Caltongo y Atlapulco; Con dichos hidrogramas se alimentaron los archivos de datos utilizados para realizar las simulaciones.

6.2 Simulaciones realizadas

Con el programa CANAL, los archivos de datos de las siete zonas y con los hidrogramas de la tablas 6.3 y 6.4 (también realizados para las zonas restantes), se realizaron las simulaciones que se

indican en la tabla 6.5, para el caso del coeficiente $C = 0.10$ y que se describen a continuación.

Todas las simulaciones se hicieron para los coeficientes de eacurrimiento que se mencionaron anteriormente y con la rectificación de las secciones transversales de los canales y sin ella. Por facilidad, las simulaciones se denominaron en la forma siguiente: primeramente la letra de la zona seguida por la letra R para las alternativas con rectificación en su caso y por último el número de la variante de la simulación de cada zona. En los párrafos siguientes se describen las simulaciones para las zonas Caltongo y Atlapulco.

6.2.1 Zona Caltongo. Simulaciones C

Se realizó solo una simulación considerando la descarga hacia la Zona San Gregorio, aguas abajo de ella.

Los hidrogramas de salida para las dos consideraciones se presentan en la fig 6.2.

6.2.2 Zona Atlapulco. Simulaciones A

Para esta zona se propusieron tres alternativas de funcionamiento hidráulico; la primera descargando el agua pluvial hacia las Zonas San Gregorio y Laguna, con 10 salidas cuyos hidrogramas se muestran en las figs 6.3 a 6.12, con coeficiente de 0.10 variante de rectificación; la segunda descargando a la Zona Norte, fig 6.13 y la tercera descargando a las tres zonas, con once salidas cuyos hidrogramas se presentan en las figs 6.14 a 6.24.

Para las zonas restantes se siguió el mismo procedimiento con sus variantes de descargas y entradas según las zonas colindantes a cada una:

6.3 Análisis de hidrogramas

Con objeto de revisar las simulaciones efectuadas en época de lluvias, se procedió a analizar el comportamiento de cada una de ellas, en el sentido de que la cantidad de agua que entra al sistema tiene que salir, es decir que el volumen de los hidrogramas de entrada es igual al correspondiente de los hidrogramas de salida.

Para efectuar lo anterior, para cada una de las zonas y de las variantes de coeficiente de escurrimiento y rectificación de secciones, se implementó un programa de computadora en lenguaje FORTRAN, el cual determina los volúmenes de los hidrogramas de entrada, sean exteriores, interiores o de una zona que se encuentre aguas arriba de la del análisis y hace lo mismo con los hidrogramas de salida, comparando sus volúmenes; finalmente se grafican los hidrogramas y se anotan los valores de los volúmenes en porcentaje respecto al área que entra a cada sistema.

En las figs 6.25 a 6.28 se presenta gráficamente el análisis efectuado para todos los sistemas Galtongo y Atlapulco, para cada alternativa de ellos y con las secciones de los canales sin rectificación. En la misma forma, para los canales rectificadas debido a que los hidrogramas son muy parecidos ya no se incluyeron en este trabajo. De dichas gráficas se observa que en promedio la diferencia de volúmenes de entrada con los de salida es del orden del 3%.

Los resultados para los otros coeficientes de escurrimiento son muy semejantes por lo que no se presentan sus gráficas.

6.4 Hidrogramas generales

Al observar las figuras con los diferentes hidrogramas obtenidos de las simulaciones realizadas, se encontró que para las opciones (coeficientes de escurrimiento de 0.10 y 0.05, canales sin y con rectificación) los hidrogramas sin el gasto base, prácticamente tienen la misma forma y solo se diferencian por los valores de los gastos. Al dividir cada ordenada o gasto entre su coeficiente de escurrimiento se determinó un hidrograma en que los valores de las ordenadas prácticamente coinciden con el hidrograma calculado de la misma forma para otro coeficiente de escurrimiento; en las figs 6.29 y 6.30 se muestra lo anterior gráficamente con los hidrogramas de una sección de cada zona estudiada, en ellas también se presenta el hidrograma medio definido con la media de los valores de los dos hidrogramas, a este hidrograma se le denominó general.

El planteamiento que se hace con lo anterior, es el tener hidrogramas generales independientes del coeficiente de escurrimiento, del cual no se conoce su valor, dado que no se tienen mediciones de gastos pluviales. Al momento de tenerse una idea del valor del coeficiente de escurrimiento; para obtener los hidrogramas correspondientes solamente habrá que multiplicar las ordenadas de los hidrogramas generales por el coeficiente de escurrimiento conocido para así obtener los hidrogramas correspondientes a dicho coeficiente.

Como lo que interesa son los valores de las ordenadas de los hidrogramas generales, en la tablas 6.6 v 6.7 se presentan tabulados dichos valores para los canales sin rectificación y con ella, respectivamente. Los hidrogramas generales presentados en éstas tablas, corresponden a la alternativa en donde las zonas están conectadas en todos los seccionamientos.

Cabe aclarar, que al multiplicar los hidrogramas generales por el coeficiente de escurrimiento, los gastos están en m^3/s .

Los hidrogramas así obtenidos, corresponden a la lluvia de diseño, fija con la duración de la tormenta y el periodo de retorno, por lo que si este cambiara, puede hacerse el mismo planteamiento que con los coeficientes de escurrimiento.

6.5 Elevaciones máximas del agua

Para cada una de las simulaciones realizadas en las siete zonas y para los dos coeficientes de escurrimiento, se comparó el tirante máximo con el inicial, obteniéndose el porcentaje de incremento de acuerdo a la condición de simulación. Dichos valores se presentan en las tablas 6.8 a 6.11 para las cuatro opciones simuladas.

Con las tablas anteriores es factible encontrar los tirantes máximos (o las elevaciones máximas del agua) interpolando de acuerdo al valor del coeficiente de escurrimiento en los incrementos definidos de los mismos.

TABLA 6.1 CALCULO DEL GASTO MAXIMO							
ZONA CALTONGO							
duración d= 2.93 hrs				periodo de retorno T= 5 años			
intensidad i= 17.686 mm/hr							
TRAMO	CUENCA	AREA ha	LONG m	S %	CHOW tc hrs	CiA Q m ³ /s	OBSERVACIONES
1						0.10	tubería
3	Ca	8.213	255	0.300	0.51	0.040	cuenca interior
4	Cb	6.960	275	0.036	1.05	0.034	cuenca interior
13	Cc	9.573	310	0.065	0.94	0.047	cuenca interior
14	Cd	3.360	175	0.057	0.68	0.017	cuenca interior
17	Ce	2.667	210	0.048	0.81	0.013	cuenca interior
20	Cf	3.173	270	0.074	0.83	0.016	cuenca interior
22	Cg	7.067	270	0.074	0.83	0.035	cuenca interior
6	Ch	264.960	4300	8.650	1.06	1.302	cuenca exterior I

TABLA 6.2 CALCULO DEL GASTO MAXIMO							
ZONA ATLAPULCO							
duración d= 2.93 hrs				periodo de retorno T= 5 años			
intensidad i= 17.686 mm/hr							
TRAMO	CUENCA	AREA ha	LONG m	S %	CHOW tc hrs	CiA Q m ³ /s	OBSERVACIONES
1						0.10	tubería
20	Aa	7.707	325	0.062	0.99	0.038	cuenca interior
23	Ab	10.960	480	0.083	1.15	0.054	cuenca interior
30	Ac	16.427	610	0.082	1.35	0.081	cuenca interior
33	Ad	27.484	510	0.059	1.34	0.135	cuenca interior
36	Ae	3.804	180	0.167	0.49	0.019	cuenca interior
40	Af	4.373	350	0.029	1.32	0.021	cuenca interior
55	Ag	10.027	455	0.066	1.20	0.049	cuenca interior
58	Ah	8.071	450	0.156	0.90	0.040	cuenca interior
44	Ai	5.831	305	0.098	0.82	0.029	cuenca interior
60	Aj	14.507	580	0.259	0.90	0.071	cuenca interior
63	Ak	17.813	700	0.057	1.66	0.088	cuenca interior
50	Al	5.333	225	0.044	0.87	0.026	cuenca interior
77	Am	20.836	450	0.022	1.69	0.102	cuenca interior
8	An	590.565	9350	1.704	2.93	7.814	cuenca exterior III
14	Ao	186.886	2250	1.470	1.24	0.918	cuenca exterior IV

**TABLA 6.3 HIDROGRAMAS LATERALES
ZONA GALTONGO**

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO C=0.10

SEC	LONG	t1 (s)	Q1 (m ³ /s/m)	t2 (s)	Q2 (m ³ /s/m)	t3 (s)	Q3 (m ³ /s/m)
3	197	0.0	0.00011	10800.0	0.00011	12635.7	0.00032
4	77	0.0	0.00011	10800.0	0.00011	14597.2	0.00056
13	108	0.0	0.00011	10800.0	0.00011	14193.5	0.00055
14	100	0.0	0.00011	10800.0	0.00011	13254.5	0.00028
17	50	0.0	0.00011	10800.0	0.00011	13714.2	0.00038
20	150	0.0	0.00011	10800.0	0.00011	13780.0	0.00022
22	104	0.0	0.00011	10800.0	0.00011	13780.0	0.00045
6	98	0.0	0.00011	10800.0	0.00011	14618.4	0.01340
SEC	LONG	t4 (s)	Q4 (m ³ /s/m)	t5 (s)	Q5 (m ³ /s/m)	t6 (s)	Q6 (m ³ /s/m)
3	197	21348.0	0.00032	23183.7	0.00011	90000.0	0.00011
4	77	21348.0	0.00056	25145.2	0.00011	90000.0	0.00011
13	108	21348.0	0.00055	24741.5	0.00011	90000.0	0.00011
14	100	21348.0	0.00028	23802.5	0.00011	90000.0	0.00011
17	50	21348.0	0.00038	24262.2	0.00011	90000.0	0.00011
20	150	21348.0	0.00022	24328.0	0.00011	90000.0	0.00011
22	104	21348.0	0.00045	24328.0	0.00011	90000.0	0.00011
6	98	21348.0	0.01340	25166.4	0.00011	90000.0	0.00011

**ESTA TESTA NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

**TABLA 6.4 HIDROGRAMAS LATERALES
ZONA ATLAPULCO**

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO C=0.10

SEC	LONG	t_1 (s)	Q_1 ($m^3/s/m$)	t_2 (s)	Q_2 ($m^3/s/m$)	t_3 (s)	Q_3 ($m^3/s/m$)
20	200	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	14350.9	0.00023
23	150	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	14951.4	0.00040
30	151	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	15658.4	0.00058
33	340	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	15613.7	0.00044
36	100	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	12571.8	0.00023
40	100	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	15548.3	0.00026
55	100	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	15116.9	0.00053
58	100	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	14055.1	0.00044
44	100	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	13744.8	0.00033
60	120	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	14055.7	0.00064
63	150	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	16760.5	0.00063
50	100	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	13931.8	0.00030
77	150	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	16892.3	0.00072
8	300	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	21348.0	0.02609
14	200	0.0	0.00004	10800.0	0.00004	15247.9	0.00463
SEC	LONG	t_4 (s)	Q_4 ($m^3/s/m$)	t_5 (s)	Q_5 ($m^3/s/m$)	t_6 (s)	Q_6 ($m^3/s/m$)
20	200	21348.0	0.00023	24898.9	0.00004	90000.0	0.00004
23	150	21348.0	0.00040	25499.4	0.00004	90000.0	0.00004
30	151	21348.0	0.00058	26206.4	0.00004	90000.0	0.00004
33	340	21348.0	0.00044	26161.7	0.00004	90000.0	0.00004
36	100	21348.0	0.00023	23119.8	0.00004	90000.0	0.00004
40	100	21348.0	0.00026	26096.3	0.00004	90000.0	0.00004
55	100	21348.0	0.00053	25664.9	0.00004	90000.0	0.00004
58	100	21348.0	0.00044	24603.1	0.00004	90000.0	0.00004
44	100	21348.0	0.00033	24292.8	0.00004	90000.0	0.00004
60	120	21348.0	0.00064	24603.7	0.00004	90000.0	0.00004
63	150	21348.0	0.00063	27308.5	0.00004	90000.0	0.00004
50	100	21348.0	0.00030	24479.8	0.00004	90000.0	0.00004
77	150	21348.0	0.00072	27440.3	0.00004	90000.0	0.00004
8	300	21348.0	0.02609	31905.3	0.00004	90000.0	0.00004
14	200	21348.0	0.00463	25795.9	0.00004	90000.0	0.00004

**TABLA 6.5 SIMULACIONES REALIZADAS EN EPOCA DE LLUVIAS
PARA C = 0.10**

ZONA	SIMULACIONES		DESCARGA	SIMULACION AGUAS ARRIBA	
CALTONGO	C1	CR1	ZONA SAN GREGORIO		
ATLAPULCO	A1	AR1	ZONA SAN GREGORIO ZONA LAGUNA		
ATLAPULCO	A2	AR2	ZONA NORTE		
ATLAPULCO	A3	AR3	ZONA SAN GREGORIO ZONA LAGUNA ZONA NORTE		
SAN GREGORIO	S1	SR1	LAGUNA SAN GREGORIO	C1 A1	CR1 AR1
SAN GREGORIO	S2	SR2	LAGUNA SAN GREGORIO	C1 A3	CR1 AR3
LAGUNA	L1	LR1	LAGUNA SAN GREGORIO	A1	AR1
LAGUNA	L2	LR2	LAGUNA SAN GREGORIO	A3	AR3
PLANTERA	P1	PR1	ZONA NORTE		
TURISTICA	T1	TR1	ZONA NORTE		
NORTE	N1	NR1	LAGUNA SAN GREGORIO	P1 T1	PR1 TR1
NORTE	N2	NR2	LAGUNA SAN GREGORIO	A2 P1 T1	AR2 PR1 TR1
NORTE	N3	NR3	LAGUNA SAN GREGORIO	A3 P1 T1	AR3 PR1 TR1

**TABLA 6.6 HIDROGRAMAS GENERALES MEDIOS
SIMULACIONES SIN RECTIFICACION**

ZONA	CALTONGO	A T L A P U L C O					
SECCION TIEMPO hr	10 Q/C	22 Q/C	26 Q/C	32 Q/C	35 Q/C	39 Q/C	53 Q/C
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.25	3.437	0.718	2.600	1.330	0.968	1.048	0.000
3.50	7.398	1.435	5.200	2.660	1.935	2.095	0.000
3.75	10.829	2.583	8.983	4.298	2.695	3.163	0.045
4.00	14.130	3.730	12.765	5.935	3.455	4.230	0.155
4.25	15.535	4.600	16.140	7.128	3.877	5.225	0.283
4.50	15.085	5.470	19.515	8.320	4.300	6.220	0.417
4.75	15.063	6.323	22.788	9.295	4.723	6.813	0.491
5.00	15.060	7.175	26.060	10.270	5.145	7.405	0.595
5.25	15.014	8.000	29.315	11.183	5.635	7.965	0.700
5.50	15.027	8.825	32.570	12.095	6.125	8.525	0.801
5.75	14.972	9.582	35.790	12.890	6.610	8.958	0.906
6.00	14.470	10.339	39.010	13.685	7.095	9.390	0.990
6.25	10.584	9.665	35.611	11.610	5.926	8.123	0.771
6.50	6.958	8.633	32.212	10.355	5.303	6.813	0.503
6.75	3.294	7.613	28.811	9.065	4.649	5.220	0.374
7.00	0.528	6.718	25.412	7.815	3.965	3.552	0.245
7.25	0.261	5.840	22.013	6.650	3.320	2.318	0.203
7.50	0.102	4.977	18.781	5.575	2.728	1.543	0.160
7.75	0.013	4.145	15.717	4.470	2.121	0.955	0.118
8.00	0.000	3.317	12.654	3.310	1.470	0.350	0.075
8.25	0.000	2.505	9.589	2.115	0.832	0.059	0.065
8.50	0.000	1.768	6.525	0.880	0.194	0.000	0.055
8.75	0.000	1.126	3.691	0.000	0.000	0.000	0.045
9.00	0.000	0.600	2.876	0.000	0.000	0.000	0.035
9.25	0.000	0.303	2.337	0.000	0.000	0.000	0.038
9.50	0.000	0.265	1.798	0.000	0.000	0.000	0.040
9.75	0.000	0.277	1.258	0.000	0.000	0.000	0.043
10.00	0.000	0.279	0.719	0.000	0.000	0.000	0.045
10.25	0.000	0.235	0.478	0.000	0.000	0.000	0.043
10.50	0.000	0.192	0.387	0.000	0.000	0.000	0.040
10.75	0.000	0.148	0.295	0.000	0.000	0.000	0.038
11.00	0.000	0.098	0.203	0.000	0.000	0.000	0.035
11.25	0.000	0.048	0.111	0.000	0.000	0.000	0.034
11.50	0.000	0.031	0.028	0.000	0.000	0.000	0.033
11.75	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032
12.00	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
12.25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028
12.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025
12.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
13.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABLA 6.6 HIDROGRAMAS GENERALES MEDIOS (CONT.)
SIMULACIONES SIN RECTIFICACION

ZONA	A T L A P U L C O				
SECCION TIEMPO hr	67 Q/C	70 Q/C	73 Q/C	76 Q/C	79 Q/C
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.25	0.273	0.643	0.955	0.245	0.978
3.50	0.545	1.285	1.910	0.490	1.120
3.75	1.023	1.673	2.523	0.620	1.196
4.00	1.500	2.060	3.135	0.750	1.260
4.25	2.110	2.390	3.580	0.913	1.319
4.50	2.720	2.720	4.025	1.075	1.357
4.75	3.180	2.730	4.025	1.070	1.312
5.00	3.640	2.740	4.025	1.065	1.239
5.25	4.033	2.805	4.115	1.110	1.167
5.50	4.425	2.870	4.205	1.155	1.105
5.75	4.748	2.968	4.331	1.217	1.048
6.00	5.070	3.065	4.455	1.278	0.980
6.25	4.473	2.795	4.138	1.059	0.828
6.50	3.875	2.088	3.165	0.590	0.636
6.75	3.277	1.403	2.189	0.255	0.465
7.00	2.678	0.902	1.465	0.110	0.339
7.25	2.081	0.510	0.861	0.035	0.269
7.50	1.627	0.330	0.552	0.019	0.200
7.75	1.353	0.315	0.542	0.012	0.130
8.00	1.080	0.195	0.379	0.002	0.124
8.25	0.807	0.111	0.221	0.000	0.118
8.50	0.534	0.049	0.096	0.000	0.112
8.75	0.348	0.000	0.022	0.000	0.106
9.00	0.283	0.000	0.000	0.000	0.100
9.25	0.309	0.000	0.000	0.000	0.094
9.50	0.336	0.000	0.000	0.000	0.088
9.75	0.363	0.000	0.000	0.000	0.082
10.00	0.381	0.000	0.000	0.000	0.075
10.25	0.391	0.000	0.000	0.000	0.069
10.50	0.384	0.000	0.000	0.000	0.063
10.75	0.367	0.000	0.000	0.000	0.057
11.00	0.349	0.000	0.000	0.000	0.051
11.25	0.332	0.000	0.000	0.000	0.046
11.50	0.313	0.000	0.000	0.000	0.042
11.75	0.296	0.000	0.000	0.000	0.037
12.00	0.278	0.000	0.000	0.000	0.033
12.25	0.260	0.000	0.000	0.000	0.028
12.50	0.241	0.000	0.000	0.000	0.024
12.75	0.224	0.000	0.000	0.000	0.019
13.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**TABLA 6.7 HIDROGRAMAS GENERALES MEDIOS
SIMULACIONES CON RECTIFICACION**

ZONA	CALTONGO	A T L A P U L C O					
SECCION TIEMPO hr	10 Q/C	22 Q/C	26 Q/C	32 Q/C	35 Q/C	39 Q/C	53 Q/C
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.25	3.449	0.650	2.300	1.270	1.266	1.914	0.340
3.50	7.373	1.300	4.600	2.540	2.520	3.710	0.680
3.75	10.817	2.193	7.530	3.943	3.600	5.035	0.940
4.00	14.140	3.085	10.460	5.345	4.622	6.326	1.200
4.25	15.456	3.870	13.280	6.575	5.363	7.564	1.413
4.50	14.915	4.655	16.100	7.805	5.980	8.420	1.625
4.75	14.997	5.428	18.765	8.863	6.453	9.021	1.783
5.00	15.071	6.200	21.430	9.920	6.925	9.567	1.940
5.25	15.015	6.938	24.028	10.943	7.423	10.100	2.115
5.50	15.021	7.675	26.625	11.965	7.931	10.577	2.290
5.75	15.039	8.346	29.195	12.918	8.416	11.054	2.467
6.00	14.210	9.016	31.765	13.870	8.675	11.133	2.644
6.25	10.335	8.488	28.956	12.446	7.128	9.670	2.493
6.50	6.944	7.660	26.146	11.040	6.028	8.069	2.194
6.75	3.217	6.833	23.337	9.699	5.094	6.535	1.894
7.00	0.000	6.005	20.527	8.459	4.150	5.038	1.596
7.25	0.000	5.177	17.718	7.301	3.283	3.688	1.297
7.50	0.000	4.349	14.908	6.185	2.531	2.783	0.998
7.75	0.000	3.612	12.557	5.109	1.774	2.010	0.823
8.00	0.000	3.096	10.664	4.061	0.954	1.147	0.731
8.25	0.000	2.580	8.773	3.009	0.229	0.434	0.640
8.50	0.000	2.063	6.881	1.962	0.000	0.000	0.550
8.75	0.000	1.547	4.989	1.237	0.000	0.000	0.459
9.00	0.000	1.030	3.097	0.843	0.000	0.000	0.367
9.25	0.000	0.513	1.387	0.490	0.000	0.000	0.318
9.50	0.000	0.405	1.134	0.280	0.000	0.000	0.309
9.75	0.000	0.392	1.064	0.221	0.000	0.000	0.299
10.00	0.000	0.378	0.994	0.186	0.000	0.000	0.289
10.25	0.000	0.364	0.923	0.167	0.000	0.000	0.280
10.50	0.000	0.350	0.852	0.154	0.000	0.000	0.270
10.75	0.000	0.336	0.782	0.122	0.000	0.000	0.259
11.00	0.000	0.318	0.737	0.090	0.000	0.000	0.249
11.25	0.000	0.301	0.695	0.070	0.000	0.000	0.239
11.50	0.000	0.284	0.652	0.060	0.000	0.000	0.230
11.75	0.000	0.267	0.611	0.060	0.000	0.000	0.220
12.00	0.000	0.249	0.568	0.058	0.000	0.000	0.210
12.25	0.000	0.233	0.526	0.049	0.000	0.000	0.198
12.50	0.000	0.217	0.487	0.041	0.000	0.000	0.188
12.75	0.000	0.207	0.461	0.032	0.000	0.000	0.179
13.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABLA 6.7 HIDROGRAMAS GENERALES MEDIOS (CONT.)
SIMULACIONES CON RECTIFICACION

ZONA	A T L A P U L C O				
SECCION TIEMPO hr	67 Q/C	70 Q/C	73 Q/C	76 Q/C	79 Q/C
.0 00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.25	0.383	0.833	0.830	0.483	0.248
3.50	0.765	1.665	1.660	0.965	0.488
3.75	1.695	2.220	2.163	1.185	0.610
4.00	2.625	2.775	2.665	1.405	0.747
4.25	3.780	3.123	2.978	1.540	0.858
4.50	4.935	3.470	3.290	1.675	0.915
4.75	5.738	3.653	3.430	1.763	0.955
5.00	6.540	3.835	3.570	1.850	0.945
5.25	7.133	4.098	3.800	2.003	0.935
5.50	7.725	4.360	4.030	2.155	0.926
5.75	8.243	4.640	4.251	2.317	0.912
6.00	8.760	4.920	4.472	2.478	0.864
6.25	7.889	4.432	4.130	2.145	0.608
6.50	7.017	3.752	3.435	1.557	0.345
6.75	6.146	3.073	2.835	1.165	0.143
7.00	5.274	2.393	2.238	0.796	0.032
7.25	4.404	1.890	1.755	0.450	0.000
7.50	3.533	1.552	1.440	0.430	0.000
7.75	2.775	1.294	1.247	0.383	0.000
8.00	2.475	1.037	1.026	0.245	0.000
8.25	2.175	0.815	0.788	0.137	0.000
8.50	1.875	0.603	0.548	0.033	0.000
8.75	1.575	0.426	0.306	0.000	0.000
9.00	1.275	0.302	0.153	0.000	0.000
9.25	0.975	0.262	0.135	0.000	0.000
9.50	0.782	0.243	0.077	0.000	0.000
9.75	0.749	0.223	0.045	0.000	0.000
10.00	0.716	0.208	0.027	0.000	0.000
10.25	0.683	0.187	0.009	0.000	0.000
10.50	0.650	0.162	0.000	0.000	0.000
10.75	0.617	0.137	0.000	0.000	0.000
11.00	0.584	0.112	0.000	0.000	0.000
11.25	0.555	0.102	0.000	0.000	0.000
11.50	0.531	0.101	0.000	0.000	0.000
11.75	0.507	0.100	0.000	0.000	0.000
12.00	0.483	0.099	0.000	0.000	0.000
12.25	0.459	0.091	0.000	0.000	0.000
12.50	0.434	0.082	0.000	0.000	0.000
12.75	0.410	0.075	0.000	0.000	0.000
13.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**TABLA 6.8 TIRANTES MAXIMOS
ZONA GALTONGO SIMULACION UNICA**

SEC	SIN RECTIFICACION				CON RECTIFICACION			
	ELEV FONDO (m)	TIR INIC (m)	TIR MAX 0.10 (m)	INC MAX 0.10 (%)	ELEV FONDO (m)	TIR INIC (m)	TIR MAX 0.10 (m)	INC MAX 0.10 (%)
1	34.70	1.550	1.553	0.19	34.70	1.550	1.553	0.19
2	33.10	3.150	3.153	0.10	33.10	3.150	3.153	0.10
3	33.70	2.550	2.554	0.16	33.70	2.550	2.554	0.16
4	33.50	2.750	2.754	0.15	33.50	2.750	2.754	0.15
5	33.50	2.750	2.754	0.15	33.50	2.750	2.754	0.15
6	33.60	2.650	2.654	0.15	33.60	2.650	2.654	0.15
7	33.80	2.450	2.453	0.12	33.80	2.450	2.453	0.12
8	32.70	3.550	3.552	0.06	32.70	3.550	3.552	0.06
9	32.80	3.450	3.450	0.00	32.80	3.450	3.450	0.00
10	32.80	3.450	3.450	0.00	32.80	3.450	3.450	0.00
11	33.70	2.550	2.553	0.12	33.70	2.550	2.553	0.12
12	34.10	2.150	2.153	0.14	34.00	2.250	2.253	0.13
13	33.10	3.150	3.153	0.10	33.10	3.150	3.153	0.10
14	33.70	2.550	2.552	0.08	33.50	2.750	2.752	0.07
15	33.00	3.250	3.252	0.06	33.00	3.250	3.252	0.06
16	33.00	3.250	3.251	0.03	33.00	3.250	3.251	0.03
17	33.80	2.450	2.451	0.04	33.50	2.750	2.751	0.04
18	33.80	2.450	2.451	0.04	33.50	2.750	2.751	0.04
19	34.00	2.250	2.251	0.04	34.00	2.250	2.252	0.09
20	34.50	1.750	1.751	0.06	34.00	2.250	2.251	0.04
21	34.20	2.050	2.051	0.05	34.00	2.250	2.251	0.04
22	33.60	2.650	2.651	0.04	33.60	2.650	2.652	0.08
23	33.80	2.450	2.451	0.04	33.80	2.450	2.452	0.08

TABLA 6.9 TIRANTES MAXIMOS ZONA ATLAPULCO SIMULACION 1

SEC	SIN RECTIFICACION				CON RECTIFICACION			
	ELEV FONDO (m)	TIR INIC (m)	TIR MAX 0.10 (m)	INC MAX 0.10 (%)	ELEV FONDO (m)	TIR INIC (m)	TIR MAX 0.10 (m)	INC MAX 0.10 (%)
1	32.90	2.850	2.865	0.53	32.90	2.850	2.863	0.46
2	34.80	0.950	0.965	1.58	34.00	1.750	1.763	0.74
3	34.80	0.950	0.968	1.89	34.80	0.950	0.964	1.47
4	33.90	1.850	1.868	0.97	33.90	1.850	1.864	0.76
5	34.50	1.250	1.258	0.64	34.00	1.750	1.758	0.46
6	34.60	1.150	1.168	1.57	34.00	1.750	1.759	0.51
7	34.30	1.450	1.513	4.34	34.00	1.750	1.776	1.49
10	35.20	0.550	0.577	4.91	34.00	1.750	1.773	1.31
11	34.90	0.850	0.870	2.35	34.00	1.750	1.775	1.43
13	33.50	2.250	2.270	0.89	33.50	2.250	2.274	1.07
14	34.20	1.550	1.570	1.29	34.20	1.550	1.573	1.48
15	33.80	1.950	1.970	1.03	33.80	1.950	1.973	1.18
16	33.70	2.050	2.070	0.98	33.70	2.050	2.073	1.12
20	34.20	1.550	1.560	0.65	34.20	1.550	1.559	0.58
22	34.50	1.250	1.250	0.00	34.50	1.250	1.250	0.00
23	34.20	1.550	1.566	1.03	34.00	1.750	1.762	0.69
26	34.20	1.550	1.567	1.10	33.80	1.950	1.962	0.62
27	34.20	1.550	1.583	2.13	34.00	1.750	1.773	1.31
29	34.50	1.250	1.263	1.04	34.50	1.250	1.263	1.04
30	34.00	1.750	1.757	0.40	34.00	1.750	1.756	0.34
32	34.00	1.750	1.750	0.00	33.50	2.250	2.250	0.00
33	34.50	1.250	1.265	1.20	34.00	1.750	1.757	0.40
35	34.30	1.450	1.450	0.00	34.00	1.750	1.750	0.00
36	34.50	1.250	1.267	1.36	34.30	1.450	1.464	0.97
39	34.30	1.450	1.450	0.00	34.30	1.450	1.450	0.00
40	34.30	1.450	1.453	0.21	34.30	1.450	1.453	0.21
42	34.30	1.450	1.451	0.07	34.30	1.450	1.452	0.14
43	34.60	1.150	1.157	0.61	34.30	1.450	1.465	1.03
45	34.70	1.050	1.054	0.38	34.30	1.450	1.453	0.21
46	34.80	0.950	0.954	0.42	34.30	1.450	1.454	0.28
47	34.70	1.050	1.064	1.33	34.30	1.450	1.465	1.03
48	34.50	1.250	1.265	1.20	34.30	1.450	1.465	1.03
49	34.50	1.250	1.251	0.08	34.30	1.450	1.451	0.07
50	34.50	1.250	1.251	0.08	34.30	1.450	1.451	0.07
52	33.30	2.450	2.450	0.00	33.30	2.450	2.450	0.00
54	34.40	1.350	1.370	1.48	34.40	1.350	1.372	1.63
56	34.60	1.150	1.157	0.61	34.30	1.450	1.466	1.10
57	34.00	1.750	1.769	1.09	34.00	1.750	1.772	1.26
58	34.60	1.150	1.169	1.65	34.30	1.450	1.471	1.45
59	34.50	1.250	1.265	1.20	34.30	1.450	1.468	1.24
60	34.70	1.050	1.068	1.71	34.30	1.450	1.471	1.45
62	34.10	1.650	1.670	1.21	34.00	1.750	1.773	1.31
64	35.40	0.350	0.351	0.29	34.80	0.950	0.951	0.11
67	34.20	1.550	1.550	0.00	34.20	1.550	1.550	0.00
70	34.30	1.450	1.450	0.00	33.50	2.250	2.250	0.00
73	34.70	1.050	1.050	0.00	34.70	1.050	1.050	0.00
76	34.20	1.550	1.550	0.00	34.20	1.550	1.550	0.00
77	33.50	2.250	2.250	0.00	33.50	2.250	2.250	0.00
79	33.50	2.250	2.250	0.00	33.50	2.250	2.250	0.00

TABLA 6.10 TIRANTES MAXIMOS ZONA ATLAPULCO SIMULACION 2

SEC	SIN RECTIFICACION				CON RECTIFICACION			
	ELEV FONDO	TIR INIC	TIR MAX 0.10	INC MAX 0.10	ELEV FONDO	TIR INIC	TIR MAX 0.10	INC MAX 0.10
	(m)	(m)	(m)	(%)	(m)	(m)	(m)	(%)
1	32.90	2.850	3.700	29.82	32.90	2.850	3.549	24.53
2	34.80	0.950	1.800	89.47	34.00	1.750	2.449	39.94
3	34.80	0.950	1.800	89.47	34.80	0.950	1.648	73.47
4	33.90	1.850	2.700	45.95	33.90	1.850	2.548	37.73
5	34.50	1.250	2.099	67.92	34.00	1.750	2.448	39.89
6	34.60	1.150	1.999	73.83	34.00	1.750	2.448	39.89
7	34.30	1.450	2.299	58.55	34.00	1.750	2.447	39.83
10	35.20	0.550	1.220	121.8	34.00	1.750	2.342	33.83
11	34.90	0.850	1.490	75.29	34.00	1.750	2.329	33.09
13	33.50	2.250	2.850	26.67	33.50	2.250	2.807	24.76
14	34.20	1.550	2.149	38.65	34.20	1.550	2.105	35.81
15	33.80	1.950	2.549	30.72	33.80	1.950	2.504	28.41
16	33.70	2.050	2.649	29.22	33.70	2.050	2.605	27.07
20	34.20	1.550	2.400	54.84	34.20	1.550	2.249	45.10
22	34.50	1.250	2.100	68.00	34.50	1.250	1.949	55.92
23	34.20	1.550	2.400	54.84	34.00	1.750	2.448	39.89
26	34.20	1.550	2.400	54.84	33.80	1.950	2.648	35.79
27	34.20	1.550	2.400	54.84	34.00	1.750	2.448	39.89
29	34.50	1.250	2.100	68.00	34.50	1.250	1.948	55.84
30	34.00	1.750	2.600	48.57	34.00	1.750	2.448	39.89
32	34.00	1.750	2.600	48.57	33.50	2.250	2.948	31.02
33	34.50	1.250	2.100	68.00	34.00	1.750	2.448	39.89
35	34.30	1.450	2.300	58.62	34.00	1.750	2.448	39.89
36	34.50	1.250	1.921	53.68	34.30	1.450	2.042	40.83
39	34.30	1.450	2.120	46.21	34.30	1.450	2.042	40.83
40	34.30	1.450	2.122	46.34	34.30	1.450	2.043	40.90
42	34.30	1.450	2.121	46.28	34.30	1.450	2.041	40.76
43	34.60	1.150	1.766	53.57	34.30	1.450	2.007	38.41
45	34.70	1.050	1.631	55.33	34.30	1.450	1.978	36.41
46	34.80	0.950	1.523	60.32	34.30	1.450	1.965	35.52
47	34.70	1.050	1.622	54.48	34.30	1.450	1.959	35.10
48	34.50	1.250	1.766	41.28	34.30	1.450	1.912	31.86
49	34.50	1.250	1.613	29.04	34.30	1.450	1.751	20.76
50	34.50	1.250	1.463	17.04	34.30	1.450	1.574	8.55
52	33.30	2.450	2.456	0.24	33.30	2.450	2.458	0.33
54	34.40	1.350	1.950	44.44	34.40	1.350	1.907	41.26
56	34.60	1.150	1.765	53.48	34.30	1.450	2.007	38.41
57	34.00	1.750	2.349	34.23	34.00	1.750	2.305	31.71
58	34.60	1.150	1.750	52.17	34.30	1.450	2.006	38.34
59	34.50	1.250	1.849	47.92	34.30	1.450	2.003	38.14
60	34.70	1.050	1.649	57.05	34.30	1.450	2.003	38.14
62	34.10	1.650	2.248	36.24	34.00	1.750	2.304	31.66
64	35.40	0.350	0.744	112.6	34.80	0.950	1.266	33.26
67	34.20	1.550	2.220	43.23	34.20	1.550	2.141	38.13
70	34.30	1.450	2.031	40.07	33.50	2.250	2.778	23.47
73	34.70	1.050	1.622	54.48	34.70	1.050	1.559	48.48
76	34.20	1.550	1.913	23.42	34.20	1.550	1.851	19.42
77	33.50	2.250	2.262	0.53	33.50	2.250	2.264	0.62
79	33.50	2.250	2.250	0.00	33.50	2.250	2.250	0.00

TABLA 6.11 TIRANTES MAXIMOS ZONA ATLAPULCO SIMULACION 3

SEC	SIN RECTIFICACION				CON RECTIFICACION			
	ELEV FONDO (m)	TIR INIC (m)	TIR MAX 0.10 (m)	INC MAX 0.10 (%)	ELEV FONDO (m)	TIR INIC (m)	TIR MAX 0.10 (m)	INC MAX 0.10 (%)
1	32.90	2.85	2.869	0.526	32.90	2.85	2.863	0.456
2	34.80	0.95	0.969	1.572	34.00	1.75	1.762	0.686
3	34.80	0.95	0.973	1.992	34.80	0.95	0.963	1.368
4	33.90	1.85	1.873	1.025	33.90	1.85	1.863	0.703
5	34.50	1.25	1.262	0.638	34.00	1.75	1.758	0.457
6	34.60	1.15	1.173	1.646	34.00	1.75	1.758	0.457
7	34.30	1.45	1.520	4.539	34.00	1.75	1.775	1.429
10	35.20	0.55	0.580	4.882	34.00	1.75	1.772	1.257
11	34.90	0.85	0.874	2.462	34.00	1.75	1.773	1.314
13	33.50	2.25	2.274	0.932	33.50	2.25	2.272	0.978
14	34.20	1.55	1.574	1.352	34.20	1.55	1.572	1.419
15	33.80	1.95	1.974	1.075	33.80	1.95	1.972	1.128
16	33.70	2.05	2.074	1.023	33.70	2.05	2.072	1.073
20	34.20	1.55	1.564	0.644	34.20	1.55	1.558	0.516
22	34.50	1.25	1.254	0.000	34.50	1.25	1.250	0.000
23	34.20	1.55	1.571	1.094	34.00	1.75	1.761	0.629
26	34.20	1.55	1.572	1.158	33.80	1.95	1.962	0.615
27	34.20	1.55	1.589	2.252	34.00	1.75	1.772	1.257
29	34.50	1.25	1.267	1.037	34.50	1.25	1.263	1.040
30	34.00	1.75	1.761	0.399	34.00	1.75	1.756	0.343
32	34.00	1.75	1.754	0.000	33.50	2.25	2.250	0.000
33	34.50	1.25	1.269	1.196	34.00	1.75	1.757	0.400
35	34.30	1.45	1.454	0.000	34.00	1.75	1.750	0.000
36	34.50	1.25	1.270	1.357	34.30	1.45	1.464	0.966
39	34.30	1.45	1.453	0.000	34.30	1.45	1.450	0.000
40	34.30	1.45	1.456	0.206	34.30	1.45	1.453	0.207
42	34.30	1.45	1.454	0.069	34.30	1.45	1.452	0.138
43	34.60	1.15	1.160	0.607	34.30	1.45	1.464	0.966
45	34.70	1.05	1.057	0.380	34.30	1.45	1.453	0.207
46	34.80	0.95	0.957	0.420	34.30	1.45	1.454	0.276
47	34.70	1.05	1.067	1.330	34.30	1.45	1.465	1.034
48	34.50	1.25	1.267	1.117	34.30	1.45	1.465	1.034
49	34.50	1.25	1.255	0.400	34.30	1.45	1.451	0.069
50	34.50	1.25	1.253	0.240	34.30	1.45	1.451	0.069
52	33.30	2.45	2.451	0.041	33.30	2.45	2.450	0.000
54	34.40	1.35	1.374	1.552	34.40	1.35	1.371	1.556
56	34.60	1.15	1.160	0.607	34.30	1.45	1.465	1.034
57	34.00	1.75	1.773	1.141	34.00	1.75	1.771	1.200
58	34.60	1.15	1.172	1.648	34.30	1.45	1.470	1.379
59	34.50	1.25	1.268	1.197	34.30	1.45	1.467	1.172
60	34.70	1.05	1.072	1.804	34.30	1.45	1.470	1.379
62	34.10	1.65	1.674	1.270	34.00	1.75	1.772	1.257
64	35.40	0.35	0.351	0.286	34.80	0.95	0.951	0.105
67	34.20	1.55	1.553	0.000	34.20	1.55	1.550	0.000
70	34.30	1.45	1.453	0.000	33.50	2.25	2.250	0.000
73	34.70	1.05	1.053	0.000	34.70	1.05	1.050	0.000
76	34.20	1.55	1.550	0.000	34.20	1.55	1.550	0.000
77	33.50	2.25	2.252	0.089	33.50	2.25	2.250	0.000
79	33.50	2.25	2.250	0.000	33.50	2.25	2.250	0.000

FIG. 6.1 CUENCA 1

Pendiente de la Cuenca

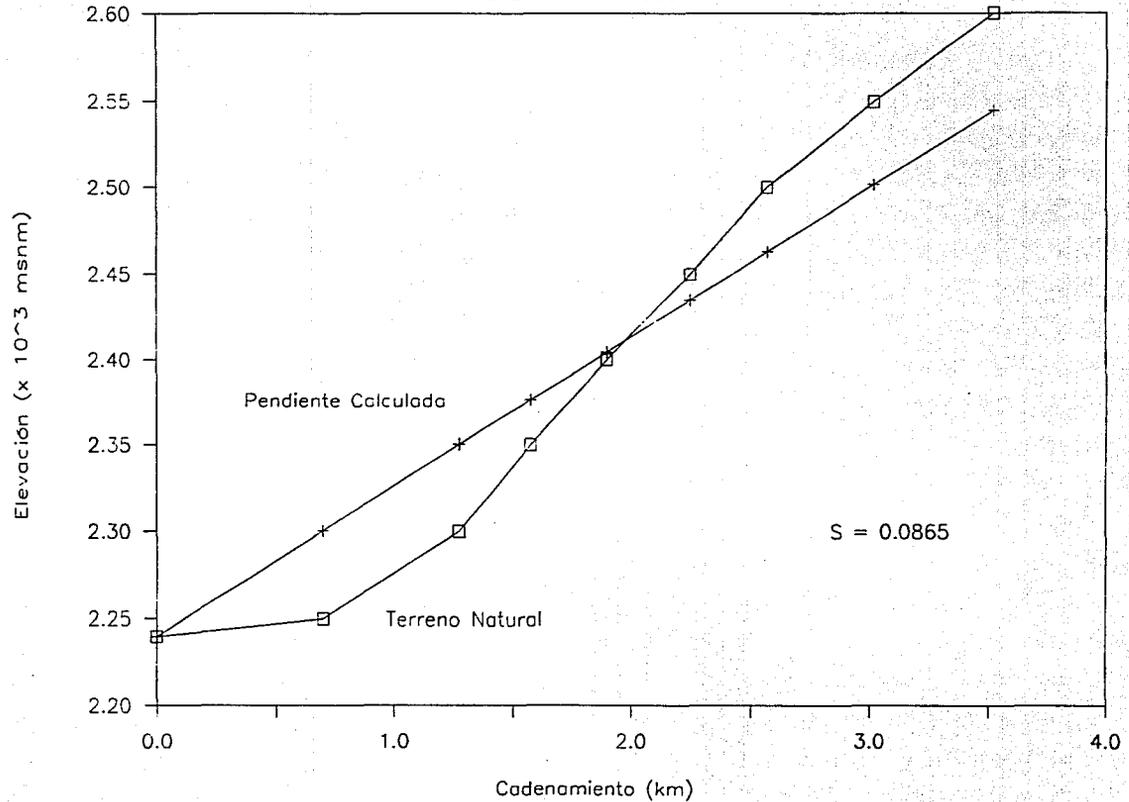


FIG. 6.2 SIMULACION CALTONGO 1
SECCION 10

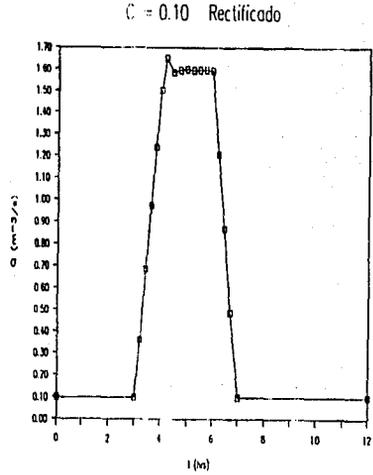
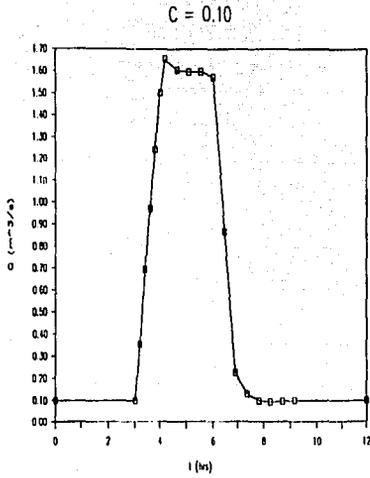


FIG. 6.3 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 22

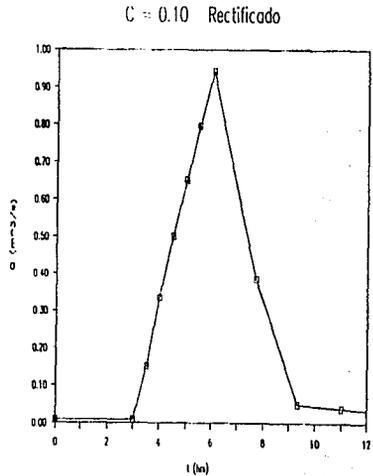
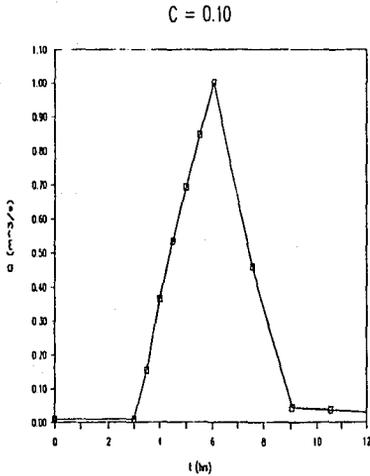


FIG. 6.4 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 26

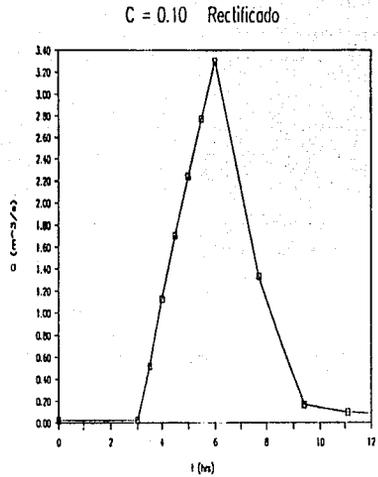
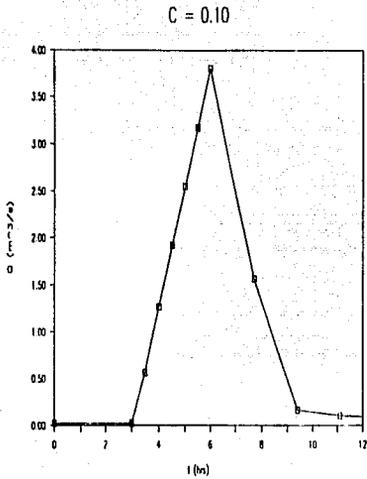


FIG. 6.5 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 32

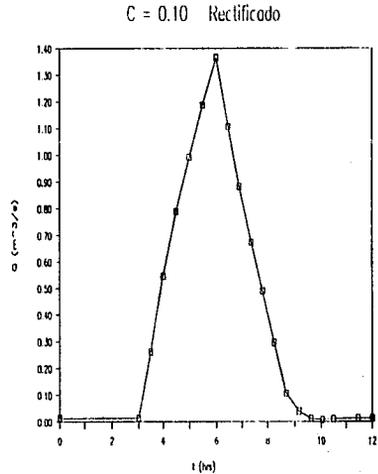
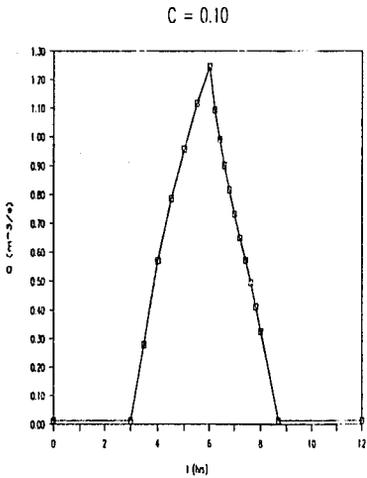


FIG. 6.6 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 35

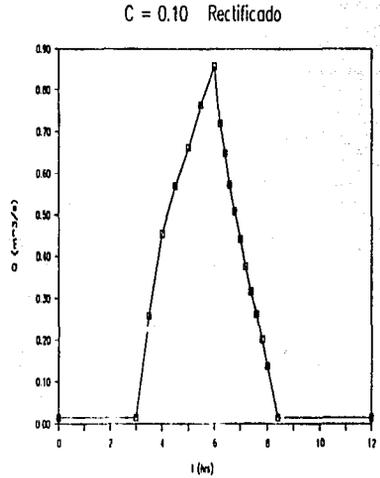
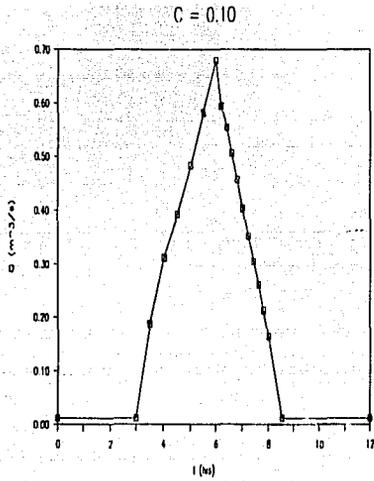


FIG. 6.7 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 39

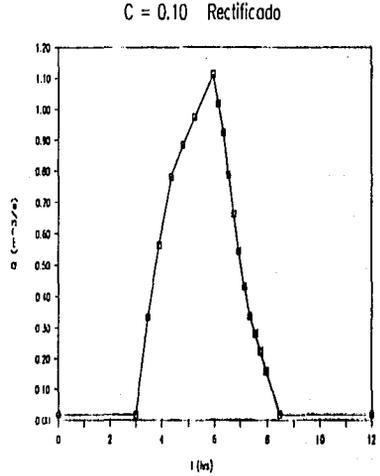
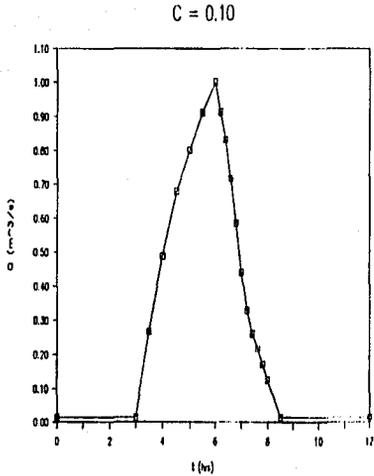


FIG. 6.8 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 53

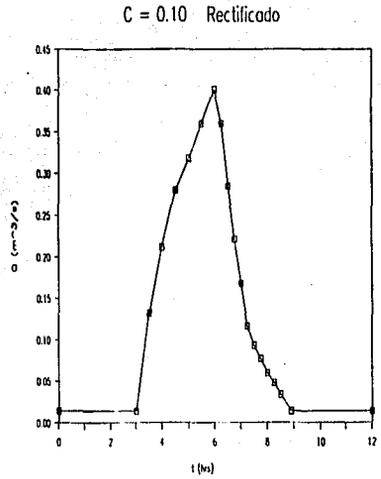
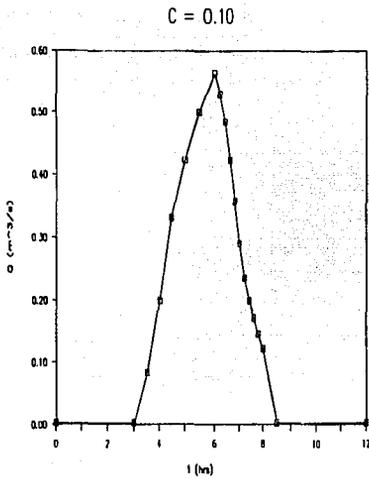


FIG. 6.9 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 67

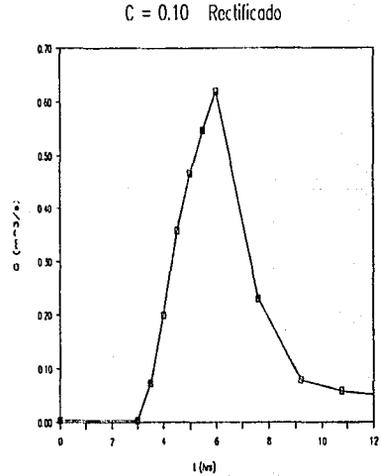
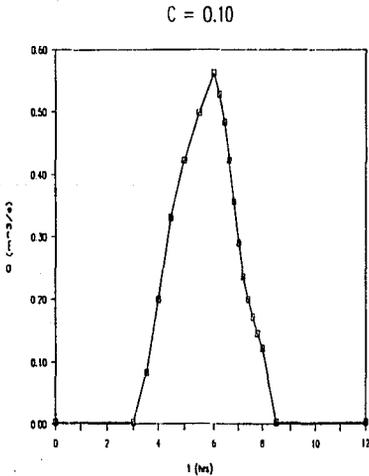


FIG. 6.10 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 70

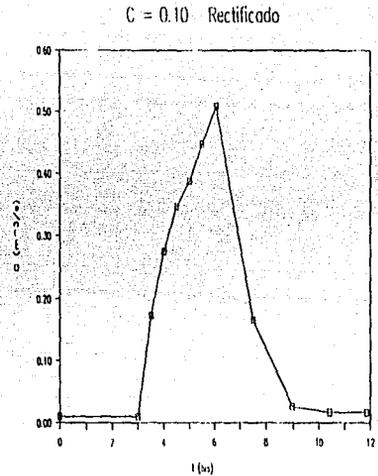
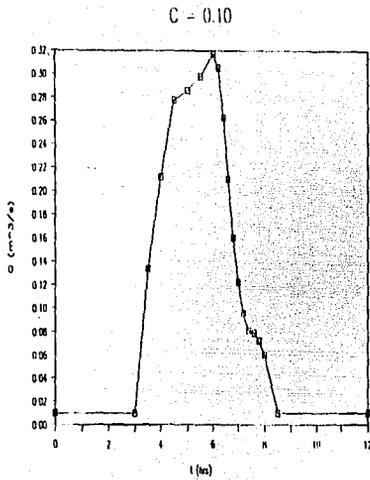


FIG. 6.11 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 73

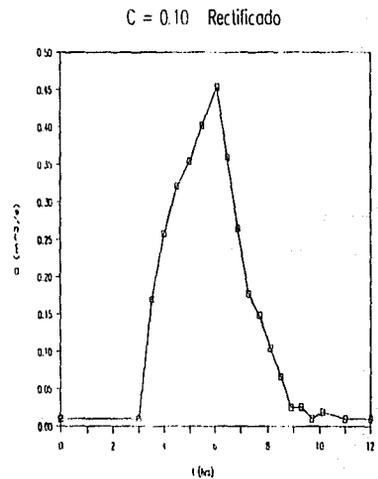
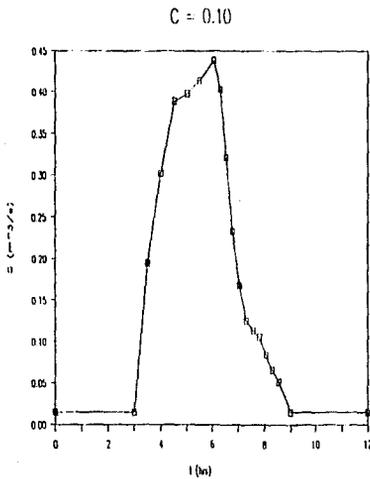


FIG. 6.12 SIMULACION ATLAPULCO 1
SECCION 76

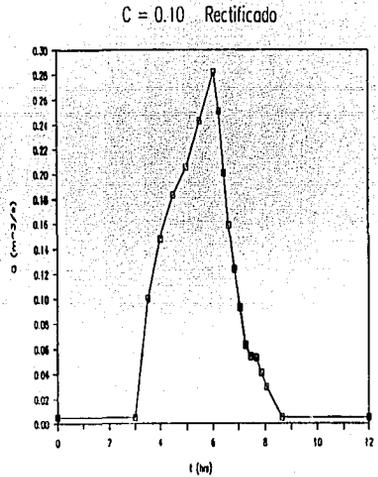
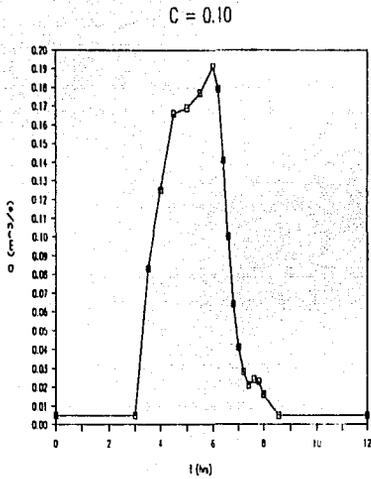


FIG. 6.13 SIMULACION ATLAPULCO 2
SECCION 79

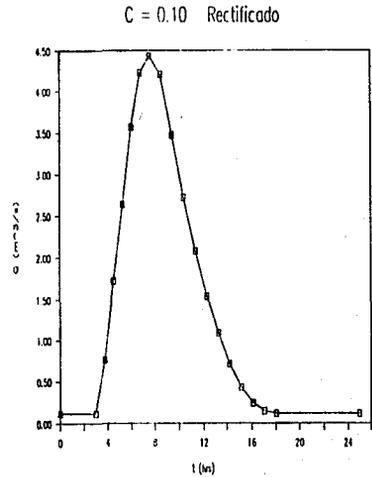
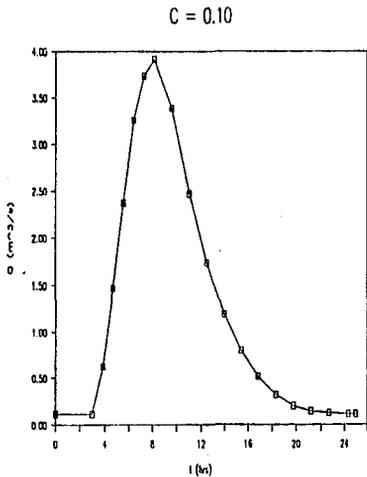


FIG. 6.14 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 22

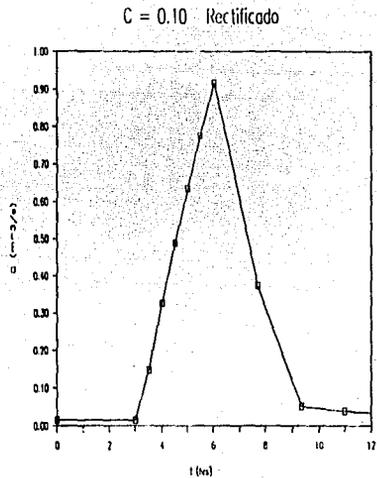
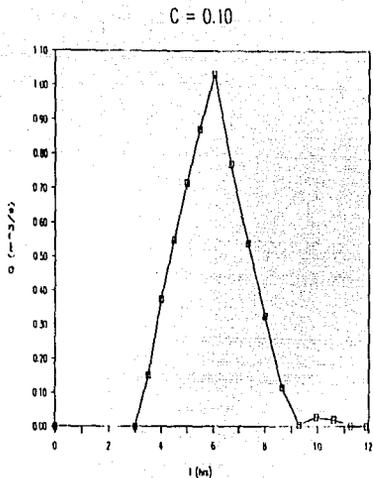


FIG. 6.15 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 26

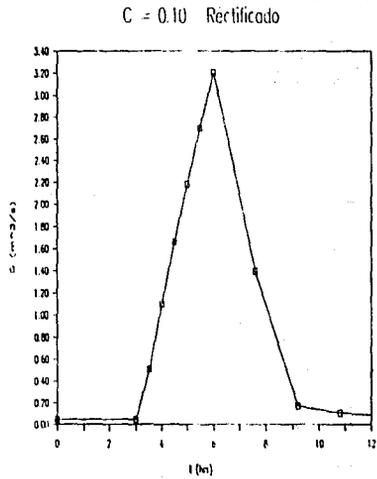
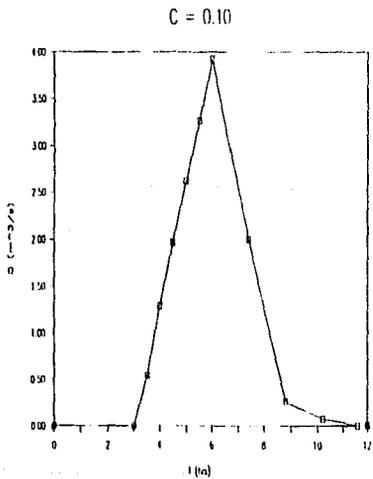


FIG. 6.16 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 32

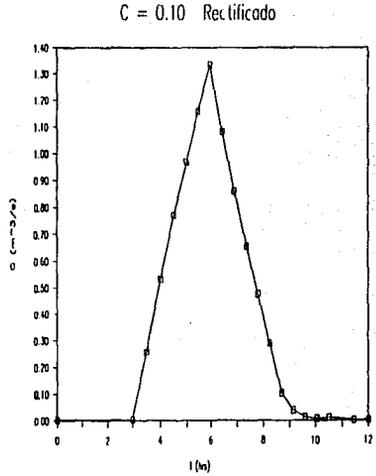
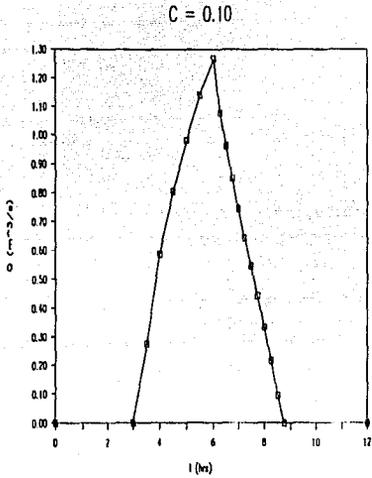


FIG. 6.17 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 35

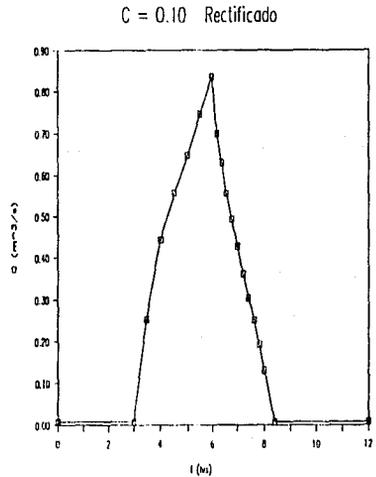
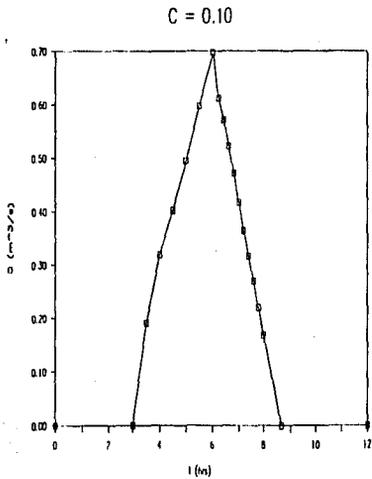


FIG. 6.18 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 39

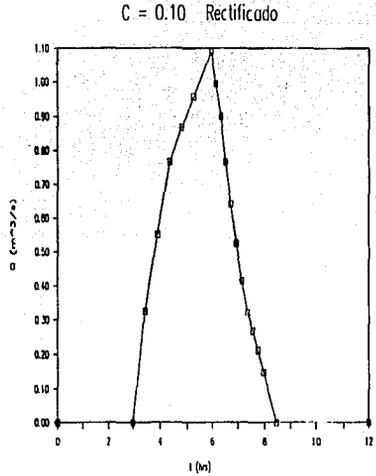
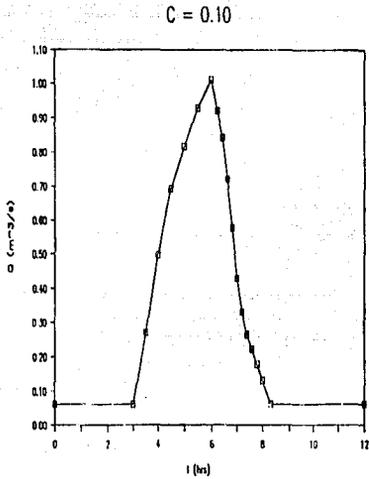


FIG. 6.19 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 53

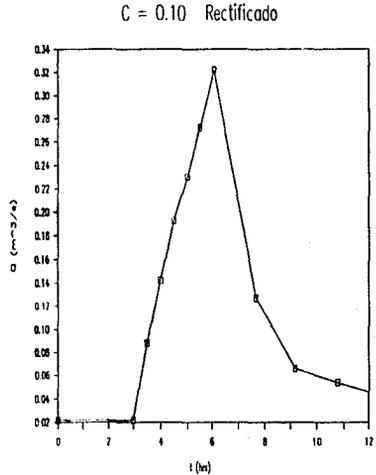
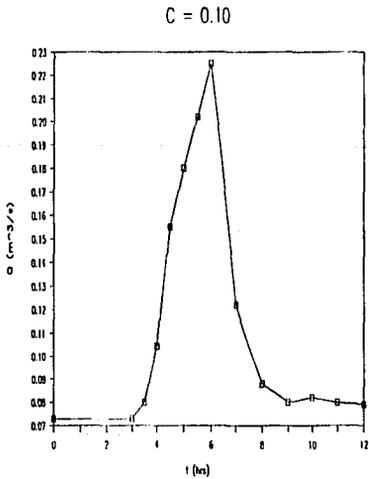


FIG. 6.20 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 67

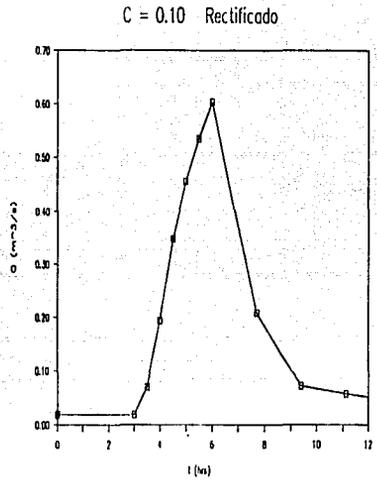
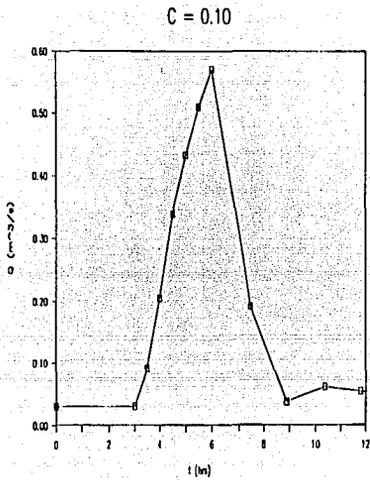


FIG. 6.21 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 70

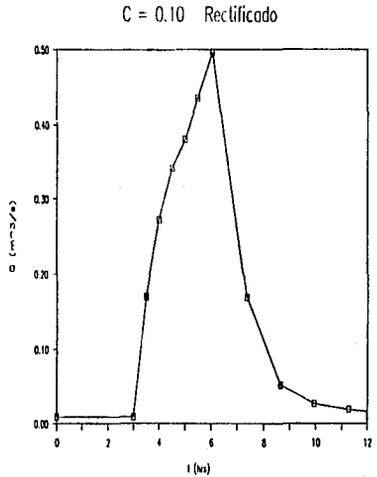
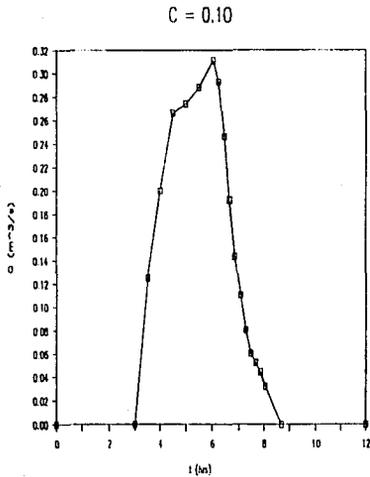


FIG. 6.22 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 73

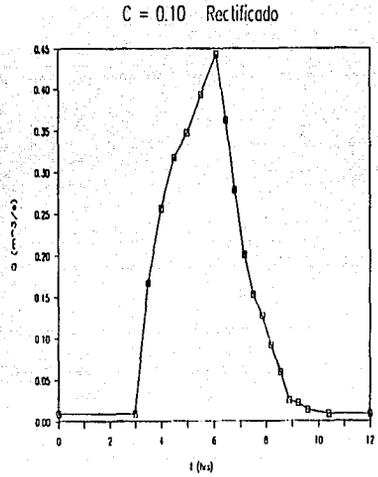
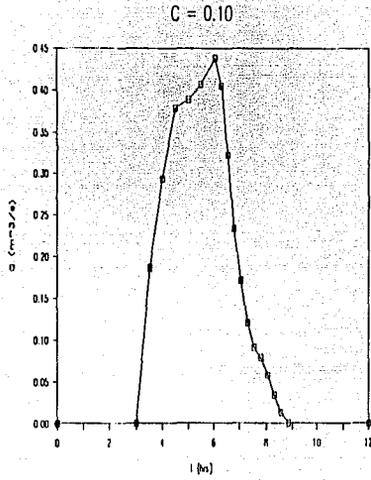


FIG. 6.23 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 76

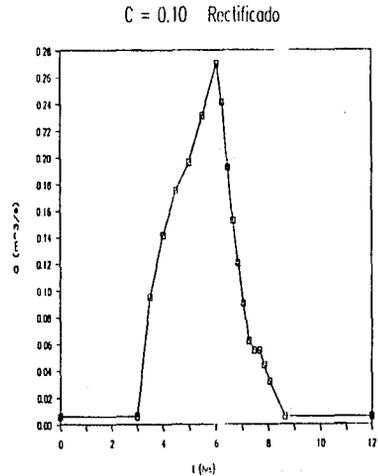
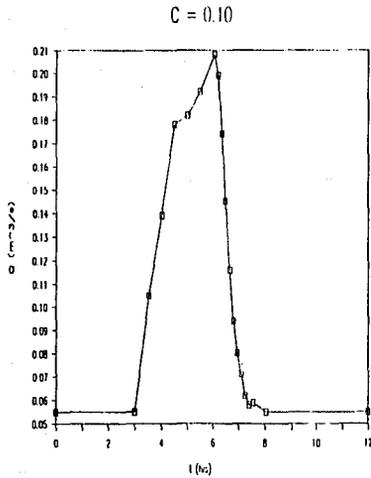
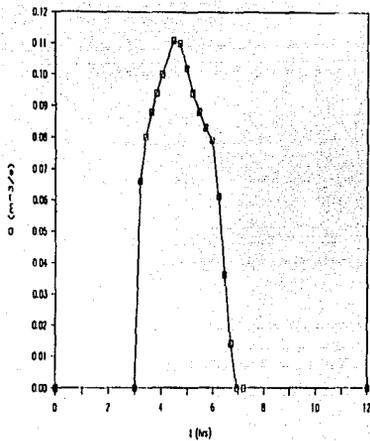


FIG. 6.24 SIMULACION ATLAPULCO 3
SECCION 79

C = 0.10



C = 0.10 Rectificado

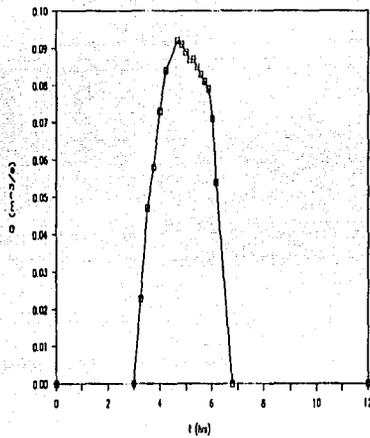


FIG. 6.25 REVISION DE HIDROGRAMAS

Zona Caltongo Alternativa Unica

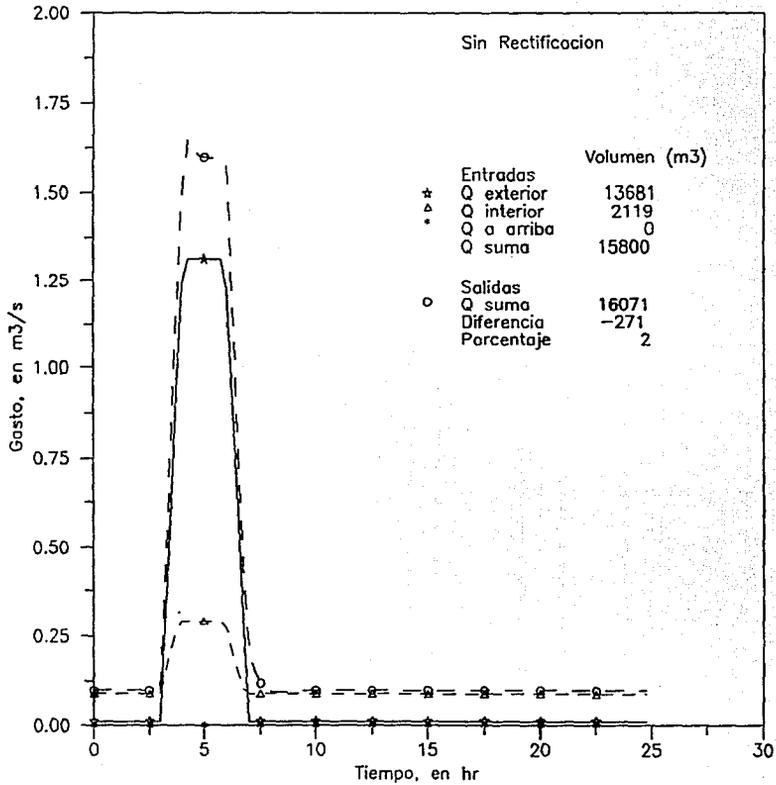


FIG. 6.26 REVISION DE HIDROGRAMAS

Zona Atlapulco Alternativa 1

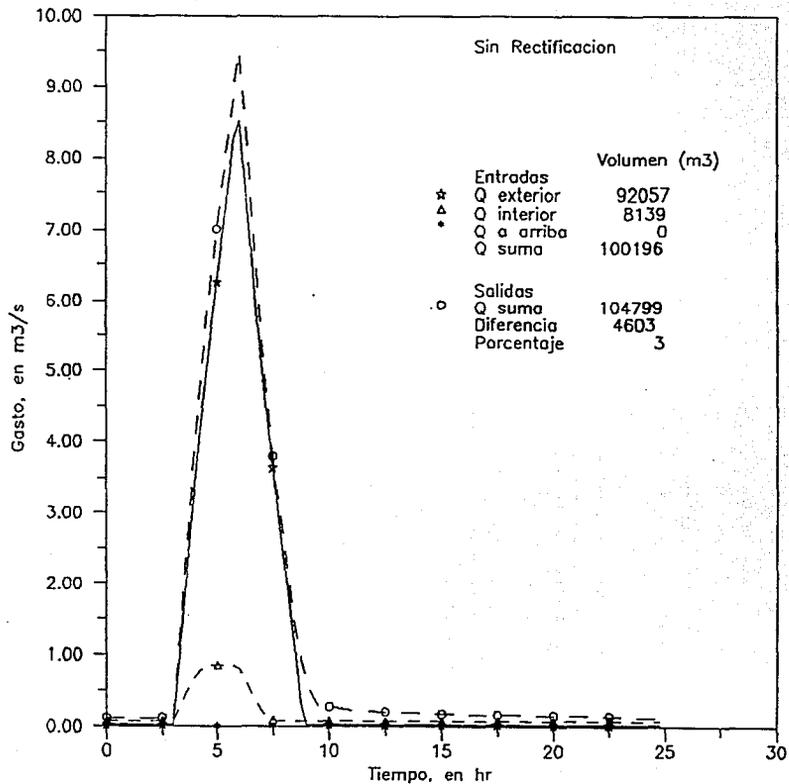


FIG. 6.27 REVISION DE HIDROGRAMAS

Zona Atlapulco Alternativa 2

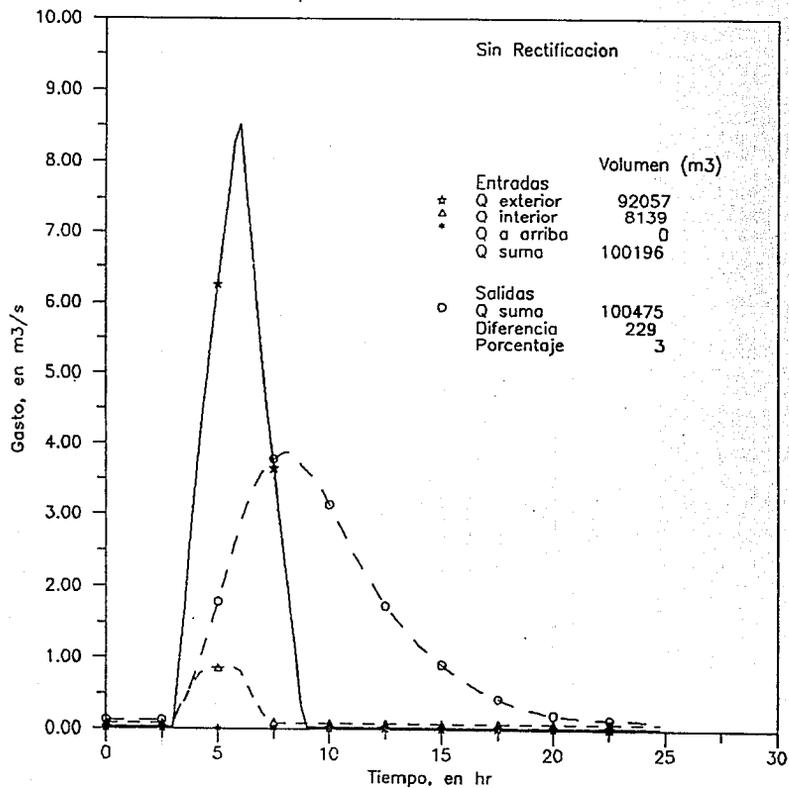


FIG. 6.28 REVISION DE HIDROGRAMAS

Zona Atlapuico Alternativa 3

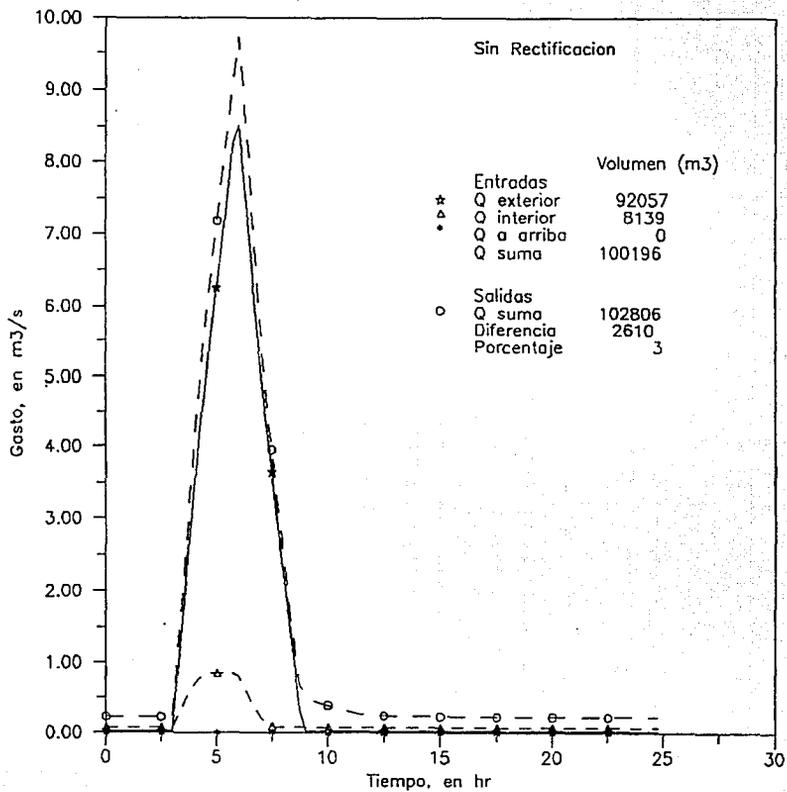
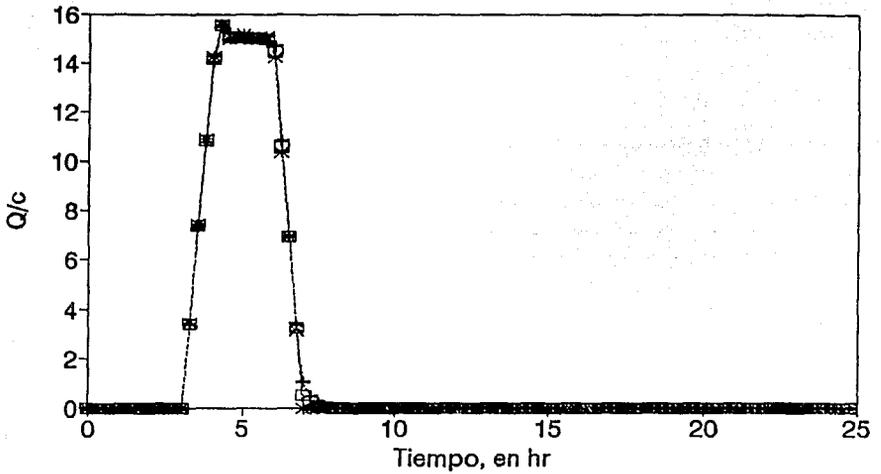


FIG. 6.29 HIDROGRAMA GENERAL

Zona Caltongo

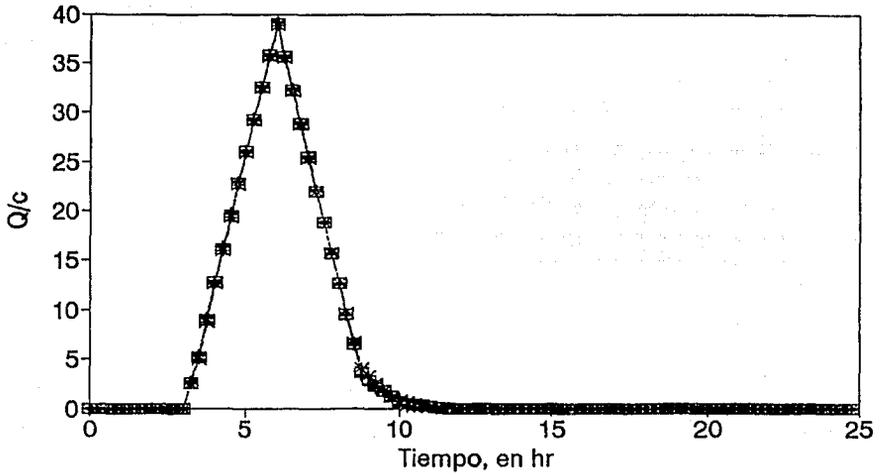


.....+..... c=0.10 -*- c=0.05 --□-- valor medio

SECCION 10
SIMULACION 1

FIG. 6.30 HIDROGRAMA GENERAL

Zona Atlapulco



---+--- c=0.10 ---*--- c=0.05 ---□--- valor medio

SECCION 26
SIMULACION 3

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El problema que presentan los canales del Lago de Xochimilco, es como ya se explicó, los hundimientos desiguales provocados por la extracción de agua subterránea para el abastecimiento de la Ciudad de México.

La escasez de agua en algunos canales y las inundaciones presentadas en otros, dieron origen al presente estudio para definir la operación de los seccionamientos estratégicamente ubicados que mantienen niveles de agua necesarios para la navegación en zonas de poco hundimiento, así como evitar

inundaciones en zonas en la que los hidrúmenes han sido mayores, al grado de desaparecer los canales existentes y aumentar el área de la Laguna de San Gregorio.

Del análisis de los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas en éste trabajo, se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones para la operación de las estructuras, tanto en época de estiaje como en época de lluvias.

7.1 Epoca de Estiaje.

De acuerdo con las simulaciones que provocan mayor movimiento de agua en los canales de la Zona Caltongo, se puede decir que:

- a) Las velocidades medias generalmente disminuyen en las simulaciones efectuadas con los canales con rectificación que sin ella, sin embargo los gastos en las secciones con rectificación aumentan, lo que favorece el movimiento de agua en éstos canales.
- b) La ubicación de la entrega de agua a esta zona, provoca que exista movimiento en todos sus canales, por lo que la entrega debe quedarse en donde se indica.

En el caso de la Zona Atlapulco, en la que se variaron el número de salidas, se observa que existe mayor número de canales con movimiento mientras mayor sea el número de salidas abiertas, sin embargo las velocidades disminuyen mientras mas salidas existan, es decir, si se deja una sola salida las velocidades aumentan, pero disminuye el número de canales con movimiento.

Para esta zona se recomienda cambiar de posición la entrega de agua hacia el centro de la zona, debido a que actualmente se encuentra muy cerca del seccionamiento con la Zona San Gregorio y el caudal muy fácilmente vierte hacia ésta. Si se mueve al centro

de la zona la entrega de agua se provoca que:

a) El gasto de entrada se podrá distribuir mas equitativamente hacia las tres zonas a las que se descarga el agua.

b) Las velocidades en los canales de ésta zona sean mas uniformes.

Los gastos registrados en las simulaciones, muestran que los canales tienen un mejor funcionamiento cuando se simulan con la rectificación que sin ella.

Para lograr el mayor número de canales en movimiento de todo el sistema, se tienen que rectificar los canales propuestos y se tiene que dejar que los seccionamientos viertan hacia las zonas de nivel de agua inferior, cuidando la Zona Plantera (que de acuerdo con los resultados presenta problemas de inundación). por otra parte se generaliza que para tener un mayor número de canales con movimiento en cualquier zona se debe tener el mayor número de seccionamientos abiertos.

Es importante mencionar que las simulaciones se hicieron con un gasto de entrada de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, pero para un mejor funcionamiento hidráulico es necesario aumentar el caudal en las entradas hasta donde sea posible, debido a que si se aumenta éste se pueden mantener los seccionamientos vertiendo hacia las zonas de menor nivel de agua durante la inyección de agua tratada al sistema. Si se aumenta el número de entradas de agua al sistema, aumenta el número de canales con movimiento de agua.

Si en algún momento se presenta escasés de agua en un sector o canal del sistema, lo que se debe hacer es cerrar los seccionamientos que se encuentran alejados de éste y abrir los que se encuentran cercanos, para provocar que el escurrimiento pase

por ese sector o canal, con el mismo procedimiento se logra que en un canal aumente la velocidad.

Con las recomendaciones anteriores se logra un eficiente funcionamiento en época de estiaje.

Las siete zonas tienen diferentes características, por lo que la operación varía para cada zona en particular, sin embargo el comportamiento del flujo del agua es muy parecido.

7.2 Epoca de Lluvias.

Para ésta temporada lo que se buscó fué regularizar el agua de lluvia una vez conociendo el volumen que drena a las zonas que forman el sistema.

De acuerdo a los resultados, ésto se puede lograr manteniendo todos los seccionamientos abiertos, es decir dejar que los vertedores de estas secciones permitan el paso de agua hacia zonas en donde el nivel de agua es menor. De esta manera se logra que el agua de lluvia se regularize en la mayor parte de los canales.

Debe tomarse en cuenta que los seccionamientos que vierten a la Zona Plantera, se deberán controlar debido a que si no se restringe el paso del agua hacia ésta se presentarían inundaciones.

Al igual que en la época de estiaje, si se desea que el agua circule con mayor velocidad o bién que circule por una zona o canal en especial, se deben seguir los procedimientos descritos en la época de estiaje; es decir cerrar los seccionamientos que se encuentran alejados de esta zona o canal y abrir los que se encuentran cerca a éstos.

Una de las partes más importantes de éste estudio, es conocer los coeficientes de escurrimiento de las cuencas interiores y exteriores en las que se dividió la zona en estudio, (estas cuencas se encuentran trazadas en el plano 3), éstos coeficientes pueden conocerse haciendo mediciones en campo.

Una vez conocido el coeficiente real de escurrimiento, se pueden generar los hidrogramas de salida de cada zona, únicamente multiplicando los gastos de los hidrogramas generales por el coeficiente de escurrimiento real. Este procedimiento se explica en el capítulo 6.

Por otra parte si se desea conocer los hidrogramas de salida en las estructuras de seccionamiento para otras condiciones de lluvia, otro periodo de retorno, etc. se debe seguir el mismo procedimiento que en el capítulo 6 se indica, obteniendo los hidrogramas para las nuevas condiciones de simulación.

En una vista de campo se observó que había movimiento de agua en los canales en los que el modelo plantea flujo de la misma, con ésto puede verificarse la bondad del modelo. Es importante mencionar que los resultados de velocidades y gastos no se pudieron comparar con los que se presentan en las secciones, debido a que la inyección de agua no se está haciendo en la cantidad que se plantea en éste estudio.

7.3 Conclusiones y recomendaciones a éste tipo de estudios.

El uso de modelos matemáticos en computadora para éste tipo de estudios, tiene gran importancia debido a que pueden generarse un considerable número de alternativas de las cuales puede definirse la solución a un problema.

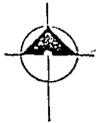
Las alternativas propuestas, para definir la solución a un

problema dado, pueden variar en sus datos o características, por lo que si en un momento dado cambian las condiciones de lo que se está simulando, pueden hacerse nuevas simulaciones en los modelos para llegar a la solución deseada.

Es por esto que debe darse mayor aplicación a los modelos matemáticos en la ingeniería, ya que se reduce el tiempo de estudio y lo más importante es que al analizar un mayor número de alternativas, pueden obtenerse la mejor solución técnica y quizá económica.

No debe perderse de vista que los resultados obtenidos de las simulaciones con modelos matemáticos, deben ser perfectamente analizados para comprobar la bondad de los modelos y la veracidad de los resultados.





SECCIONAMIENTO POR ZONA

ZONA C	
SECCIONAMIENTO	SECCION TRANSVERSAL
1	1
2	2
3	10

ZONA A	
SECCIONAMIENTO	SECCION TRANSVERSAL
1	22
2	23
3	24
4	25
5	26
6	27
7	28
8	29
9	30
10	31
11	32
12	33
13	34
14	35
15	36
16	37
17	38
18	39
19	40
20	41
21	42
22	43
23	44
24	45
25	46
26	47
27	48
28	49
29	50
30	51
31	52
32	53
33	54
34	55
35	56
36	57
37	58
38	59
39	60
40	61
41	62
42	63
43	64
44	65
45	66
46	67
47	68
48	69
49	70
50	71
51	72
52	73
53	74
54	75
55	76
56	77
57	78
58	79
59	80
60	81
61	82
62	83
63	84
64	85
65	86
66	87
67	88
68	89
69	90
70	91
71	92
72	93
73	94
74	95
75	96
76	97
77	98
78	99
79	100

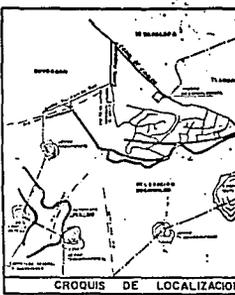
ZONA S	
SECCIONAMIENTO	SECCION TRANSVERSAL
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10

ZONA L	
SECCIONAMIENTO	SECCION TRANSVERSAL
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

ZONA P	
SECCIONAMIENTO	SECCION TRANSVERSAL
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

ZONA T	
SECCIONAMIENTO	SECCION TRANSVERSAL
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

ZONA N	
SECCIONAMIENTO	SECCION TRANSVERSAL
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

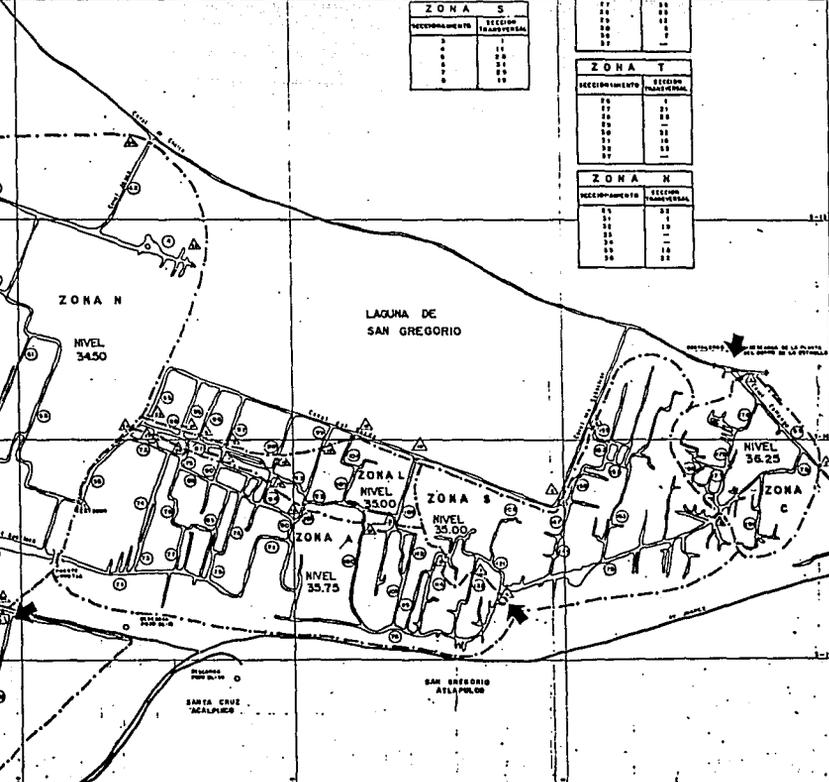


SIMBOLOGIA

- CALLE
- CALLE O AVENIDA
- ESTRUCTURAS DE CONTROL
- SECCIONES DE PAVI
- OBSTACULOS
- LIMITE DE ZONA
- ENTRADA DE AGUA TORRENTAL
- MOVIMIENTO DE TIERRAS
- SECCIONAMIENTO

NOTAS:

- EL PLANO DE PAVI DEL LEVANTAMIENTO REALIZADO POR...
- ZONA C - ZONA SAN JUAN
- ZONA A - ZONA SAN JUAN
- ZONA S - ZONA SAN JUAN
- ZONA L - ZONA SAN JUAN
- ZONA P - ZONA SAN JUAN
- ZONA T - ZONA SAN JUAN
- ZONA N - ZONA SAN JUAN



ESCALA GRAFICA 1:500



INGENIERO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PLANO GENERAL

COLECCION ZOCOMALCO

OSWALDO LEAL BAEZ

FECHA: SEPTIEMBRE / 1960

ZONA PLANTERA			
CUENTA	AREA	ESTRUCT.	PLANTAS
0	1000	100	0.00010
0	1000	100	0.00017
0	1000	100	0.00020
0	1000	100	0.00030
0	1000	100	0.00040
0	1000	100	0.00050
0	1000	100	0.00060
0	1000	100	0.00070
0	1000	100	0.00080
0	1000	100	0.00090
0	1000	100	0.00100

ZONA TURISTICA			
CUENTA	AREA	ESTRUCT.	PLANTAS
0	1000	100	0.00017
0	1000	100	0.00020
0	1000	100	0.00030
0	1000	100	0.00040
0	1000	100	0.00050
0	1000	100	0.00060
0	1000	100	0.00070
0	1000	100	0.00080
0	1000	100	0.00090
0	1000	100	0.00100

ZONA NORTE			
CUENTA	AREA	ESTRUCT.	PLANTAS
0	1000	100	0.00010
0	1000	100	0.00017
0	1000	100	0.00020
0	1000	100	0.00030
0	1000	100	0.00040
0	1000	100	0.00050
0	1000	100	0.00060
0	1000	100	0.00070
0	1000	100	0.00080
0	1000	100	0.00090
0	1000	100	0.00100

SECCIONES DE ENTRADA Y SALIDA POR ZONA

ZONA - C		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - A		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - S		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - N		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - L		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - P		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

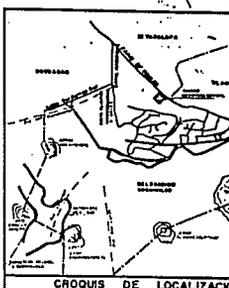
ZONA - T		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - M		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - O		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - Q		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81

ZONA - R		
SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION PLANTERA
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81



CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

- CANAL
- CALLE B. PERMANENTE
- ESTRUCTURAS EN CONSTRUCCION
- MARCAJE DE NIVEL
- DETALLES
- LIMITE DE ZONAS
- RASO
- SECCION
- LIMITE DE CUENCAS
- CUENCA INTERNA
- CUENCA EXTERNA

NOTAS:

- SI PLANO DE NIVEL DEL LEVANTAMIENTO REALIZADO POR ESTUDIO
- ZONA S - ZONA CALISTO
- ZONA A - ZONA ATLAHUAYO
- ZONA O - ZONA SAN ANTONIO
- ZONA L - ZONA LAGUNA
- ZONA P - ZONA PLANTERA
- ZONA T - ZONA TURISTICA
- ZONA N - ZONA NORTE



INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESTUDIO HOROLOGICO DE LA NUEVA ZONIFICACION DE LOS CANALES DE XICHMALCO

EDIFICACION: XICHMALCO

INGENIERO: GUILLERMO LEAL BAEZ

FECHA: SEPTIEMBRE / 1965

