

29  
29.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**CAMPUS ACATLAN**

*Regionalización*

**"REGIONALIZACION PARA EL CALCULO DE LA  
PERDIDA ANUAL POR INUNDACION, EMPLEANDO  
EL METODO DE LA AVENIDA INDICE".**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**I N G E N I E R O C I V I L**

P R E S E N T A :

**JOSE LUIS REYES BLANCO**

DIRECTOR DE TESIS: *M. EN I. MED. FONSO GUTIERREZ LOPEZ.*



ACATLAN, EDO. DE MEXICO

JULIO DE 1998.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

*265633*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

SR JOSÉ LUIS REYES BLANCO.  
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.  
P R E S E N T E

En atención a su solicitud presentada con fecha de 11 de diciembre de 1996, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL

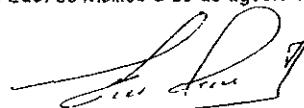
"REGIONALIZACIÓN PARA EL CALCULO DE LA PÉRDIDA ANUAL POR LA INUNDACIÓN  
EMPLEANDO EL METODO DE LA AVENIDA INDICE"

INTRODUCCION

1. LA PROBLEMÁTICA DE LAS INUNDACIONES
  2. REGIONALIZACIÓN HIDROLÓGICA
  3. PERDIDA ANUAL POR INUNDACIÓN
  4. EJEMPLO DE APLICACION.
- CONCLUSIONES.

Asimismo fué designado como asesor de tesis el M en I. MARTÍN ALFONSO GUTIÉRREZ LÓPEZ, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.  
Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

ATENTAMENTE .  
" POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "  
Acatlán Edo. de México a 20 de agosto de 1998

  
Ing. Enrique del Castillo Fragoso  
Jefe del Programa





**EL PRESENTE TRABAJO SE IMPRIMIÓ CON EL APOYO DE  
LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**

## A DIOS por sobre todas las cosas

“El gran ingeniero del Universo”, por darme la fortaleza para vivir y enfrentar los retos de cada día, así como por haberme dado la oportunidad de contar con una familia sensacional.

## A MIS PADRES

Eva Blanco y José Luis Reyes

A quienes jamás encontrare la forma de agradecer todo su cariño, comprensión y apoyo brindados en las derrotas y logros obtenidos, haciendo de éste un triunfo más suyo que mío, dándome la posibilidad de crecer junto a ustedes y aprender que el amor y la humildad es lo que hace al varón.

Valga este trabajo de pretexto, para dejar constancia de mi profundo reconocimiento y respeto hacia ustedes.

## A MI HERMANO

David Ángel

Por las lecciones de tolerancia, mesura y nobleza que me has dado en momentos difíciles.

## **A MI ASESOR**

**M. en I. M. Alfonso Gutiérrez López**

*Por su valiosa experiencia profesional, que me permitió abundar en el conocimiento del tema.*

*Como jefe y amigo, me brindo las facilidades necesarias para invertir horas de trabajo en el desarrollo de esta investigación.*

## **A MIS SINODALES**

**M. en I. Julian A. Bueno Contreras**  
**Ing. Jorge Esteban Athala Molano**  
**Ing. Carlos Rosales Aguilar**  
**Ing. Ignacio Elizalde Vega**

*Por el tiempo dedicado a la revisión final de este trabajo y sus valiosas observaciones.*

# ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo 1</b>	
<b>La problemática de las inundaciones</b> .....	4
1.1 Definición.....	4
1.2 Tipo de inundaciones.....	5
1.2.1 Pluviales.....	5
1.2.2 Fluviales.....	5
1.2.3 Lacustres y costeras.....	5
1.3 Causas generadoras de inundaciones.....	5
1.3.1 Lluvias.....	5
1.3.2 Ciclones tropicales.....	6
1.3.3 Tormentas puntuales.....	10
1.3.4 Granizo.....	11
1.3.5 Nieve.....	11
1.3.6 Desbordamiento o excedencia de presas.....	11
1.4 Daños causados por las inundaciones.....	12
1.4.1 Directos.....	12
1.4.2 Indirectos.....	12
1.4.3 Intangibles.....	12
1.5 Actividades de alerta y emergencia.....	13
1.6 Normatividad Nacional e Internacional.....	13
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Regionalización Hidrológica</b> .....	18
2.1 Caracterización de una región hidrológica.....	18
2.1.1 Pendiente media de una cuenca.....	19
2.1.1.1 Criterio J.W. Alvord.....	19
2.1.1.2 Criterio de R.E. Horton.....	19
2.1.2 Pendiente de la corriente principal de una cuenca.....	20
2.1.2.1 Criterios simplificados.....	21
2.1.2.2 Pendiente de la recta equivalente.....	22
2.1.2.3 Criterio de A.B. Taylor y H.E. Schwarz.....	23
2.1.3 Precipitación media anual.....	23
2.1.3.1 Método aritmético.....	24
2.1.3.2 Método de los Polígonos de Thiessen.....	24
2.1.3.4 Método de las Isoyetas.....	25
2.2 Cuencas hidrológicamente homogéneas.....	26
2.2.1 Prueba de homogeneidad de Langbein.....	27
2.2.2 Curvas de Andrews.....	31

2.3 Pronóstico de eventos extremos.....	33
2.3.1 Cuencas aforadas.....	33
2.3.2 Cuencas no aforadas.....	34
2.4 Método de la Avenida Índice.....	35
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Pérdida Anual por Inundación (PAI)</b> .....	38
3.1 Introducción.....	38
3.2 Determinación de la curva tirante-daño.....	39
3.2.1 Levantamiento topográfico.....	39
3.2.2 Curvas características.....	40
3.3 Morfología e hidráulica de cauces.....	44
3.4 Análisis de frecuencia de gastos máximos.....	48
3.4.1 Distribución tipo Gumbel.....	49
3.4.1.1 Estimación de parámetros estadísticos.....	51
3.4.1.2 Método de momentos.....	52
3.4.1.3 Método de máxima verosimilitud.....	52
3.4.1.4 Error Estándar de Ajuste (EE).....	54
3.5 Obtención de la pérdida anual por inundación.....	55
3.6 Obras de protección y encauzamientos.....	59
3.6.1 Bordos perimetrales.....	60
3.6.2 Bordos longitudinales.....	60
3.6.3 Desvíos permanentes o cauces de alivio.....	61
3.6.4 Desvíos temporales.....	61
3.6.5 Rectificaciones (Corte de Meandros).....	61
3.6.6 Presas de almacenamiento.....	63
3.6.7 Presas rompepicos.....	64
3.6.8 Limpia de cauces y/o dragados.....	64
<b>Capítulo 4</b>	
<b>Ejemplo de aplicación</b> .....	67
4.1 Hidrología de la Región en Estudio.....	67
4.1.1 Información hidrométrica utilizada.....	69
4.1.2 Pruebas de homogeneidad y ajuste a la distribución Gumbel.....	73
4.1.3 Obtención de la mediana y la Curva Regional.....	82
4.1.4 Pronóstico hidrométrico de la estación Las Tortugas.....	87
4.1.5 Ampliación de los riesgos hidrométricos de la estación de aforos Las Habitas.....	91
4.2 Pérdida Anual por Inundación en sitios aforados.....	96
4.2.1 Aspecto hidrológico de la zona.....	96
4.2.2 Características fisiográficas de la planicie de inundación.....	96



4.2.3	Inventario de bienes inmuebles afectables, en la planicie de inundación.....	98
4.2.4	Curva tirante-daño.....	99
4.2.5	Curva tirante-gasto.....	103
4.2.6	Curva gasto-daño.....	105
4.2.7	Curva probabilidad de excedencia-gasto.....	105
4.2.8	Curva probabilidad de excedencia-daño.....	107
4.3	Pérdida Anual por Inundación en sitios no aforados.....	108
4.3.1	Curva probabilidad de excedencia-gasto.....	108
4.3.2	Curva probabilidad de excedencia-daño.....	109
4.4	Análisis de resultados.....	110

## Capítulo 5

<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>		<b>112</b>
5.1	Conclusiones.....	112
5.2	Recomendaciones.....	114

Glosario.....	116
Bibliografía.....	120
Reconocimientos.....	122

## Anexos

Anexo A Lineamientos a seguir por parte de las dependencias Federales, Estatales, Municipales, Organismos Descentralizados y Particulares en caso de inundación

Anexo B Programas en Quick Basic 4.5

Anexo C Planos de la Región

## ÍNDICE DE TABLAS

1.1 Escala de huracanes Saffir-Simpson.....	7
1.2 Ciclones del Pacífico Nor-Oriental temporada 1997.....	9
1.3 Resumen de Ciclones de la temporada 1997.....	10
1.4 Condición de profundidad.....	16
1.5 Condición de permanencia.....	16
1.6 Condición de excedencia.....	16
1.7 Clasificación de zonas respecto al daño potencial de inundación.....	17
2.1 Clasificación del tipo de terreno de una cuenca, a partir de su pendiente .....	21
2.2 Límites de confianza de la prueba de homogeneidad de Langbein.....	29
3.1 Inventario de la llanura de inundación.....	39
3.2 Cálculo del tirante-daño.....	43
3.3 Relación tirante-gasto.....	47
3.4 Relación probabilidad de excedencia-gasto.....	58
3.5 Presas de control de avenidas.....	65
4.1 Recopilación de la información hidrométrica disponible de 8 estaciones de aforo de la Región Hidrológica No. 11 (zona de los Ríos Presidio y Baluarte).....	71
4.2 Longitud de registro de las estaciones seleccionadas para transferir información hidrométrica.....	72
4.3 Resumen de resultados del ajuste de la función de distribución de probabilidades tipo Gumbel.....	73
4.4 Cálculos de la prueba de homogeneidad de Langbein.....	76
4.5 Resumen de las características fisiográficas de la región hidrológica No. 10.....	78
4.6 Gastos de diseño ( $m^3/s$ ) para diferentes periodos de retorno ajustados con la distribución Doble Gumbel.....	79
4.7 Resultado del análisis de correlación lineal aplicados a las características fisiográficas de la región hidrológica No. 10.....	80
4.8 Resumen del cálculo de la mediana para las 6 estaciones homogéneas, ordenados de mayor a menor.....	83
4.9 Curva Regional de frecuencia.....	84
4.10 Resumen de las características morfológicas estimadas en la zona de los ríos Baluarte y Presidio de la región hidrológica No. 11.....	86
4.11 Pronóstico hidrométrico de la estación Las Tortugas.....	89
4.12 Resumen del cálculo de la ampliación de registros de la estación hidrométrica Las Habitas.....	93
4.13 Características de la región de estudio.....	97
4.14 Inventario de viviendas afectables, en caso de inundación.....	99
4.15 Daños estimados para viviendas de una sola planta (en porcentaje).....	100
4.16 Daños estimados para viviendas de dos plantas (en porcentaje).....	101

4.17 Relación tirante-daño.....	102
4.18 Relación elevación-gasto.....	103
4.19 Relación gasto-daño.....	105
4.20 Ajuste realizado al registro histórico, cerca de Cacalotán, Sin.....	106
4.21 Ajuste realizado al registro pronosticado, cerca de Cacalotán, Sin.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.1 Regiones Matrices de huracanes.....	8
2.1 Método de Polígonos de Thiessen.....	25
2.2 Método de las Isoyetas.....	26
2.3 Límites de confianza de Langbein.....	30
2.4 Curva Regional de frecuencia.....	37
2.5 Curva de transferencia.....	37
3.1 Curva tirante en comparación del por ciento de daños para casa con mas de dos pisos.....	41
3.2 Curva tirante en comparación del por ciento de daños para casa de una sola planta c/s.....	41
3.3 Curva tirante en comparación del por ciento de daños para casa de dos plantas s/s.....	41
3.4 Ejemplo de una curva tirante-daño.....	43
3.5 Elevaciones de la sección.....	44
3.6 Características de la sección.....	45
3.7 Ejemplo de una curva tirante-gasto.....	48
3.8 Esquema del calculo de la Pérdida Anual por Inundación.....	57
3.9 Ejemplo de una curva probabilidad de excedencia-daño.....	58
3.10 Rectificación de un cauce.....	62
4.1 Regiones meteorológicas e hidrológicas.....	68
4.2 Croquis de ubicación de la región en estudio.....	70
4.3 Prueba de homogeneidad de Langbein de las cuencas en estudio.....	77
4.4 Curvas de Andrews de las cuencas en estudio.....	81
4.5 Curva regional de frecuencias (zona de los ríos Presidio y Baluarte).....	85
4.6 Gráfica de $q_{2.33}$ vs Características fisiográficas.....	88
4.7 Pronostico hidrométrico de la estación de aforos las Tortugas.....	90
4.8 Correspondencia de los eventos hidrométricos pronosticados con los registrados en la estación de aforos Las Habitas.....	94
4.9 Correlación del pronóstico de la estación Las Habitas con respecto a las estaciones Baluarte y Tortugas.....	95
4.10 Sección transversal del río Pánuco cerca del municipio de Cacalotán, Sin.....	98.
4.11 Curva tirante-daño.....	104
4.12 Curva gastos-daños.....	104
4.13 Daños asociados a lo gastos aforados.....	107
4.14 Daños asociados a los gastos pronosticados.....	110

## **INTRODUCCIÓN**

A lo largo de la historia debido a la necesidad de disponer de agua, la mayoría de los asentamientos humanos han buscado la cercanía de los ríos o lagos y, en general, las zonas agrícolas más productivas que, por lo regular, se encuentran en las planicies bañadas por los ríos. Este hecho a propiciado que dichos asentamientos estén propensos a inundaciones, aumentando su vulnerabilidad a medida que la población crece.

En México, las inundaciones originan condiciones que se pueden calificar de catastróficas, causando la pérdida de vidas humanas y produciendo cuantiosos daños materiales; tales fueron los casos de la tormenta ocurrida en la ciudad de la Paz, Baja California en 1976, del Huracán Gilberto en la Península de Yucatán en 1988; y recientemente, el del Huracán Paulina; que azotó severamente las costas de Guerrero y Oaxaca, en Octubre de 1997; dejando a su paso una ola de muerte y destrucción. Asimismo, los daños cuantificables por este concepto, tan solo en nuestro país, asciende a unos 200 millones de pesos anuales (González,1990), mientras que en los Estados Unidos, por citar un ejemplo para el que se tienen datos disponibles, estos mismos daños ascienden anualmente a 2.4 millones de dolares de 1994 (AMH,1998). Estas cifras no incluyen otros daños más difíciles de

*evaluar, como son: la pérdida horas-hombre, la disminución de la capacidad productiva del país ó las lamentables pérdidas de vidas humanas*

*Como se infiere de los datos anteriores, las inundaciones son un problema de gran importancia para el país; siendo de diversos tipos las acciones necesarias para su control, o para el de los daños que producen; desde las estructurales, como las presas o los bordos longitudinales, hasta los no estructurales, como los sistemas de alerta y los planes de atención a emergencias, incluyendo desde luego redes de medición y teletransmisión de información hidroclimatológica en tiempo real.*

*Para llevar a cabo cualquiera de estas acciones es necesario, por un lado, conocer la fisiografía, climatología e hidrometría de los eventos extremos de la región; si se tienen dichos datos la tarea es fácil; si no (que por lo general, es el problema a atacar, debido a que la información estadística relativa a fenómenos hidrometeorológicos es casi siempre escasa), se tendrá que echar mano de algún procedimiento para estimarlos; y por el otro, el diseñar de forma adecuada proyectos de control de avenidas. Estos proyectos no deben limitarse a un simple suceso como lo es la avenida estándar de diseño, sino que también, se deben evaluar sus resultados para considerar su efectividad, es decir, su selección debe basarse, a parte de la avenida de diseño y de la estimación de los beneficios promedio anuales de naturaleza tangibles (estudio financiero), de los beneficios intangibles derivados de la seguridad que proporciona la obra contra las inundaciones, es decir, se deberá de contar con un indicador que permita plantear, a través de la evaluación de los beneficios que se derivan de evitar inundaciones, proyectos óptimos de control de avenidas, estableciendo de esta forma la adecuada dimensión de la obra que de los mejores beneficios con relación a su costo.*

*En este sentido, y con el propósito de incrementar la confiabilidad en la modelación de los procesos de predicción hidrométrica, este trabajo ofrece, mediante la Regionalización para el Cálculo de la Pérdida Anual por Inundación, empleando el método de la Avenida Índice, por un lado, una alternativa en el pronóstico de dichos eventos extremos y, por el otro, el conocimiento de los beneficios intangibles del control de avenidas que permitan realizar un proyecto conveniente; al tomar en cuenta factores hidrológicos, económicos y sociales. Esto dará como resultado, lugares seguros para habitar; mayores beneficios y menores costos por inundaciones; dado que los pronósticos serán*

más exactos y confiables; así los reglamentos y obras de protección serán los óptimos (esto es lo que debe buscar siempre un ingeniero).

Con base en las inquietudes expuestas anteriormente, este trabajo se dividió en cuatro capítulos. En el primero se describen las características y los efectos del fenómeno de la inundación en México y su normatividad tanto nacional como internacional.

En el capítulo dos se expone el método de la avenida índice, destacando su utilidad en la estimación de los gastos máximos anuales, asociados a diversos periodos de retorno, en sitios no aforados. En el capítulo tres se presenta la metodología y las características técnicas necesarias para calcular a lo largo de una llanura, la *Pérdida Anual por Inundación*.

Y finalmente en el capítulo cuatro se presenta, un ejemplo de Regionalización para el Cálculo de la *Pérdida Anual por Inundación*, empleando el método de la *Avenida Índice*, cerca de *Cacalotán, Sin.* (con y sin aforos).

## **1. LA PROBLEMÁTICA DE LAS INUNDACIONES**

### **1.1 Definición**

Se define inundación como la invasión de agua sobre terrenos ubicados normalmente en las partes bajas de las cuencas y de poca pendiente, con falta o insuficiencia de drenaje, tanto natural como artificial para desalojar el excedente de lluvia o el desborde de ríos o lagunas.

En las regiones donde existen obras de almacenamiento y se alcanza su capacidad de control, es necesario desalojar el agua excedente; lo que provoca inundaciones en las zonas próximas de la estructura.

En zonas urbanas, las inundaciones se presentan normalmente, en áreas en donde el drenaje natural no es suficiente, debido a la acumulación de basura, la falta de mantenimiento en los sistemas de drenaje de aguas pluviales, y en ocasiones por un mal diseño de los mismos.



## **1.2 Tipo de inundaciones**

La magnitud de una inundación depende de la intensidad de las lluvias, su distribución en el espacio y tiempo, el tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como de las características del suelo, la topografía del lugar y del drenaje natural o artificial de las cuencas. Las inundaciones pueden clasificarse por su origen en pluviales, fluviales, lacustres y costeras.

### **1.2.1 Pluviales**

Las inundaciones pluviales se originan a partir de la acumulación de la precipitación (lluvia, granizo y nieve), que se concentra en terrenos de topografía plana o en zonas urbanas con insuficiencia o carencia de drenaje.

### **1.2.2 Fluviales**

Las inundaciones fluviales son aquellas que se originan cuando los escurrimientos superficiales son mayores a la capacidad de conducción de los cauces.

### **1.2.3 Lacustres y costeras**

Las inundaciones lacustres se originan en los lagos o lagunas por el incremento de sus niveles, afectando de esta manera los asentamientos humanos cercanos a las áreas propensas a ser inundadas. En las zonas costeras, el fenómeno se produce por la sobreelevación del nivel del mar debido a la marea de tormenta.

## **1.3 Causas generadoras de inundaciones**

### **1.3.1 Lluvias**

En periodos de lluvias, regularmente se presenta el fenómeno de saturación del subsuelo y las corrientes naturales de una cuenca hidrológica, que exceden su capacidad normal de conducción,

afectando centros de población y áreas de producción. Esto se deriva principalmente a una baja densidad de drenaje y a la acumulación de basura, que disminuyen la capacidad hidráulica de los cauces.

### **1.3.2 Ciclones tropicales**

Los ciclones tropicales son fenómenos naturales que se originan a partir de perturbaciones atmosféricas en mares de aguas cálidas y templadas. Generalmente su diámetro es de unos cuantos cientos de kilómetros, con presiones mínimas en la superficie, vientos violentos y lluvias torrenciales, algunas veces acompañadas por tormentas eléctricas; tienen una región central de aproximadamente 30 km, conocida como ojo de huracán o vórtice; con vientos débiles y de cielos ligeramente nublados a despejados.

Se le conoce como depresión tropical, cuando la velocidad promedio, durante un minuto, de los vientos máximos de superficie en la perturbación, es menor o igual a 62 km/h, tormenta tropical, cuando la velocidad promedio, durante un minuto, de los vientos máximos de superficie es de 63 a 119 km/h. En esta fase se le asigna un nombre por orden de aparición anual y en términos del alfabeto, de acuerdo a la relación determinada para todo el año, por el Comité de Huracanes de la Asociación Regional (Asociación Mundial, en la que la República Mexicana se ubica en la IV Región).

En México, el fenómeno más destructivo es el Huracán, el cual, es un ciclón tropical en el que la velocidad promedio, durante un minuto, de los vientos máximos de superficie, es igual o mayor a 120 km/h.

La fuerza de un huracán se estima, según la escala de Saffir-Simpson, con un índice entre 1 y 5. El más suave, con categoría 1, tiene vientos de cuando menos 120 km/h. Los vientos del más fuerte, con categoría 5, superan los 250 km/h (véase tabla 1.1).

**Tabla 1.1 Escala de huracanes Saffir-Simpson**

<b>Categoría</b>	<b>Vientos sostenidos (km/h)</b>	<b>Daños</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>1</b>	<b>120-154</b>	<b>Mínimos</b>	<b>Marilyn Septiembre 1995</b>
<b>2</b>	<b>155-179</b>	<b>Moderados</b>	<b>Santa Clara (Betsy) Agosto 1956</b>
<b>3</b>	<b>180-209</b>	<b>Extensos</b>	<b>San Ciprián Septiembre 1932</b>
<b>4</b>	<b>210-250</b>	<b>Extremos</b>	<b>Pauline Octubre 1997</b>
<b>5</b>	<b>&gt; 250</b>	<b>Catastróficos</b>	<b>San Felipe Septiembre 1928</b>

Los Huracanes que afectan a nuestro país directa o indirectamente se originan en cuatro zonas principales : Golfo de Tehuantepec, Sonda de Campeche, el Caribe y la Región Atlántica. En función de las condiciones climatológicas, siguen trayectorias más o menos definidas y en ocasiones erráticas, pudiendo entrar o no a tierra firme (ver figura 1.1).

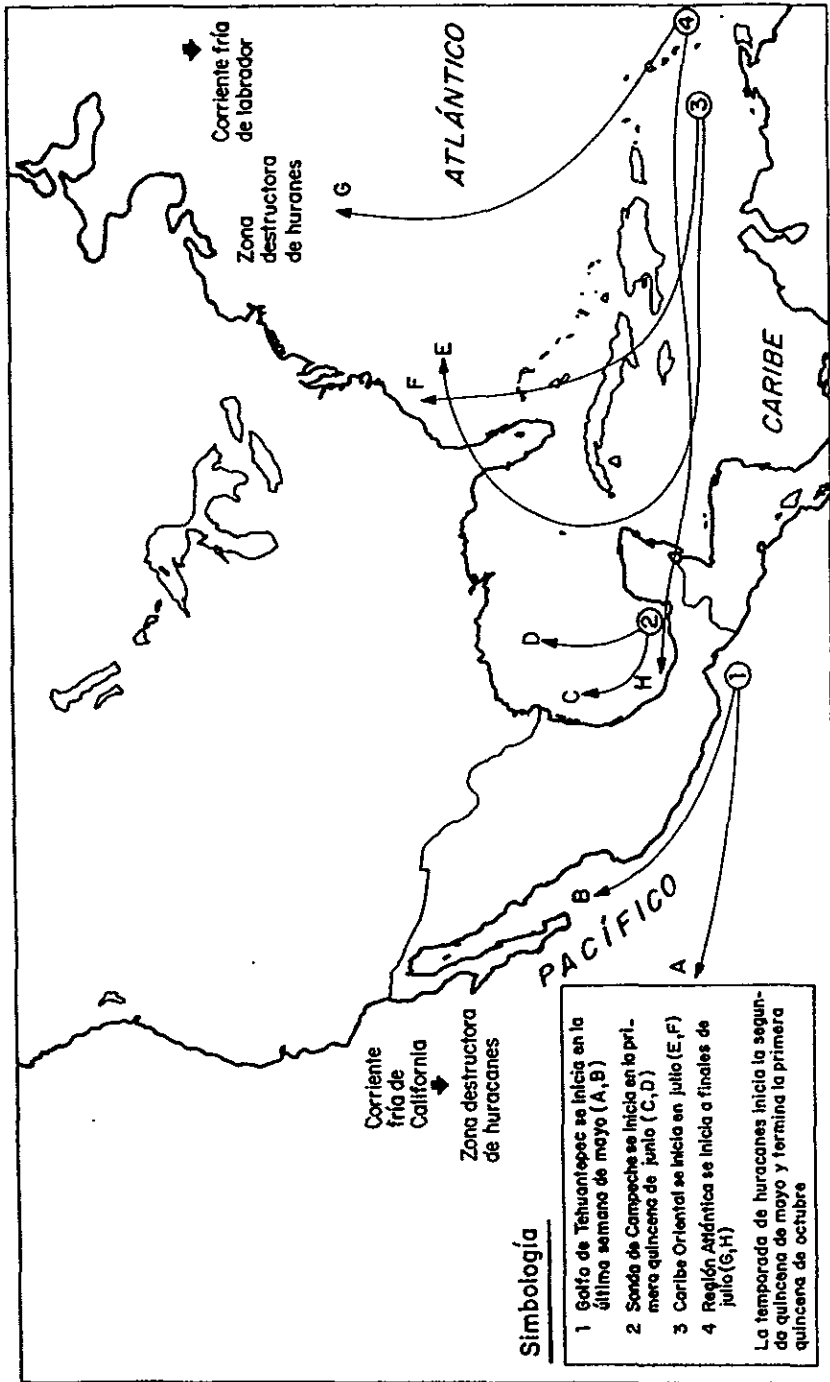


Fig 11 Regiones matrices de huracanes

Por otro lado, en las tablas 1.2 y 1.3 se presenta un resumen de la temporada ciclónica en el Pacífico nororiental de 1997.

Tabla 1.2 Ciclones del Pacífico Nor-Oriental temporada 1997

No. de ciclón	Categoría	Vto. máximo y rachas (km/h)	Nombre	Fecha de formación	Fecha de disipación	Área de impacto a tierra	Lluvia máxima en 24 horas
DT1	T.T	75	Andres	Junio 1°	Junio 07	Chiapas, Nicaragua y El Salvador	44.7 mm el 3 de jun. en Talismán, Chis.
DT2	T.T	75	Blanca	Junio 09	Junio 12	Oaxaca y Guerrero	65.0 mm el 11 de jun. en J. de Márquez, Oax.
DT3	D.T	55	D.T.3	Junio 21	Junio 24	No afectó.	0.0
DT4	T.T	65	Carlos	Junio 25	Julio 27	Isla Socorro, Col.	0.0
DT5	D.T	55	D.T.5	Junio 29	Julio 04	No afectó	0.0
DT6	H-1	150	Dolores	Julio 5	Julio 12	No afectó	0.0
DT7	H-2	165	Enrique	Julio 12	Julio 16	No afectó	0.0
DT8	H-4	215	Felicia	Julio 14	Julio 22	No afectó	0.0
DT9	H-5	260	Guillermo	Julio 30	Agosto 15	No afectó	0.0
DT10	T.T	85	Hilda	Agosto 9	Agosto 15	No afectó	0.0
DT11	T.T	65	Ignacio	Agosto 17	Agosto 18	No afectó	0.0
DT12	H-4	215	Jimena	Agosto 25	Agosto 29	No afectó	0.0
DT13	T.T	95	Kevin	Sept. 03	Sept. 06	No afectó	0.0
DT14	H-5	300	Linda	Sept. 09	Sept. 17	Isla Socorro, Col.	0.0
DT15	T.T	75	Marty	Sept. 14	Sept. 16	No afectó	0.0
DT16	H-3	205	Nora	Sept. 16	Sept. 26	Isla Socorro, Col. y península de Baja California	337.5 mm el 24 de Sept. en San Felipe, Baja California
DT17	T.T	110	Olaf	Sept. 26	Octubre 12	De Oaxaca a Colima	170.5 mm el 28 de sept. en Juchitán, Oax.
DT18	H-4	215	Pauline	Octubre 5	Octubre 10	De Chiapas a Jalisco	411.2 mm el 9 de oct. en Acapulco, Gro
DT19	H-1	140	Rick	Nov. 07	Nov. 10	De Guerrero a Chiapas	243.0 mm el 9 de nov. en Tehuantepec, Oax.

Simbología

DT Depresión Tropical

TT Tormenta Tropical

H Huracán

Tabla 1.3 Resumen de Ciclones de la temporada 1997

Total de ciclones	19
Total de ciclones que alcanzaron la categoría de tormenta tropical	8 (Andres, Blanca, Carlos, Hilda, Ignacio, Kevin, Marty y Olaf)
Total de ciclones que alcanzaron la categoría de Huracan	9 (Dolores, Enrique, Felicia, Guillermo, Jimena, Linda, Nora, Pauline y Rick)
Total de ciclones que penetraron a tierra	4
Total de ciclones que afectaron con lluvias en el territorio nacional	8
Total de ciclones que provocaron lluvias mayores de 100 mm en 24 horas	4
Ciclón que ocasionó la lluvia más intensa en 24 horas	H. Pauline
Ciclón que afecto mayor numero de Estados del País	H. Pauline
Ciclón más intenso	H. Linda
Ciclón con mayor duración	H. Nora

Como ejemplo de la incidencia de huracanes y de las afectaciones que originan, se puede señalar al Gilberto, que viene a ser, sin duda, uno de los de mayor intensidad de los que se tiene registro hasta la fecha. Se inició el 9 de septiembre de 1988, al formarse en el mar Caribe una depresión tropical, la cual, al día siguiente se identificaba ya como tormenta tropical; a los dos días tenía categoría de huracán y atravesaba la isla de Jamaica, con dirección hacia las costas de Quintana Roo

### 1.3.3 Tormentas puntuales

Este tipo de precipitaciones comúnmente llamadas trombas y chubascos cubren áreas de entre 5 y 10 km de diámetro y se presentan acompañadas de descargas eléctricas e intensos vientos.

La inundación que provoca este tipo de fenómeno es de respuesta rápida y repentina, lo que produce severas afectaciones a los diversos sectores económicos de la región. Su intensidad depende de la

cantidad de precipitación registrada y su duración de las condiciones meteorológicas prevalientes en el lugar.

Algunos ejemplos de inundaciones originadas por estas tormentas son las ocurridas en octubre de 1978, en la cuenca del río Yaquí, Sonora y en enero de 1980 en la cuenca del río Palmas, en el extremo Noroeste de Baja California.

#### **1.3.4 Granizo**

El granizo consiste en la lluvia helada que cae con fuerza en forma de garbanzos y provoca taponamiento de las redes de alcantarillado, impidiendo el desalojo de las aguas en las zonas urbanas. En las áreas agrícolas destruye parcial o totalmente las cosechas y altera sus ciclos de cultivo. También causa daños por impacto y derrumbes debidas a la acumulación en edificaciones.

#### **1.3.5 Nieve**

Este fenómeno que se registra en pocas zonas del país, se considera como agente de inundación debido a que con el deshielo, ocasiona escurrimientos que se acumulan y alteran el desarrollo de las actividades industriales, comerciales, agrícolas y ganaderas de la región.

#### **1.3.6 Desbordamiento o excedencia de presas**

Los ríos de la República Mexicana y las presas consideradas como de riesgo potencial alto, juegan un papel determinante en la ocurrencia de inundaciones. Una presa se considera riesgosa cuando aguas abajo de la misma, se localiza densidades de población con 200 viviendas o más de 1000 habitantes, o bien; centros de elevada actividad industrial o áreas con un alto índice de productividad agrícola y/o explotación diversa de 500 o más hectáreas (Atlas Nacional de Riesgos, 1991).

En la actualidad las presas ya no sólo son un muro o dique construido a través de un río con objeto de regular su caudal o almacenar agua, sino que se consideran como sistemas hidráulicos vitales para la población y para las actividades agrícolas y ganaderas circundantes. No obstante, una presa puede

crear un peligro latente para los sistemas existentes en su entorno, ya sea por la capacidad limitada de control ante la presencia de grandes avenidas, por fallas estructurales, diseño insuficiente o una mala política de operación.

Lo anterior resulta de gran relevancia dado que, a lo largo y ancho del territorio nacional, fluye un número considerable de ríos y arroyos, en cuyos cauces y desembocaduras se ha construido infraestructura para el almacenamiento, uso y control de agua.

#### **1.4 Daños causados por las inundaciones**

Existen tres tipos de daños ocasionados por el fenómeno de las inundaciones: directos, indirectos e intangibles.

##### **1.4.1 Directos**

Consisten principalmente en un daño físico de las propiedades y de la producción. Las actividades y bienes que en mayor medida pueden ser afectados por este tipo de daños son: la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la industria, el comercio, las obras públicas y las edificaciones en general.

##### **1.4.2 Indirectos**

Son las pérdidas económicas de los productos y servicios de una región derivadas de la interrupción temporal de las actividades agropecuarias, forestales, industriales y de comercio.

##### **1.4.3 Intangibles**

Dentro de este concepto se engloban los damnificados, los heridos y la pérdida de vidas humanas.



## **1.5 Actividades de alerta y emergencia**

Las actividades de alerta en caso de inundación son acciones encaminadas a definir sistemas de detección y emisión de alarma oportuna de avenidas, que pongan en peligro a las comunidades aledañas sujetas a riesgo de inundación. Dichas acciones dependerán de los parámetros establecidos para tal fin, en este caso de gastos máximos extraordinarios, determinados a partir de estudios hidrológicos e hidráulicos y antecedentes históricos registrados en la cuenca.

Las actividades de emergencia tienen como finalidad el integrar y organizar recursos económicos, materiales y humanos, necesarios para afrontar y minimizar los daños ocasionados por el fenómeno extremo, es decir, son las medidas tomadas una vez que sea inminente el problema.

Lo anterior permite definir las obligaciones, responsabilidades y funciones que corresponden a cada una de las personas que intervendrán; desde el puesto directivo hasta el ejecutor. En síntesis un plan de operaciones de emergencia puede definirse simplemente como "Bajo condiciones de desastre, quién hace qué, cuando, cómo y con qué".

En el anexo A se presentan los lineamientos a seguir por parte de las dependencias Federales, Estatales, Municipales, Organismos Descentralizados y Particulares, en caso de inundación, conforme lo indica el Manual de Funcionamiento para Emergencias de la Comisión Nacional del Agua, en el que se incluyen actividades de planeación, alerta, organización eventual y dependencias coordinadas antes, durante y después que se presente el siniestro.

## **1.6 Normatividad Nacional e Internacional**

La planeación de los aprovechamientos hidráulicos del país tradicionalmente se ha realizado desde el punto de vista de la oferta, ya que el gobierno, en su tarea de asegurar la disponibilidad del recurso a largo plazo, ha procurado satisfacer unilateralmente las demandas de la sociedad y actuar en este campo como financiero, constructor y operador de obras hidráulicas para incrementar el aprovechamiento del agua.

A medida que la población ha crecido y desarrollado su economía, las demandas de agua han aumentado, mientras que la oferta del medio natural permanece invariable, por lo que el manejo del recurso se ha hecho complejo y conflictivo, y se agrava por los fenómenos extraordinarios, como sequías e inundaciones, que demandan mayor regulación e infraestructura para su atención.

Con esta perspectiva y dentro del marco de los cambios políticos, sociales y económicos, el Gobierno Federal, elaboró un Programa sectorial de mediano plazo denominado Programa Hidráulico 1995-2000, el cual, persigue apoyar, a través de la administración adecuada del agua, un crecimiento económico y sostenido en beneficio de todos los mexicanos, que propicie un ambiente de equidad, certidumbre y confianza en el aprovechamiento del agua.

A partir del anterior Programa y en cumplimiento a la formulación de estrategias y políticas para la regulación del uso y aprovechamiento del agua que señala la Ley de Aguas Nacionales en su artículo 15, la Comisión Nacional del Agua, facultada por el artículo 9 fracción XII de la misma Ley, está elaborando el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana (NOM) denominado Disponibilidad de Aguas Nacionales. En el que se establece la metodología para elaborar balances hidrológicos y geohidrológicos encaminados a cuantificar y asignar las aguas nacionales en una cuenca hidrológica y unidad geohidrológica.

Ahora bien, para la cuantificación de los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos de una cuenca (balance hidrológico) se deben tomar en cuenta los escurrimientos superficiales de la cuenca, con base a un control hidrométrico, sin embargo, no siempre se dispone de registros suficientes para realizar un pronóstico, por lo que la NOM propone emplear un procedimiento indirecto que relacione la lluvia con el escurrimiento, tomando como mínimo; registros de precipitación y características fisiográficas de la cuenca o bien un método de regionalización.

Cabe destacar que en su futuro carácter de NOM (cumplimiento obligatorio), esta norma resalta la importancia de contar con modelos alternativos de transferencia de información hidrológica para pronosticar eventos normales y extraordinarios en sitios con escasa o nula información, por ejemplo, es de vital importancia conocer la relación entre las avenidas máximas y sus correspondientes

periodos de retorno; en este sentido la Ley de Aguas Nacionales en términos de su Reglamento, en su artículo 4 expresa:

**ARTÍCULO 4o.-** *Para efectos de las fracciones VIII del artículo 3o., y IV, del artículo 113 de la "Ley", por lo que se refiere a la delimitación, demarcación y administración de las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional, se estará a lo siguiente:*

*El nivel de aguas máximas ordinarias a que se refiere la fracción VIII, del artículo 3o., de la "Ley", se entiende como el que resulta de la corriente ocasionada por la creciente máxima ordinaria dentro de un cauce sin que en éste se produzca desbordamiento. La creciente máxima ordinaria estará asociada a un periodo de retorno de cinco años.*

En caso de no disponer con antecedentes hidrológicos en la región, el artículo arriba mencionado presenta una laguna en el sentido de cómo estimar la creciente máxima ordinaria de periodo de retorno de 5 años; en esta circunstancia es recomendable hacer uso de un modelo de transferencia (regionalización hidrológica), como una alternativa práctica de solución; el cuál debería ser una herramienta de uso cotidiano para el ingeniero hidrólogo. Sin embargo el emplear este tipo de modelos regionales no se ha estudiado mucho y a la fecha se siguen empleando métodos lluvia-escorrentamiento empíricos.

Un concepto muy ligado con la estimación de crecientes máximas, es la pérdida económica que éstas provocan, al respecto la Ley de Aguas Nacionales en términos de su reglamento expresa en su artículo 132 lo siguiente:

*"La Comisión" promoverá y, en su caso, realizará los estudios necesarios que permitan clasificar las zonas inundables asociadas a eventos con diferente probabilidad de ocurrencia, en atención a los riesgos que presentan a corto y largo plazos. Asimismo promoverá, dentro de la programación hidráulica, el establecimiento de las zonas restringidas y de normas para el uso de dichas zonas, que establezcan las características de las construcciones con objeto de evitar pérdidas de vidas y daños.*

Esta inquietud de establecer una clasificación de zonas propensas a inundarse no es exclusiva de nuestro país, sino también se refleja, de cierta manera, fuera de nuestras fronteras. Tal es el caso de España que a través de su Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones expresa:

*"...el análisis de riesgos por inundaciones tendrá por objetivo la clasificación de las zonas inundables en función del riesgo y la estimación, en la medida de lo posible, de las afectaciones y daños que puedan producirse por la ocurrencia de las inundaciones en el ámbito territorial de la planificación, con la finalidad de prever diversos escenarios de estrategias de intervención en caso de emergencia."*

Tomando en cuenta la necesidad disponer con una clasificación de zonas propensas a inundación, La Comisión Nacional del Agua, esta desarrollando actualmente, un anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, complementario al mencionado anteriormente, que tiene como objetivo establecer los requerimientos para el uso, aprovechamiento y control de los cauces naturales, humedales y zonas aledañas que en forma natural o artificial están sujetas a daño potencial de inundación, a fin de reducir el riesgo y prevenir daños potenciales en los cauces y su entorno.

Este anteproyecto propone una clasificación con base en el daño potencial, tomando en cuenta las condiciones de inundación que se señalan en las tablas 1.4, 1.5 y 1.6

Tabla 1.4 Condición de profundidad

Tipo	Profundidad del agua
Baja	Menor de 1.00 metro
Alta	Mayor de 1.00 metro

Tabla 1.5 Condición de permanencia

Tipo	Tiempo de permanencia del agua
Poco	Menor de 24 horas
Moderado	Mayor de 1 día y menor de 15 días
Mucho	Mayor de 15 días

Tabla 1.6 Condición de excedencia

Tipo	Periodo de retorno
Esporádica	Mayor de 20 años
Ocasional	De 5 a 20 años
Frecuente	De 1.4 a 4.9 años

La clasificación de las zonas inundables debe realizarse tomando en cuenta al menos dos de las características señaladas en la Tabla 1.7

Tabla 1.7 Clasificación de zonas respecto al daño potencial de inundación

Daño Potencial	Características de la posible inundación
Alto	Profundidad: Alta Tiempo de permanencia: Poco Excedencia: Frecuente u ocasional
Medio	Profundidad: Baja Tiempo de permanencia: Poco o moderado Excedencia: Ocasional
Bajo	Profundidad: Baja Tiempo de permanencia: Poco Excedencia: Ocasional o esporádica

Este anteproyecto de NOM establece considerar la clasificación anterior y las afectaciones que produce la presencia del fenómeno para diseñar obras de control y/o protección de avenidas dentro de la República Mexicana. Sin embargo, a pesar de que se indica realizar el estudio de daños causados por el fenómeno, ningún anteproyecto señala la metodología a emplear para obtener dicha estimación, de lo anterior, se puede observar la importancia de contar con métodos que permitan relacionar los daños causados por el fenómeno de inundación con su riesgo y frecuencia para poder lograr su clasificación y que dichos métodos sean empleados comúnmente por el proyectista y/o ingeniero hidrólogo en su actividad cotidiana.

## **2. REGIONALIZACIÓN HIDROLÓGICA**

### **2.1 Caracterización de una región hidrológica**

Lo que determina la magnitud y forma de una respuesta hidrológica (escurrimiento) en una cuenca son, en primer lugar, las condiciones climáticas de la región y, luego sus características fisiográficas. No obstante, dos cuencas vecinas sometidas a las mismas condiciones climáticas pueden tener regímenes de escurrimiento totalmente distintos.

Esta diferencia se debe principalmente a las diversas características fisiográficas que presentan ambas cuencas. Así, por ejemplo, la pendiente del terreno y del cauce tienen un efecto importante sobre el tiempo de respuesta de la cuenca.

Cuando el área total de una cuenca contribuye al escurrimiento, se puede considerar que la fisiografía controla casi totalmente la respuesta de la cuenca a las precipitaciones. Sin embargo, para una cuenca grande, sólo una parte suele contribuir al escurrimiento. Así, la transposición de datos hidrométricos de una cuenca a otra, no puede llevarse a cabo sin el conocimiento de la influencia que ejercen los

factores físicos y climatológicos sobre el escurrimiento. Entre estos se puede mencionar principalmente: la precipitación media del lugar, la pendiente media de la cuenca y la pendiente de la corriente o cauce principal.

### 2.1.1 Pendiente media de una cuenca

La pendiente de una cuenca es una característica fisiográfica que influye directamente en la magnitud del escurrimiento, ya que rige la velocidad y tiempo del flujo. Es importante conocerla, para relacionarla con la respuesta hidrológica de una cuenca ante la presencia de una tormenta. Para su cálculo se emplean los criterios de J.W. Alvord y R.E. Horton.

#### 2.1.1.1 Criterio J. W. Alvord

Este criterio se basa en considerar la pendiente existente entre curvas de nivel para cada ancho de faja correspondiente al área tributaria de dichas curvas. Entonces, la pendiente de la cuenca será el promedio pesado de las pendientes de cada faja en relación con su área; así considerando "n" fajas se tiene:

$$S_c = \left( \frac{D * L}{A} \right) \quad (2.1)$$

donde

- $S_c$      pendiente promedio de la cuenca
- $D$      desnivel constante entre curvas de nivel, en km
- $A$      área de la cuenca, en  $km^2$
- $L$      longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en km

#### 2.1.1.2 Criterio de R.E. Horton

Este criterio, propuesto por R. E. Horton, utiliza una malla de cuadros dispuesta sobre la superficie de la cuenca, la cual se orienta en el sentido del cauce principal, si las cuenca son menores o iguales a  $250 km^2$ , dicha malla deberá tener por lo menos cuatro cuadros por lado, incrementándose el número

de éstos según aumente el tamaño de la cuenca, enseguida se debe medir la longitud de cada una de las líneas de la malla que se encuentran dentro del área de la cuenca en ambos sentidos, posteriormente se contabilizan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel. Así, la pendiente para cada dirección de la cuenca se calcula con las expresiones 2.2 y 2.3 respectivamente:

$$S_x = \frac{n_x * D}{L_x} \quad (2.2)$$

$$S_y = \frac{n_y * D}{L_y} \quad (2.3)$$

donde

- $S_x$  y  $S_y$       pendiente en cada dirección de la malla de cuadros  
 $n_x$  y  $n_y$       total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en cada dirección con las curvas de nivel  
 $L_x$  y  $L_y$       longitud total de las líneas de la malla dentro del área de la cuenca en ambas direcciones en km  
 $D$               desnivel constante o equidistancia de las curvas de nivel de la cuenca, en km

### 2.1.2 Pendiente de la corriente principal de una cuenca

La pendiente del cauce principal es una característica que relaciona la respuesta hidrológica de una cuenca con la presencia de una tormenta, ésta repercute de manera directa en la rapidez de propagación de las ondas de avenida y su capacidad para el arrastre de sedimentos o sólidos en suspensión. La pendiente a lo largo de la corriente principal presenta fluctuaciones, por lo tanto es necesario calcular una pendiente que sea representativa, para lo cual, existen metodologías o criterios mismos que se describen a continuación.



### 2.1.2.1 Criterios simplificados

El primer criterio es el más simple, el cual consiste en dividir la diferencia de la elevación del punto de inicio o nacimiento del cauce y la elevación de su punto de salida; entre la longitud total del río, esto es:

$$S = \frac{H}{L} \quad (2.4)$$

donde

- S      pendiente del cauce principal
- H      desnivel del río, en metros
- L      longitud total del cauce, en metros

R. Heras R., propuso que se puede clasificar el tipo de terreno de una cuenca considerando el valor de la pendiente de su corriente principal. En la tabla 2.1 se muestra la clasificación cualitativa del terreno que dicho autor propone.

Tabla 2.1 Clasificación del tipo de terreno de una cuenca, a partir de su pendiente

Pendiente (S), en porcentaje	Tipo de terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Otro de los criterios considerados como simplificados para calcular la pendiente media del cauce principal, consiste en excluir el 15 % de la pendiente fuerte del río, la cual se presenta a partir del nacimiento de éste, y el 10 % de la parte plana del mismo, localizándose ésta última en los tramos

más cercanos a la descarga de la cuenca; el procedimiento se desarrolla como se describe a continuación:

La longitud total del cauce principal se divide en tres segmentos, el primero de ellos, tiene como límite inicial el lugar donde se localiza el punto de interés, el otro se localiza aguas arriba a un 10 % de la longitud total, el segundo segmento, se define a partir del límite superior del anterior, hasta el 85 % de la longitud total del cauce hacia aguas arriba, por último, el tercer segmento finaliza en la parte más alta de éste; las divisiones anteriores, se proyectan verticalmente al perfil del cauce, localizando así dos puntos de intersección; a partir de estos últimos, se trazan líneas paralelas al eje de las abscisas que deberán intersectar al de las ordenadas, con lo que se localizan dos elevaciones en este último eje. La diferencia aritmética que resulte de las elevaciones anteriores, define una altura H, siendo ésta la que se utiliza para el cálculo de la pendiente media del cauce, aplicando la expresión 2.5:

$$S = \frac{H}{(0.75 * L)} \quad (2.5)$$

donde

L longitud total del cauce principal, en metros

### 2.1.2.2 Pendiente de la recta equivalente

Este criterio consiste en trazar una recta sobre el perfil del cauce, teniendo como extremos, por un lado el lugar en donde se localiza su salida y por el otro un punto ubicado sobre el eje de las ordenadas, de tal manera que al unirlos, se forma una recta con la que se obtienen las mismas áreas tanto arriba como abajo de ésta. Entonces la pendiente de la corriente principal será igual a la pendiente de dicha recta, la que se calcula aplicando la expresión 2.6.

$$S = \frac{H}{L} \quad (2.6)$$

donde

- H desnivel de la recta equivalente, en metros
- L longitud del cauce principal, en metros
- S pendiente promedio de la corriente principal

### 2.1.2.3 Pendiente equivalente (Criterio de A.B. Taylor y H.E. Schwarz)

Este criterio permite calcular la pendiente de la corriente principal suponiendo que se comporta como un canal de sección transversal uniforme con igual longitud y tiempo de viaje que la corriente en estudio. Así, se propone la expresión siguiente:

$$S = \left[ \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2 \quad (2.7)$$

donde

- S pendiente media del cauce
- L longitud total del cauce, en metros
- $l_1..l_m$  longitud de cada tramo, en metros
- $S_1..S_m$  pendiente de cada tramo

Del conjunto de metodologías presentadas anteriormente para el cálculo de la pendiente media de la corriente principal, se le atribuye mayor confiabilidad a la propuesta por Taylor y Schwarz, dado que analiza el desarrollo longitudinal con el mayor número de tramos posibles, de manera que se obtiene una serie de pendientes que finalmente se promedian para obtener una representación real del perfil del cauce ; lo que redunda en un valor con mayor exactitud.

### 2.1.3 Precipitación media anual

Es una característica climatológica que equivale a una altura de lluvia generada por una precipitación uniforme en toda la cuenca; lo que resulta ser un factor de gran peso para influir en la forma, tiempo

y magnitud de una avenida. Para calcular la lluvia media de una tormenta dada, existen tres métodos de uso generalizado: el aritmético, el de polígonos de Thiessen y el de las Isoyetas.

### 2.1.3.1 Método aritmético

Se obtiene dividiendo la suma de las alturas de precipitación medidas en todas las estaciones de la cuenca, entre el número de estaciones que registraron el fenómeno; esto es:

$$\overline{hp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n hp_i \quad (2.8)$$

donde

$\overline{hp}$  altura de precipitación media, en mm

$hp_i$  altura de precipitación registrada en la i-ésima estación

$n$  número de estaciones que registraron

### 2.1.3.2 Método de los polígonos de Thiessen

Este método consiste en estimar la altura de precipitación media, a través de ponderar la lluvia registrada en cada estación con su área tributaria formando polígonos, de la manera siguiente:

En un plano, a escala adecuada, donde se localicen las estaciones climatológicas de la cuenca a analizar, se dibujan triángulos mediante líneas rectas imaginarias ligando las estaciones más próximas entre sí. A continuación se trazan líneas bisectoras perpendiculares a los lados de dichos triángulos, las cuales forman los polígonos de Thiessen; cada uno de ellos definen el área de influencia de cada estación (véase figura 2.1). Finalmente, la altura de precipitación media se calcula como:

$$\overline{hp} = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^n A_i hp_i \quad (2.9)$$

donde

hp altura de precipitación media, en mm

Ai área de influencia de la i-ésima estación, en km<sup>2</sup>

hpi altura de precipitación registrada en la i-ésima estación, en mm

At área total de la cuenca, en km<sup>2</sup>

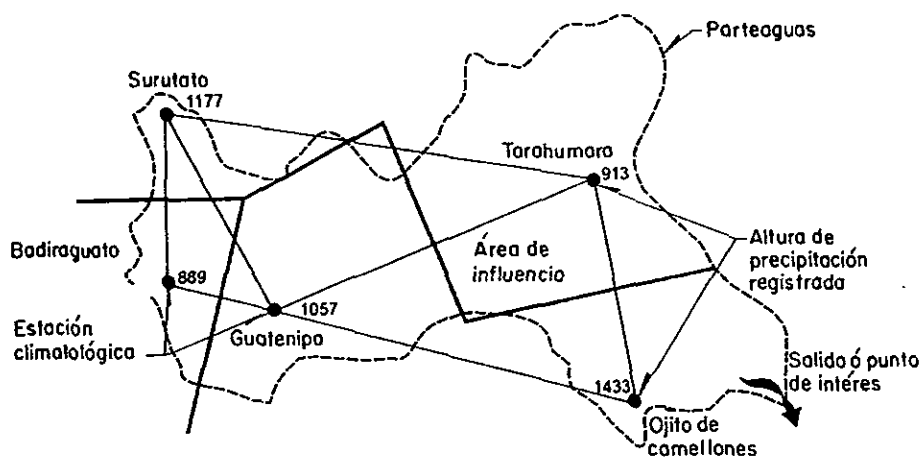


Figura 2.1 Método de los polígonos de Thiessen

### 2.1.3.3 Método de las isoyetas

Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía (pero sin considerar la influencia orográfica en su configuración). La figura 2.2 muestra el procedimiento descrito, tomando en cuenta como factor de peso, el área entre isoyetas y el parteaguas de la cuenca. La expresión resulta:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^n (h_p_i A_i) \quad (2.10)$$

donde

- $h_p$  altura de precipitación media, en mm
- $h_p_i$  i-ésima altura de precipitación promedio entre isoyetas consecutivas, en mm
- $A_i$  i-ésima área entre isoyetas consecutivas, en  $\text{km}^2$
- $A_t$  área total de la cuenca, en  $\text{km}^2$
- $n$  número de áreas entre isoyetas consecutivas

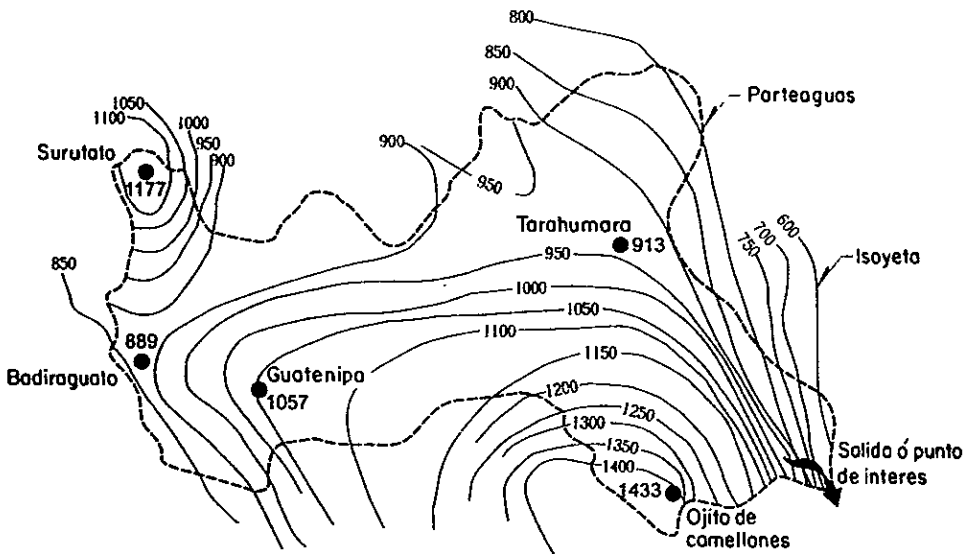


Figura 2.2 Método de las Isoyetas

## 2.2 Cuencas hidrológicamente homogéneas

Una región homogénea es aquella formada por un grupo de cuencas contiguas o no, que por ser similares en cuanto a sus características fisiográficas, climatológicas, topográficas, geológicas,

edafológicas y de uso del suelo, hacen que su comportamiento hidrológico sea semejante; esperando, de esta forma, que presenten escurrimientos parecidos.

Lo anterior representa una condicionante fundamental en un estudio de regionalización, para transferir información hidrométrica de un lugar a otro, ya que como se sabe dos cuencas de igual tamaño puede presentar comportamientos distintos, debido a que muchas son las características que influyen en una respuesta hidrológica, por ejemplo, en el caso del uso del suelo, la urbanización y deforestación en una cuenca tiene grandes efectos sobre las corrientes, aumentando el volumen de los escurrimientos y disminuyendo los tiempos de almacenamiento y de concentración

En ese sentido, existen técnicas que auxilian al ingeniero en la identificación de dichas cuencas homogéneas a partir de sus propiedades estadísticas (en el caso de disponer con información hidrométrica del sitio) o de sus características, como son: la prueba de homogeneidad de Langbein y las curvas de Andrews respectivamente.

### **2.2.1 Prueba de homogeneidad de Langbein**

En 1961 W. B. Langbein propuso una prueba estadística que puede ser empleada para identificar regiones hidrológicamente homogéneas con base en el número de registros hidrométricos y su correspondiente periodo de retorno recopilados en estaciones contiguas a la región de estudio.

Esta prueba se sustenta en el hecho de poder cuantificar la aleatoridad de dos o más registros de un grupo de estaciones de una región dada. Es decir, dos registros no tienden a comportarse exactamente igual debido a su naturaleza aleatoria, por lo que no pueden tener exactamente las mismas características, pero cuando estas diferencias no son mayores que aquellas debidas a su aleatoridad; se puede concluir que ellos representan aspectos diferentes del mismo fenómeno y pueden ser agrupados, esto es; son homogéneos en un sentido estrictamente estadístico.

De esta forma, si aceptamos que los gastos máximos siguen la distribución tipo “Gumbel” (véase apartado 3.4.1), se tiene.

$$x = \beta - \alpha * \ln\{-\ln[F(x)]\} \quad (2.11)$$

y si

$$x = \beta + \alpha (y) \quad (2.12)$$

Entonces la variable reducida es:

$$y = - \text{Ln}(- \text{Ln } F(x)) \quad (2.13)$$

donde

F(x) función de distribución acumulada

$\alpha$  parámetro de escala

$\beta$  parámetro de ubicación

x gastos máximos, en m<sup>3</sup>/s

y variable reducida

La expresión anterior, tiene una desviación estándar (kite, 1977) igual a:

$$\sigma_y = \frac{e^y}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1}{Tr-1}} \quad (2.14)$$

y

$$2\sigma_y = \frac{0.666e^y}{\sqrt{n}} \quad (2.15)$$

Entonces si se dispone de un gran número de muestras homogéneas, con "n" observaciones cada una puede demostrarse que aproximadamente el 65% de los periodos de retorno estimados están dentro  $\sigma_y$  y el 95% están en  $2\sigma_y$ .

Debido a que en la mayoría de los casos los registros son muy pequeños para extrapolar la curva de frecuencia a periodos de retornos mayores al número total de datos. La prueba se basa en un gasto índice y los límites de confianza de las curvas quedan definidos como lo presenta la tabla 2.2; donde el periodo de retorno se define como:



$$Tr = \frac{l}{1 - e^{-e^{-y}}} \quad (2.16)$$

donde

- Tr periodo de retorno, en años.  
 n número de años de registro  
 y variable reducida

Tabla 2.2 Límites de confianza de la prueba de homogeneidad de Langbein

No. de años (n)	valor $2\sigma y$	limite inferior		limite superior	
		$y = y - 2\sigma y$	Tr	$y = y + 2\sigma y$	Tr
2.33	4.145	-1.895	1.00	6.396	599.7
5	2.830	-0.579	1.20	5.080	161.3
10	2.001	0.249	1.85	4.251	70.7
15	1.634	0.617	2.40	3.884	49.1
20	1.415	0.835	2.84	3.665	39.6
25	1.265	0.985	3.21	3.516	34.1
50	0.895	1.356	4.40	3.145	23.7
100	0.633	1.618	5.56	2.883	18.4
200	0.447	1.803	6.58	2.698	15.4
500	0.283	1.967	7.66	2.533	13.1

Con la finalidad de facilitar el manejo de los límites antes expuestos se presenta la figura 2.3 donde el eje de las abscisas representa la longitud de registro en años y el eje de las ordenadas los límites del valor del periodo de retorno en años.

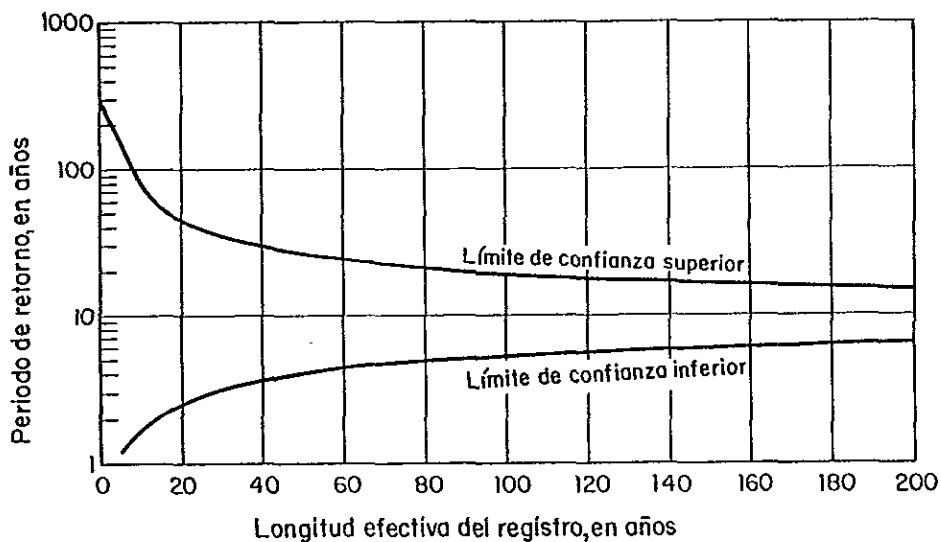


Figura 2.3 Límites de confianza

Con la finalidad de facilitar el manejo de los límites antes expuestos se presenta la figura 2.3 donde el eje de las abscisas representa la longitud de registro en años y el eje de las ordenadas los límites del valor del periodo de retorno en años.

Las curvas generadas en este procedimiento, limitan una región de homogeneidad, en donde las estaciones que se encuentren dentro se consideran homogéneas.

Para llegar a esta afirmación se deben establecer curvas de frecuencia para cada estación de aforo y estimar el gasto medio anual ( $q_{2.33}$ ) y el gasto índice ( $q_{10}$ ) en cada estación, de esta forma se obtiene el promedio de los cocientes del gasto índice entre el gasto medio ( $q_{10}/q_{2.33}$ ), denominándose relación promedio (RP). Así, para estimar el correspondiente periodo de retorno de cada estación se multiplica el gasto medio de cada estación por la relación promedio.

Finalmente, se compara el periodo de retorno, con los límites señalados en la tabla 2.2, a partir de su longitud de registro; asimismo aquellos registros de estaciones que se ubiquen fuera de la franja que fijan los límites de la prueba de Langbein serán excluidos del análisis de homogeneidad por considerarse no semejantes al grupo que quede confinado en dicha franja.

Con el propósito de facilitar el cálculo de homogeneidad de Langbein se elaboró un programa de computo en lenguaje Quick Basic 4.5, el cual permite evaluar de forma rápida y sencilla registros de "n" estaciones hidrométricas, identificando de manera gráfica y analítica, grupos estadísticamente homogéneos. El listado del programa se presenta en el anexo B.

### 2.2.2 Curvas de Andrews

Andrews, en 1972 propuso una técnica para identificar de manera gráfica semejanzas hidrológicas entre cuencas a partir de un conjunto de variables fisiográficas cuidadosamente discriminadas para tal fin. A esta técnica se le conoce con el nombre de trazo multidimensional de Andrews.

Con el objeto de no considerar únicamente una homogeneidad estrictamente estadística, es necesario incorporar un procedimiento que incluya las características fisiográficas de la región bajo análisis, así el construir una curva que represente las características fisiográficas de un sitio a partir de una función cíclica multivariada, dará una idea visual de la homogeneidad fisiográfica del lugar de estudio. Para este fin se propone la siguiente expresión:

$$f(x) = \frac{x_1}{\sqrt{2}} + x_2 \text{ sen}(t) + x_3 \text{ cos}(t) + x_4 \text{ sen}(2t) + x_5 \text{ cos}(2t) + \dots + \tag{2 17}$$

donde

$X_1, X_2, \dots$  variables fisiográficas de la cuenca

t se dibuja en un rango de  $-\pi$  a  $+\pi$

Esta función queda definida por las variables más representativas o relevantes de la zona y su posición en la ecuación se establece en función de su peso o importancia, esto debido a que las

primeras variables son asociadas con componentes cíclicos de bajas frecuencias y las ultimas con componentes de frecuencias altas, siendo las primeras más fáciles de identificar.

Una vez trazadas estas curvas, se definen envolventes intentando formar familias de curvas similares para obtener "curvas tipo" que se emplean como curvas características de cada región. De esta manera, se podrán agrupar curvas con características semejantes mediante su comparación gráfica, cuidando siempre que sigan el comportamiento de la envolvente que las identifica.

Finalmente, para evitar cualquier incertidumbre en el momento de la discriminación de curvas homogéneas, se emplean los métodos de liga de SEUCLID (SS) y COSINE (CS) los cuales auxilian a la metodología antes expuesta a identificar de manera analítica curvas semejantes (Gutiérrez, 1994)

El criterio SS para asignar los miembros de cada grupo se obtiene por la sumatoria del cuadrado de las diferencias entre los punto (i) que forman la curva característica del j-ésimo grupo (Sj) y los de la curva de la k-ésima cuenca (Tk) en consideración:

$$S_s = \sum (S_{ji} - T_{ki})^2 \quad (2.18)$$

La cuenca es localizada en el grupo con el menor valor SS: El segundo criterio (CS) mide la unión entre estaciones:

$$C_s = \frac{\sum (S_{ji} * T_{ki})}{\sqrt{\sum S_{ji}^2 \sum T_{ki}^2}} \quad (2.19)$$

El criterio CS varía entre -1 y +1 en donde la perfecta correlación entre dos curvas, se indica con un valor cercano a +1

En el anexo B se presenta un programa de computo que permite evaluar de forma gráfica y analítica lo antes expuesto.

## **2.3 Pronóstico de eventos extremos**

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (WMO), la definición de pronóstico de avenida es: " la predicción del tirante, gasto, tiempo de ocurrencia y duración de una avenida, especialmente del gasto pico en un punto específico, en algún tramo de la corriente, todo esto como el resultado de la precipitación y/o deshielos". Así pues, el problema que enfrenta el ingeniero cuando trata de pronósticar una avenida es conocer con la mayor precisión y anticipación posibles, los escurrimientos que se presentarán en un determinado sitio, con la finalidad de llevar a cabo las medidas preventivas adecuadas en el diseño de infraestructura hidráulica.

Para atacar el problema se recurre a las estimaciones regionales de frecuencias de avenidas, el cual depende directamente de el tipo de información que se disponga en el sitio de interés; pudiendo ser ésta de cuencas aforadas o no aforadas.

### **2.3.1 Cuencas aforadas**

Las cuencas aforadas son aquellas en donde se cuenta con el *mínimo de información hidrométrica y climatológica*, dicha información la proporcionan las estaciones de aforo y climatológicas respectivamente. Las primeras son lugares localizados sobre una corriente, en los cuales se practican de manera sistemática, observaciones que permiten conocer el régimen, los volúmenes, los gastos, los sólidos en suspensión y el nivel del agua de la misma. Las estaciones climatológicas son aquellas que *miden por medio de aparatos*, las características atmosféricas como la dirección de los vientos, temperatura, presión humedad y precipitación del lugar.

Esta recopilación influye directamente en la selección de un modelo o conjunto de modelos hidrológicos que se utilizaran para estimar las condiciones hidrológicas que se presenten en el sitio, los cuales, serán tan buenos como tan buena sea la calidad de la información utilizada. Esta calidad se encuentra asociada con circunstancias como son:

1. El proceso de recolección de la información
2. La longitud de los registros o de la información y

### 3. La representatividad de la información recolectada

Con lo que respecta al segundo punto se puede decir que mientras mayor sea la longitud de registros mejor se conocerá el fenómeno; por lo que, si se tuviera una muestra lo suficientemente grande, que cubriera el periodo de retorno de la variable hidrológica a analizar, dicho evento podría derivarse directamente de la muestra sin recurrir a ningún modelo probabilístico; es decir, se conocería el universo de población y no solo la muestra.

*Desafortunadamente en muchas ocasiones la información disponible es muy poca, llegando a tener en el mejor de los casos, solo unos cuantos años, lo que conduce a tener un vago conocimiento del fenómeno y por consecuencia un pobre estudio hidrológico.*

#### 2.3.2 Cuencas no aforadas

Como ya se mencionó al realizar un estudio hidrológico no siempre se cuenta con información hidrométrica o climatológica, ya sea porque en esa región no exista ninguna estación lo suficientemente cerca al proyecto o por circunstancias administrativas; como desperfectos en el equipo de medición, enfermedad o sustitución del encargado de las observaciones o simplemente porque es escasa y/o poco representativa.

Esta falta o escasez de información conduce a que los ingenieros asuman una actitud conservadora en los diseños de las obras y por lo tanto se presente un incremento importante en los costos de las mismas. En general, se cumple una relación de menor información, mayores costos.

Las posibilidades de solucionar este problema de escasez de información son variadas y en todas ellas se encuentra involucrado el ingenio del ingeniero para enfrentar este tipo de situaciones

Un caso muy común, es solucionar el problema de poca o escasa información, empleando métodos que relacionen la precipitación o bien características fisiográficas de fácil medición o estimación en la cuenca como pudiese ser: su área, pendiente, pendiente de su cauce principal, longitud del cauce, entre otras, con la variable hidrológica de interés, a través de un análisis de regresión y correlación.

Este procedimiento es tal vez una de las herramientas de análisis más poderosas desarrolladas en estadística, pero al mismo tiempo una de las más peligrosas. El peligro consiste en que puede llegar a indicar una buena o muy buena correlación entre variables que no están correlacionadas. Para solucionar este problema se recomienda usar esta alternativa con cautela tratando de analizar físicamente la razón de ser de la asociación de las variables que se correlacionan.

En general cuando se presentan dichos contratiempos, la Hidrología moderna contempla la Regionalización como una herramienta para conocer la información necesaria para realizar un proyecto de carácter hidráulico.

Existen gran cantidad de métodos Regionales como el de Estaciones-Año, Gradex y la Avenida Índice. Siendo este último bastante atractivo pues ataca puntos cruciales del análisis de crecientes. Este procedimiento permite extender el conocimiento del comportamiento hidrológico, de cuencas vecinas con información hidrométrica; a cualquier punto de cuencas sin medición; ésto se realiza a través de una curva regional; con base en parámetros morfométricos fácilmente medibles.

#### **2.4 Método de la Avenida Índice**

Frecuentemente, el ingeniero civil tiene la necesidad de diseñar hidrológicamente proyectos en sitios donde los datos o registros hidrométricos para realizar el análisis de frecuencia de crecientes son inadecuados o no existen. En ese sentido el método de la Avenida Índice, desarrollado y propuesto por Tate Dalrymple y Benson, se propone para ser utilizado en nuestro país, como una herramienta hidrológica para enfrentar dicha circunstancia.

Este método parte de considerar que la Región a estudiar este integrada por estaciones hidrométricas cuyas cuencas tengan un comportamiento hidrológico homogéneo. Es decir, que sean semejantes en cuanto a sus características fisiográficas, climatológicas, geológicas e hidrológicas y que esto permita, transferir información de un lugar a otro; siendo lo anterior, en la mayoría de los casos, más confiable para realizar el análisis de frecuencia; que aquella que utiliza únicamente los datos de una sola estación. Asimismo, el método de la Avenida Índice es el que reúne el mayor número de ventajas para

estimar datos hidrométricos en planicies de inundación (lugares en donde normalmente no se afora).

A continuación se presenta la secuencia a seguir para la construcción del modelo:

1. Seleccionar las cuencas dentro de la región, que tengan características similares al sitio en estudio; se acostumbra realizarlo dentro de un radio de 80 km.
2. Seleccionar el periodo común de los registros hidrométricos disponibles. También se le conoce como tiempo base de estudio.
3. Determinar las curvas de frecuencia para cada estación de aforos (véase apartado 3.4), a través de la distribución de probabilidad Tipo Gumbel o GVE.
4. Obtener los valores adoptados del gasto máximo anual asociado a los periodos de retorno de 2.33 y 10 años ( $q_{2.33}$  y  $q_{10}$ ).

El valor de  $q_{2.33}$  se estima dada la estabilidad y confiabilidad que presenta su magnitud en relación con la media aritmética de la muestra. Este valor da un mayor peso a las crecientes medias que a las extremas (cuyos errores de muestreo son grandes), por esta razón este valor no está influenciado por la inclusión o exclusión de una gran creciente, como lo está la media aritmética.

5. Normalizar los registros hidrométricos mediante la relación  $q_{10}/q_{2.33}$  para cada estación.
6. Aplicar la prueba de Langbein (véase apartado 2.2.1) para verificar la homogeneidad del grupo de estaciones consideradas; eliminando de esta forma las no homogéneas (de esta forma se garantiza la formación de una región hidrológicamente homogénea de estudio).

Cabe aclarar que la prueba de Langbein únicamente verifica la homogeneidad de una región, en un sentido estrictamente estadístico con base en los registros históricos de las cuencas vecinas seleccionadas. Por lo que se recomienda emplear, en caso que los resultados de dicha prueba no sean del todo claros, las curvas de Andrews (véase apartado 2.2.2) la cual considera en su estudio características morfológicas de la región, disminuyendo de esta forma, la incertidumbre que se tuviese con la prueba de Langbein.

7. Ordenar de manera decreciente las relaciones entre los gastos máximos de cada estación y su media ( $Q_{max}/q_{2.33}$ )
8. Calcular la mediana para cada intervalo y su correspondiente periodo de retorno ( $T_r$ ). Este cálculo genera la Curva Regional de frecuencia. (véase figura 2.4)



9. Seleccionar la característica fisiográfica representativa (usualmente el área) que se relacione directamente con el gasto medio ( $q_{2.33}$ ), esto se realiza con el fin de tener una liga de transferencia entre cuenca y cuenca. (véase figura 2.5)
10. Finalmente con la combinación de los dos últimos incisos 8 (curva regional) y 9 (curva de transferencia) obtener, en función de la característica fisiográfica de transferencia significativa, la frecuencia de crecientes en sitios no aforados. Es decir, se podrá estimar gastos máximos anuales para diferentes períodos de retorno, en cualquier punto de la región de estudio, a través de conocer sus características fisiográficas y climatológicas.

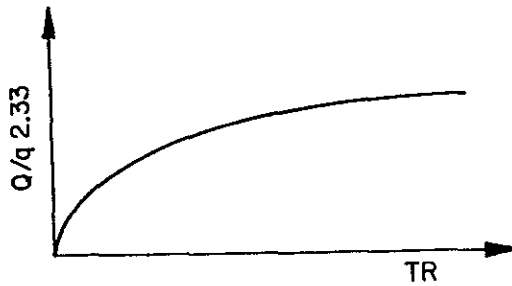


Figura 2.4 Curva regional de Frecuencia

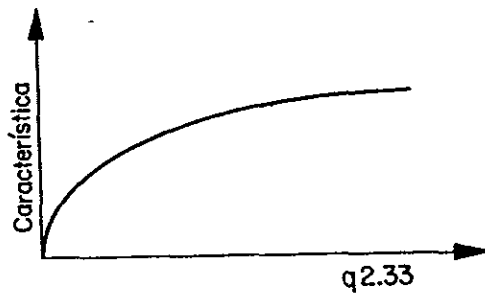


Figura 2.5 Curva de Transferencia

### **3 PÉRDIDA ANUAL POR INUNDACIÓN**

#### **3.1 Introducción**

Prácticamente cada año, en la República Mexicana, se producen inundaciones derivadas del desbordamiento de los grandes ríos. Algunos ejemplos extremos de dicho fenómeno son los presentados por el río Grijalva en 1963 y 1973; los del Papaloapan en 1944, 1958, 1969 y 1989 y los del río Pánuco en 1955.

Las inundaciones en las cuencas que han sido urbanizadas y los daños que éstas producen, son cada vez mayores, debido a que por un lado, las modificaciones del terreno producen crecientes mayores que las de la cuenca natural y por otro lado; afectan bienes de alto valor económico.

Con el objeto de disminuir los daños causados por las inundaciones y los costos de las inversiones necesarias para ello, se hace necesario aplicar un procedimiento que nos permita conocer los beneficios del control de avenidas mediante las pérdidas que se evitan. De esta forma se desarrollan medidas de protección adecuadas a las necesidades del lugar; a este procedimiento se le conoce como la Pérdida Anual por Inundación (PAI).

### 3.2 Determinación de la curva tirante-daño

En México, existe la inquietud de contar con estudios adecuados para disminuir y cuantificar, en lo posible, los daños que pudiese causar el fenómeno de la inundación. De este concepto se deriva lo que se conoce como "curva tirante-daño", cuya gráfica representa de manera cuantitativa, los daños ocasionados por los diferentes tirantes de agua a lo largo de los componentes funcionales de los cauces.

#### 3.2.1 Levantamiento topográfico

Para la construcción de la curva tirante-daño se debe conocer, en primera instancia, la morfología de la región a estudiar; tanto del cauce principal como de sus componentes funcionales, elaborando planos de plantas y secciones donde se indique, mediante un estudio de altimetría, la elevación (curva de nivel) en que se encuentren ubicadas las construcciones afectables. Lo anterior conduce a elaborar el inventario de las áreas potenciales sujetas a inundarse y de los riesgos asociados a este tipo de fenómeno.

También se deberá incluir en el levantamiento la siguiente información:

- Clasificación de las construcciones existentes
- Valor aproximado de las estructuras
- Valor aproximado del contenido de las estructuras

Para hacer el inventario de los bienes que se encuentran en el área de inundación se utiliza la tabla 3.1

Tabla 3.1 Inventario de la llanura de inundación

Construcción, tipo	Construcciones (número)	Valor (\$)	Elevación (msnm)

### 3.2.2 Curvas características

Otro punto importante es el conocer en qué porcentaje afectan los diferentes tirantes de agua a construcciones de un tipo similar. Para ello Neil S. Grigg y Otto J. Helweg,, elaboraron curvas, basadas en tablas y gráficas realizadas por agencias federales estadounidenses como: la Administración Federal de Seguros, el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura y el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de E.U.A., en las cuales, presentan tirantes de agua en comparación con el porcentaje de daños del valor total del inmueble (estructura y contenido), ésto, para varios tipos de construcciones (Grigg,1975). Véase figuras 3.1, 3.2 y 3.3

La figura 3.1 muestra la variación que presenta la relación del por ciento de daños con el tirante de agua para casas con más de dos plantas. En ella se puede apreciar que los daños que se producen en las casas con sótano son del orden de un 5 a un 10 % mayores, que aquellas donde no lo hay; observándose para ambas condiciones un comportamiento crítico en el primer metro de tirante de agua. En el caso de la curva de las casas de dos niveles se puede apreciar un comportamiento de tipo exponencial muy similar a las anteriores, aunque más armoniosa y estable Finalmente, la curva de tirante en comparación del por ciento de daños para casas de una planta con sótano concentra sus daños en el tramo de tirantes comprendidos entre 0 y 1.2 m. Lo anterior se debe a que ésta es la altura en la que normalmente se encuentran situados la mayoría de los muebles y aparatos electrodomésticos; manifestándose así, una curva parabólica.

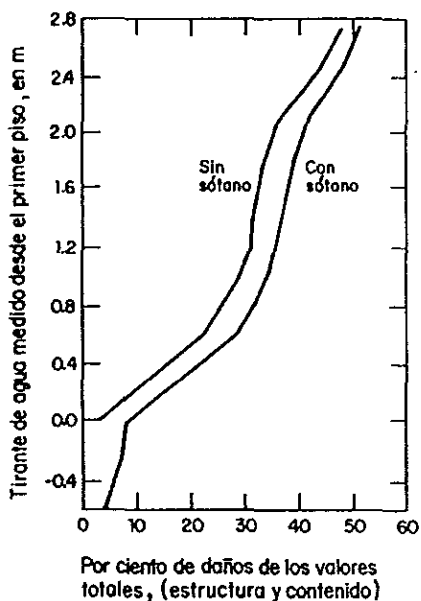


Fig 3.1 Curva de tirante en comparación del por ciento de daños para casa con más de 2 pisos

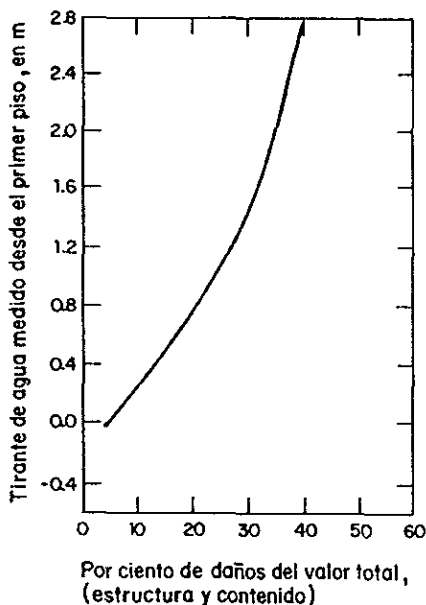


Fig 3.2 Curva de tirante en comparación del por ciento de daños para casa de 2 plantas sin sótano

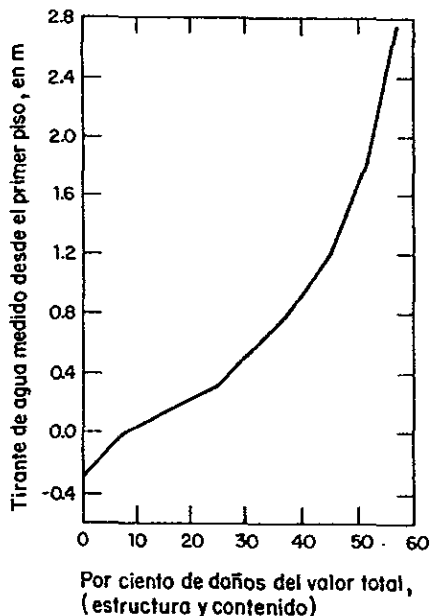


Fig 3.3 Curva de tirante en comparación del por ciento de daños para casa de una planta con sótano

Con el propósito de lograr un mejor manejo y rapidez en la lectura de las anteriores curvas, se realizó un ajuste; obteniendo 4 ecuaciones características de construcciones tipo.

A continuación se presentan las ecuaciones propuestas en este estudio, para el cálculo de los diferentes porcentajes de daños según el tipo de construcción, indicando su correspondiente coeficiente de correlación ( $R_{xy}$ ):

Para casas de una sola planta  
( $R_{xy} = 0.99$ )

$$D=40.41 * T^{0.4282}$$

donde  $0.2 \leq T \leq 2.6$   
Si  $T= 0$  ;  $D= 7.5$  (3.1)

Para casas de dos plantas  
( $R_{xy} = 0.99$ )

$$D=24.62 * T^{0.540}$$

donde  $0.2 \leq T \leq 2.6$   
Si  $T= 0$  ;  $D= 5.0$  (3.2)

Para casas con más de dos plantas, con sótano  
( $R_{xy} = 0.97$ )

$$D=30.72 * T^{0.603}$$

donde  $0.2 \leq T \leq 1.8$   
Si  $T= 0$  ;  $D= 8.5$  (3.3)

Para casas con más de dos plantas, sin sótano  
( $R_{xy} = 0.90$ )

$$D=26.44 * T^{0.620}$$

donde  $0.2 \leq T \leq 1.8$   
Si  $T= 0$  ;  $D= 3.0$  (3.4)

para todos los casos:

D daños, en %

T tirante de agua, en metros

Los datos arrojados por las ecuaciones anteriores forman la tabla 3.2

Tabla 3.2 Cálculo del tirante-daño

Elevación del agua (msnm)	Elevación de la construcción (msnm)	Tirante de agua (m)	Daños (%)	Costo (\$)	Daño total (\$)

El daño total se obtiene del producto del tirante del agua, el por ciento de daños y el costo de la infraestructura (incluyendo el contenido), determinando así, la relación tirante-daño para cada clasificación de construcciones similares (véase figura 3.4).

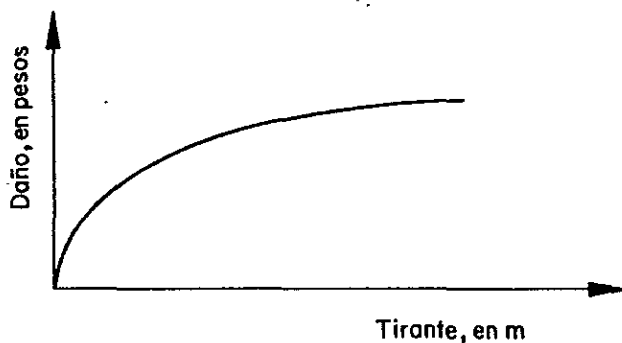


Figura 3.4 Ejemplo de una curva tirante-daño

### 3.3 Morfología e hidráulica de cauces

El flujo en llanuras de inundación escurre a través de fronteras internas, naturales o artificiales, como bordos y vialidades, en donde se presenta un fenómeno complejo conocido como flujo no permanente, que es en esencia bidimensional. El cual se hace necesario describir de alguna forma para poder resolver problemas de este tipo.

En este estudio, se examina un modelo de flujo uniforme que permite construir un perfil de la superficie del agua, para obtener de él, la relación funcional entre el gasto del río y la profundidad del agua, y determinar de esta manera, la curva tirante-gasto. Para tal fin, se propone el perfil de las figuras 3.5 y 3.6

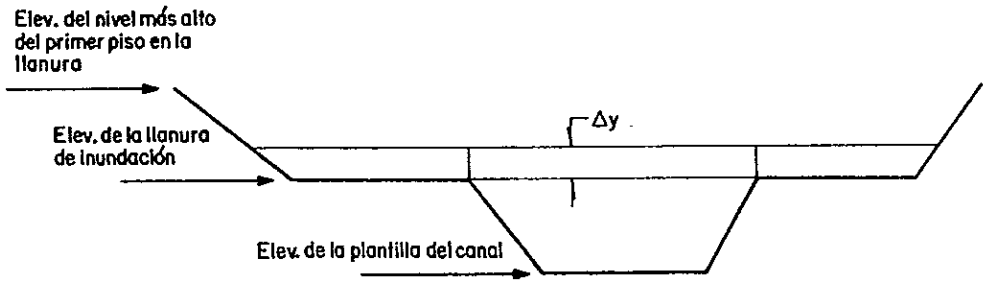


Figura 3.5 Elevaciones de la sección



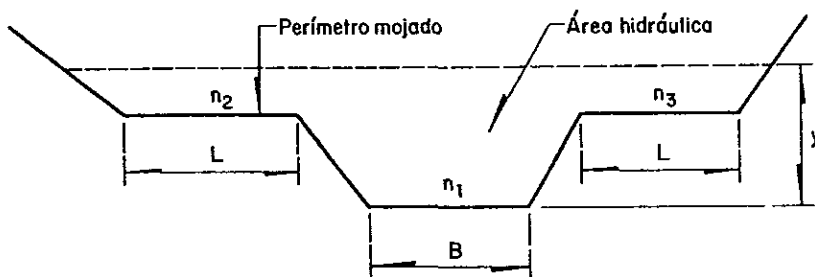


Figura 3.6 Características de la sección

donde

$n$  coeficiente de rugosidad de Manning

$L$  longitud de la llanura, en metros

$B$  ancho de plantilla, en metros

$y$  tirante, en metros

En el cálculo del flujo uniforme en canales, se emplean básicamente dos ecuaciones que permiten su diseño:

La ecuación de continuidad

$$Q = V A \quad (3.5)$$

y la fórmula de Chezy para la fricción

$$V = C * RH^{1/2} * S^{1/2} \quad (3.6)$$

El gasto se expresa entonces en la forma

$$Q = VA = C * A * RH^{1/2} * S^{1/2} = KS^{1/2} \quad (3.7)$$

donde

- Q gasto, en m<sup>3</sup>/s
- V velocidad, en m/s
- C factor de fricción
- RH radio hidráulico, en m
- A área hidráulica, en m<sup>2</sup>
- S pendiente
- K factor de forma

Si se usa Manning

$$K = \frac{A * RH^{2/3}}{n} \quad (3.8)$$

Así, el cálculo de una sección compuesta se realiza aplicando separadamente la fórmula de Manning para cada subsección, obteniendo la velocidad media de la misma y su gasto correspondiente. La suma de esos gastos proporciona el gasto total.

Si  $A_1, A_2, \dots, A_n$  representan las áreas de cada subsección, de la ecuación (3.7), las velocidades medias respectivas son:

$$V_1 = \frac{K_1}{A_1} * S^{1/2}, V_2 = \frac{K_2}{A_2} * S^{1/2} \dots V_n = \frac{K_n}{A_n} * S^{1/2}$$

donde  $K_1, K_2 \dots K_n$  son los factores de forma de las subsecciones y S la pendiente general del canal.

El gasto total será:

$$Q = VA = \sum_{i=1}^n V_i A_i = \sum_{i=1}^n K_i S^{1/2}$$

$$Q = \left( \sum_{i=1}^n K_i \right) * S^{1/2} \quad (3.9)$$

y la velocidad media de toda la sección

$$V = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n K_i \right]}{A} * S^{1/2} \quad (3.10)$$

En la determinación del perímetro mojado de la sección central o de las laterales no se incluye  $\Delta y$  debido a que sobre la intercara entre ambas, se tiene un esfuerzo cortante más pequeño que en el caso de la frontera sólida del canal (véase figura 3.6).

A partir de lo anterior, se estiman los gastos para cada uno de los tirantes propuestos en la sección de la figura 3.5 y auxiliándose de la tabla 3.3, se realiza la curva tirante-gasto, obteniendo finalmente una gráfica similar a la figura 3.7

Tabla 3.3 Relación tirante-gasto

Elevación (m)	Gasto (m <sup>3</sup> /s)

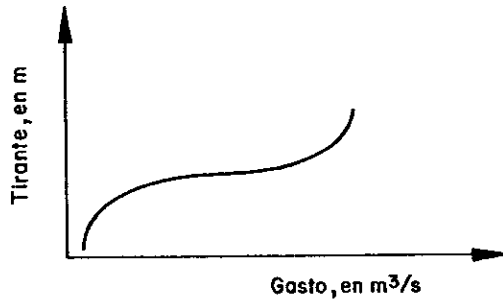


Figura 3.7 Ejemplo de una curva tirante-gasto

### 3.4 Análisis de frecuencia de gastos máximos

El análisis de muestras históricas, ya sea de precipitación o escurrimiento, constituye, en general, el primer paso en el estudio de un fenómeno hidrológico complejo, cuya formación o evolución dependen de leyes físicas, con componentes aleatorios significativos y difícilmente predesibles. Las muestras hidrológicas son, con frecuencia, la única herramienta de que dispone el ingeniero para comprender el comportamiento de un fenómeno (inundación, sequías, etc.) o para tomar decisiones relativas a un proyecto de aprovechamientos hidráulicos.

Sin embargo, los valores de la muestra por sí solos, no reflejan nada mientras dicho evento hidrológico no se encuentre asociado a una probabilidad de ocurrencia. Lo anterior conduce a encontrar una función analítica cuya similitud con los datos del fenómeno observado, sea la mejor posible, entendiendo esto; como la más apropiada para predecir la variable hidrológica.

En este sentido, la hidrología moderna emplea diversas funciones de distribución de probabilidad; entre ellas podemos mencionar a la Normal, Log-Normal, Exponencial, Gama, Gumbel y Doble Gumbel, entre otras. Siendo estas dos últimas, las más empleadas en la República Mexicana, debido a

que permiten analizar muestras de valores extremos (máximos o mínimos), y en el caso de la Doble Gumbel, manejar muestras de eventos formados por dos poblaciones distintas (componente ciclónica), lo cual es muy útil en nuestro país debido a la presencia constante de ciclones en la costa del Pacífico.

### 3.4.1 Distribución tipo Gumbel

Esta distribución propuesta por Gumbel, en 1941, permite establecer un entendimiento adecuado del comportamiento de la variable hidrológica a analizar, principalmente los gastos máximos anuales, con base en las propiedades estadísticas de la muestra, cuya expresión es:

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}} \quad (3.11)$$

donde

$F(x)$  función de distribución de probabilidad acumulada

$\alpha$  parámetro de escala

$\beta$  parámetro de ubicación

$x$  evento hidrológico

Esta función de distribución de probabilidad acumulada, va íntimamente ligada al intervalo promedio de tiempo dentro del cual, el evento máximo hidrológico será igualado o excedido; conocido como periodo de retorno, intervalo de ocurrencia, o simplemente frecuencia; cuya relación con la probabilidad de excedencia es:

$$P\{X \geq x\} = \frac{1}{Tr} \quad (3.12)$$

Si se usa la probabilidad de no excedencia, entonces la expresión (3.12) se transforma en:

$$P\{X \leq x\} = 1 - \frac{1}{T_r} \quad (3.13)$$

entonces

$$F(x) = P\{X \leq x\} \quad (3.14)$$

donde

$T_r$  periodo de retorno, en años

$P\{X \geq x\}$  probabilidad de exceder el evento  $x$

$P\{X \leq x\}$  probabilidad de no exceder el evento  $x$

Para calcular el periodo de retorno ( $T_r$ ) se utiliza la fórmula de Weibull, para lo cual los datos se ordenan de mayor a menor:

$$T_r = \left( \frac{n+1}{m} \right) \quad (3.15)$$

donde

$T_r$  periodo de retorno, en años

$n$  número de años de registro

$m$  número de orden, de mayor a menor

Por otra parte, la estimación de los parámetros de escala y ubicación ( $\alpha$  y  $\beta$  respectivamente) que describen la ecuación (3.11) son obtenidos a partir de el método de momentos o el de máxima verosimilitud, los cuales se fundamentan en los estadísticos de la muestra como son: la media, la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de variación y el coeficiente de asimetría.

### 3.4.1.1 Estimación de parámetros estadísticos

La media aritmética o media de la muestra de un conjunto de valores, permite conocer la tendencia central de una distribución estadística, definiéndose como:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.16)$$

Para conocer qué tan dispersos están los valores de una muestra respecto a su media, se utiliza lo que se conoce como la desviación estándar incesgada de la muestra; la cual se expresa como:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.17)$$

La relación entre la desviación estándar y la media se conoce como coeficiente de variación; y por último el coeficiente de asimetría incesgado ( $g_{incesg}$ ) queda definido como:

$$g_{incesg} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} * g_{sesg} \quad (3.18)$$

$$g_{sesg} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{3/2}} \quad (3.19)$$

donde

- $x_i$  i-ésimo valor observado
- $n$  número total de datos
- $\bar{x}$  media aritmética
- $S_x$  desviación estándar
- $g_{incesg}$  coeficiente de asimetría incesgado
- $g_{sesg}$  coeficiente de asimetría sesgado

Una vez obtenidos los estadísticos antes expuestos, se procede a calcular los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  por medio del método de momentos o el de máxima verosimilitud los cuales, permiten definir la expresión de la distribución "Gumbel" y de esta manera, inducir el posible comportamiento del fenómeno hidrológico en estudio.

### 3.4.1.2 Método de momentos

Este procedimiento consiste en igualar los valores de los parámetros estadísticos de la muestra con los de la población, es decir, que la media, varianza y asimetría (primero, segundo y tercer momentos) de la muestra, sean iguales a los de la función de distribución de probabilidad.

Donde el parámetro de escala se define como:

$$\alpha = \left( \frac{\sqrt{6}}{\Pi} \right) * S_x \quad (3.20)$$

y el parámetro de ubicación como:

$$\beta = \bar{x} - 0.577\alpha \quad (3.21)$$

o bien

$$\beta = \bar{x} - 0.45S_x \quad (3.22)$$

### 3.4.1.3 Método de máxima verosimilitud

El método de máxima verosimilitud como su nombre lo indica, busca maximizar la función de verosimilitud  $L(x)$  para encontrar el mejor ajuste de cada función de probabilidad. Esta función se define como:

$$L = \prod_{i=1}^n F(x_i; \alpha; \beta..) \quad (3.23)$$

donde  $\Pi$  es el operador que indica el producto de los valores que representa su argumento. Así, este método consiste en estimar  $\alpha$ ,  $\beta$ ,..., de tal forma que  $L$  sea maximizada.



La forma tradicional de hacer lo anterior es derivar parcialmente la ecuación (3.23) con respecto a cada uno de los parámetros e igualar a cero las ecuaciones resultantes y resolverlas simultáneamente o en su defecto de forma iterativa.

$$\partial\beta_i = (1.11P_i - 0.26R_i) \frac{\alpha_i}{n} \quad (3.24)$$

$$\partial\alpha_i = (0.26P_i - 0.61R_i) \frac{\alpha_i}{n} \quad (3.25)$$

donde  $\partial\beta_i$  y  $\partial\alpha_i$  son las diferencias entre los valores verdaderos de los estimadores obtenidos a través del método de máxima verosimilitud,  $\alpha$  y  $\beta$ , y los valores en la  $i$ -ésima iteración.  $P_i$  y  $R_i$  son calculados de la siguiente forma:

$$P_i = n - \sum_{i=1}^n e^{-y_i} \quad (3.26)$$

$$R_i = n - \sum_{i=1}^n y_i + \sum_{i=1}^n y_i e^{-y_i} \quad (3.27)$$

$$y_i = \left( \frac{x_i - \beta}{\alpha} \right) \quad (3.28)$$

por lo que los nuevos valores de los estimadores son:

$$\beta_{i+1} = \beta_i + \partial\beta_i \quad (3.29)$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \partial\alpha_i \quad (3.30)$$

El proceso iterativo se detiene cuando las derivadas parciales de primer orden siguientes son cercanas a cero:

$$\left[ \frac{\partial LL}{\partial \beta} \right]_i = \frac{P_i}{\alpha} \quad (3.31)$$

$$\left[ \frac{\partial LL}{\partial \alpha} \right]_i = \frac{-R_i}{\alpha} \quad (3.32)$$

De esta forma el máximo valor de L ocurre en el mismo punto que el máximo del logaritmo natural de L, que en lo sucesivo se designará como LL. Es muy frecuente que LL sea utilizada en lugar de L, dado que es mucho más fácil de manejar.

Es conveniente aclarar que se seleccionaron los métodos de momentos y máxima verosimilitud por ser los de aplicación más generalizada, sin embargo existen más procedimientos para la estimación de dichos parámetros, por ejemplo; el método de momentos de probabilidad pesada (MPP), de mínimos cuadrados, de sextiles y de máxima entropía, entre otros.

Con el fin de determinar el modelo de distribución de probabilidad que mejor represente a la muestra histórica, se procede a realizar un análisis de frecuencia de sus datos, es decir, se ajustan los eventos de la muestra (gastos máximos anuales) con los diferentes modelos de distribución (en este caso se empleará la distribución Gumbel), estimando sus parámetros por los métodos de momentos y máxima verosimilitud. Posteriormente, mediante una prueba de bondad de ajuste (Kolmogorov-Smirnov, error cuadrático ó error estándar de ajuste) se escoge la mejor distribución.

Cabe mencionar que en este trabajo se empleará como prueba de bondad de ajuste, el error estándar de ajuste, debido a que es la única que toma en cuenta el número de parámetros de la distribución.

#### 3.4.1.4 Error Estándar de Ajuste (EE)

Para determinar qué distribución de probabilidad se ajusta mejor a una serie de datos, puede emplearse el EE, el cual consiste en obtener el cociente de la sumatoria de las diferencias al cuadrado del evento registrado, menos el evento calculado; entre la diferencia del número total de datos de la muestra, menos el número de parámetros analizados que tenga la distribución de probabilidad empleada:

$$EE = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_j)^2}{n - p} \quad (3.33)$$

donde

EE	error estándar de ajuste
$x_i$	i-ésimo valor observado
$x_j$	j-ésimo valor calculado
n	número total de datos
p	número de parámetros de la distribución

Entonces, la distribución que presente el menor error estándar, será la que mejor se ajuste a la muestra observada.

### 3.5 Obtención de la pérdida anual por inundación

Cuantificar los daños que las inundaciones pueden causar en una región, es base para poder determinar, por ejemplo, los beneficios que una obra de protección o control puede obtener, puesto que, una obra de control de inundaciones aportará como beneficios, los ahorros que se deriven de evitar que sucedan daños cuando se presente una avenida.

Como ya se mencionó, para calcular los daños por inundación se parte de estimar las pérdidas anuales que potencialmente pueden ocurrir principalmente en una planicie de inundación, a esto se le conoce como Pérdida Anual por Inundación (PAI) y su calculo implica una serie de relaciones que de manera sistemática, involucran parámetros medibles del fenómeno natural con factores económicos que pueden transformarse en unidades monetarias.

Para dicha estimación se contempla el siguiente procedimiento:

- Determinar la curva tirante-daño para la llanura de Inundación (ver apartado 3.2)
- Construir la curva tirante-gasto (ver apartado 3.3)
- Obtener la curva gasto-daño
- Efectuar el análisis de frecuencia del escurrimiento (ver apartado 3.4)
- Construir la curva probabilidad de excedencia-daño

Como se puede apreciar en la figura 3.8, a partir de las curvas tirante-daño y tirante-gasto podemos construir, a través de las elevaciones de ambas gráficas, la relación funcional entre las pérdidas derivadas de la avenida, en unidades monetarias, y sus gastos producidos; obteniendo así, la gráfica gasto-daño.

Ahora bien, como el objetivo que se persigue es encontrar los daños anuales promedios, que están en función de un evento esperado, es necesario construir una curva probabilidad de excedencia-daño que permita encontrar la probabilidad de ocurrencia del evento en estudio para evaluar dicho daño.

Para ello, es necesario ajustar la muestra histórica de gastos máximos anuales a través de un análisis de frecuencia, apoyándose en pruebas de bondad de ajuste para elegir el modelo de distribución que mejor represente a los datos.

La estimación de parámetros de las diferentes distribuciones, se lleva a cabo cuando menos por dos métodos; en este caso se hace por el método de momentos y por el de máxima verosimilitud.

Una vez que se escoge el modelo de distribución, se determina la probabilidad de excedencia de cada uno de los gastos ajustados mediante la ecuación 3.34

$$P=1-F(x) \tag{3.34}$$

donde

$F(x)$  función de probabilidad del modelo de distribución

$P$  probabilidad de excedencia

Se propone la tabla 3.4 para la construcción de la curva probabilidad de excedencia-gasto; en cuya primera columna se coloca la probabilidad de excedencia arrojada por la ecuación 3.34 y en la segunda columna su correspondiente gasto asociado a su periodo de retorno.

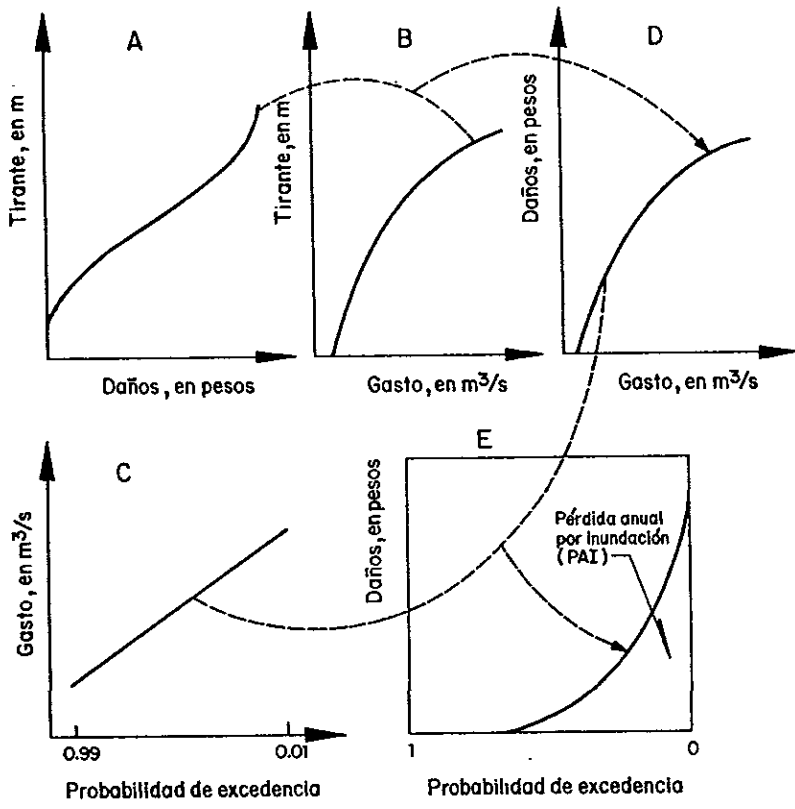


Figura 3.8 Esquema del cálculo de la Pérdida Anual por Inundación

Tabla 3.4 Relación probabilidad de excedencia-gasto

Probabilidad de excedencia	Gastos (m <sup>3</sup> )
0.01	
0.99	

Una vez efectuadas las relaciones anteriores procedemos a construir una sola curva, la cual denominaremos curva probabilidad de excedencia-daño (ver figura 3.9), esto se logra relacionando las curvas gasto-daño y probabilidad de excedencia-gasto presentadas en los apartados 3.3 y 3.4 respectivamente.

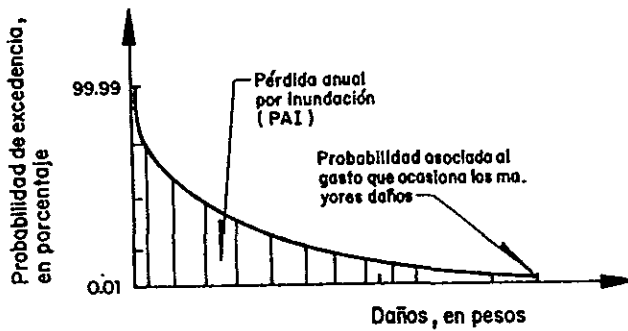


Fig. 3.9 Ejemplo de una curva probabilidad de excedencia-daño

Finalmente, la pérdida anual por inundación se obtiene al evaluar el área bajo la curva: probabilidad de excedencia-daño; esto es posible realizarlo por medio del método trapezoidal de integración, sumando las áreas parciales entre las líneas de frecuencia o también mediante la siguiente expresión:

$$D_0 = 0.5 (\Delta d_1 (p_1 + p_2) + \Delta d_2 (p_2 + p_3) + \dots + \Delta d_{N-1} (p_{N-1} + p_N)) \quad (3.35)$$

donde

- Do      daño esperado anual, en unidades monetarias  
 $\Delta d_i$     incremento de daño entre el gasto  $i$  y el gasto  $i+1$   
 $p_i$       probabilidad de exceder el gasto  $i$

De esta forma, el concepto de PAI debe ligarse al fenómeno del escurrimiento (magnitud de los eventos), a la configuración o forma de la planicie de inundación y a las obras estructurales de protección, para ésto, es necesario revisar algunos conceptos de hidráulica fluvial.

### **3.6 Obras de protección y encauzamientos**

A lo largo de la historia, el hombre, y su necesidad de agua para su consumo o aprovechamiento y dadas las condiciones propicias que otorgan las planicies o zonas bajas para el desarrollo de la agricultura, ganadería e industria, ha establecido su centro de actividades cerca de las orillas de ríos y lagos.

Sin embargo, ha enfrentado situaciones adversas a estos beneficios. Tal es el caso del fenómeno de inundación. Este hecho produce daños a la infraestructura del lugar y en casos extremos ocasiona pérdidas de vidas humanas.

En ese sentido, se deben tomar acciones que tiendan a reducir o controlar el fenómeno, siendo éstas de dos tipos: las predictivas o no estructurales y las correctivas. (construcción de obras o estructurales).

Las acciones predictivas o no estructurales, son todas aquellas que están dirigidas a avisar con oportunidad a las poblaciones ribereñas de la ocurrencia de una posible avenida y su consecuente inundación, sin interferir directamente con los escurrimientos del río. Tienen un costo reducido en comparación con las acciones correctivas y por lo tanto, están más al alcance de países en desarrollo; sin embargo, para que estas medidas sean efectivas, se requiere de una organización de la que paradójicamente, también carecen estos países.

Dichas acciones serían, por ejemplo: los seguros contra inundaciones, las pruebas en estructuras ya construidas, el abandono o demolición de estructuras existentes, los planes de protección civil, la difusión de boletines de alerta, la evacuación de personas y la delimitación de zonas federales, entre otras.

Por otro lado, dentro de las acciones estructurales encontramos obras que interfieren directamente con el agua como son: los bordos perimetrales, longitudinales, los cauces de alivio, los desvíos temporales, las rectificaciones de los cauces, las presas de almacenamiento, rompepicos y la limpia o dragado de cauces.

### **3.6.1 Bordos perimetrales**

Los bordos perimetrales son terraplenes generalmente de arcilla, contruidos de tal forma que los centros de población o producción queden aislados parcial o totalmente; a fin de protegerlos de las inundaciones periódicas. Estos bordos tienen la ventaja de ser la solución de control más económica que puede construirse y además, no alteran los niveles normales de la corriente.

### **3.6.2 Bordos longitudinales**

Los bordos longitudinales como su nombre lo indica se construyen a lo largo de las márgenes de un río y sirven para proteger de manera simultánea varios poblados, extensiones de terrenos con producción agrícola y ganadera, o bien, regiones desarrolladas que cuentan ya con vías de comunicación y de servicios. Estos bordos se pueden construir en una o ambas márgenes y confinan al agua dentro del cauce principal.

Para una misma avenida, la altura de los bordos dependerá en parte de la longitud de los mismos y principalmente de su separación. Su construcción cambia completamente las condiciones de escurrimiento durante las avenidas, puesto que los tirantes o elevaciones que alcanza el agua en el cauce principal son mucho mayores para una misma avenida, dado que se obliga pasar todo el gasto por un área más reducida.



### **3.6.3 Desvíos permanentes o cauces de alivio**

Esta solución consiste en desviar un cierto volumen de agua del cauce principal y conducirlo, por medio de un canal, hacia otro río o al mar directamente. Los cauces de alivio generalmente son construidos sobre la planicie, limitando sus fronteras con dos bordos longitudinales. Por lo tanto, no se excava el canal, sino únicamente un pequeño cauce central cuyo material sirve para construir los bordos; conviene separar los bordos lo más posible para que su altura sea reducida

### **3.6.4 Desvíos temporales**

Los desvíos temporales se pueden hacer cuando a los lados del cauce en estudio, existen zonas bajas o lagunas que pueden ser inundadas momentáneamente mientras dura una avenida. Aunque son zonas que pueden tener aprovechamientos, agrícola o ganadero, los daños que se ocasionan en ellas al inundarlas son pequeños porque de antemano se han destinado a este propósito. Cabe destacar que al escoger una zona para que reciba parte de las aguas de una avenida, se impide de antemano que en ella se hagan construcciones de cualquier clase.

Este tipo de solución, al igual que los cauces de alivio, se combinan con bordos longitudinales. La diferencia principal consiste en que mientras en el cauce de alivio se tiene la posibilidad de desviar volúmenes muy grandes, mientras no rebase el gasto máximo que puede conducir el canal de desvío; en los desvíos a lagunas o zonas bajas sólo se puede desviar un volumen establecido que es igual a la capacidad de la laguna o zona baja. Otra diferencia consiste en que el agua almacenada en la laguna, debe regresar al río en cuanto descienden los niveles en él, ya que el volumen útil, debe estar disponible para la siguiente avenida.

### **3.6.5 Rectificaciones (Corte de Meandros)**

Una forma de reducir los desbordamientos en una zona limitada, consiste en aumentar la capacidad hidráulica del cauce principal de un río, lo cual es posible lograr rectificando un tramo en él. Este aumento de capacidad, se obtiene únicamente en el tramo rectificado y en un tramo inmediato aguas

arriba de él. En el resto del río, las condiciones permanecen iguales, y por tanto, con la misma probabilidad de inundación

Cuando se tiene un tramo en el que existen meandros, como es el caso mostrado en la figura 3.10 se puede hacer una canalización. Así por ejemplo, si la longitud AB por el río es cuatro veces la longitud A'B' por la rectificación, la capacidad hidráulica de esa rectificación (para igual ancho de sección), puede llegar a ser casi del doble para el mismo tirante. Por la reducción de longitud, la pendiente aumenta y por lo tanto, aumenta la capacidad hidráulica de la sección en el tramo A'B' rectificado.

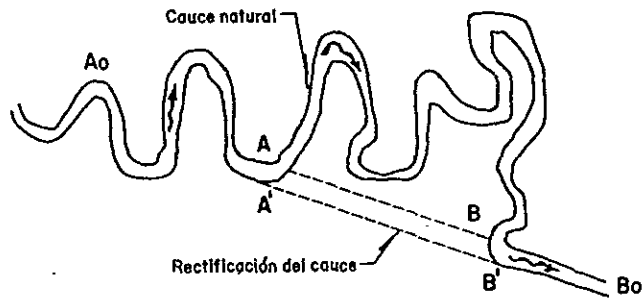


Figura 3.10 Rectificación de un cauce

Ya que la mayoría de los ríos presentan un régimen lento; en el tramo aguas abajo de B los niveles permanecen igual para gastos iguales, antes y después de que se haya efectuado la rectificación.

En el tramo de aguas arriba, inmediato a A aumenta la capacidad hidráulica del tramo, por el remanso que produce la rectificación. Pero además, debido a que el fondo del cauce se erosiona, ya que la

capacidad de transporte de sólidos es mucho mayor en el tramo AB que en el tramo Ao-A (ver figura 3.10 ). Esta erosión ayudará a aumentar la capacidad del tramo rectificado y sobre todo, aguas arriba de la rectificación.

El inconveniente de esta solución, consiste en que el material erosionado, tenderá a depositarse en el tramo inmediato aguas abajo de B, con lo que se disminuye la capacidad hidráulica en él. El remanso que produzca esa disminución de capacidad, repercute hacia aguas arriba, en la propia rectificación. La única forma de evitar eso; es dragando el fondo del río, aguas abajo de B, tratando de mantener las mismas secciones y pendientes que había antes de la rectificación.

### **3.6.6 Presas de almacenamiento**

Las presas de almacenamiento constan de un dique principal o cortina, que se construye en el río para cerrar el paso del agua y almacenarla. Con ello, se conforma el vaso donde se almacena el agua. Las otras dos obras adicionales de mayor importancia en una presa son la de excedencias, por donde son evacuadas las aguas que no pueden ser aprovechadas y la de toma, que es la obra hidráulica por donde sale el agua que se utiliza.

Cuando ingresa una avenida en el vaso con un volumen mayor al de control, en ese momento, el volumen restante sale por la obra de excedencias, formada generalmente por algún tipo de vertedor con descarga libre o controlada. La capacidad de excedencias de un vertedor, aumenta cuanto mayor es el tirante del agua sobre la cresta; por lo tanto, a medida que se incrementa la entrada de agua al vaso, aumenta la excedente.

Algunos ejemplos de las más importantes presas construidas en nuestro país, para almacenamiento y control de avenidas, se presenta en la tabla 3.5

### **3.6.7 Presas rompepicos**

Las presas rompepicos están formadas por una cortina generalmente de poca altura y gran obra de excedencias cuya elevación de la cresta o de la sección de control está casi a la elevación del fondo el río. El ancho de esta última obra es reducido con el objeto de no permitir el paso de grandes gastos. El valor del gasto se selecciona en función de la capacidad hidráulica del cauce aguas abajo de la presa. En otras ocasiones la obra de excedencias esta formada por orificios o tuberías cortas.

El funcionamiento de la obra es el siguiente: cuando el río tiene escurrimientos normales toda el agua pasa por la obra de excedencias y el escurrimiento no se ve afectado por la presencia de la cortina, ya que aguas arriba de ella, prácticamente no existe remanso ( porque la obra de excedencias tiene su nivel inferior casi coincidente con el nivel original del fondo del río). Al presentarse una avenida, como el vertedor tiene una capacidad limitada y por lo tanto se extrae menor gasto que el que ingresa, se almacena parte del agua en el vaso. Si se llega a presentar la avenida de diseño el vertedor permitirá el paso del gasto máximo de diseño mientras que el vaso se llena completamente. Se acostumbra construir este tipo de obras sobre pequeños arroyos o ríos aguas arriba de poblaciones.

### **3.6.8 Limpia de cauces y/o dragados**

Uno de los factores que afecta más el incremento de los tirantes o elevaciones del agua en un río, es el coeficiente de rugosidad, el cual se incrementa notablemente por la presencia de obstáculos como rocas, vegetación o basura. Lo más común es la vegetación, lo que obliga a limpiar los cauces poco antes del inicio de la época de avenidas.

Un aumento de capacidad hidráulica de un cauce también se logra dragando el fondo y ampliando la sección transversal. Esta solución solo debe aplicarse cuando la capacidad de transporte de sólidos es reducida aguas arriba de la zona dragada. De no ser así, se requieren dragados permanentes que de no hacerse, permiten que el río vuelva, en poco tiempo, a sus condiciones iniciales.

Tabla 3.5 Presas de control de avenidas

Presas	Estado	Corriente	Tipo	Capacidad h m <sup>3</sup>	Año de Término
Abelardo Rodríguez	Baja C. Norte	Tijuana	Contrafuertes	137.00	1937
Alvaro Obregón	Sonora	Yaquí	Tierra	4200.00	1952
Cointzio	Michoacán	Grande de Morelia	Tierra	96.20	1939
Constitución de 1917	Querétaro	El caracol	Tierra	76.50	1969
El infiernillo	Michoacán	Balsas	Enrocamiento	12000.00	1963
El Rejón	Chihuahua	El Rejón	Enrocamiento	7.95	1965
El Sordo	México	El Sordo	Enrocamiento	0.60	1960
Francisco Zarco	Durango	Nazas	Enrocamiento	438.00	1969
Ignacio Allende	Guanajuato	De la Laja	Gravedad	251.00	1968
Internacional Falcón	Tamaulipas	Bravo	Tierra	5038.00	1953
Internacional la Amistad	Coahuila	Bravo	Gravedad/ Enrocamiento	7050.00	1969
Josefa O. Domínguez	Sinaloa	Álamos	Enrocamiento	607.00	1967
La Angostura	Chiapas	Grijalva	Enrocamiento	18500.00	1974
Los Cuartos	México	Los Cuartos	Enrocamiento	1.15	1961
Luis L. León	Chihuahua	Conchos	Enrocamiento	850.00	1968
Manuel M. Dieguez	Jalisco	Santiago	Arco	420.00	1964
Mixcoac	México	Mixcoac	Enrocamiento	1.11	1941
Netzahualcoyotl	Chiapas	Grijalva	Enrocamiento	12960.00	1964
Parral	Chihuahua	Parral	Enrocamiento	14.00	1951
Plutarco E. Calles	Sonora	Yaquí	Arco	3500.00	1964
Presidente Alemán	Oaxaca	Tonto	Enrocamiento	9000.00	1955
Pte. Adolfo López M.	Sinaloa	Humaya	Enrocamiento	4112.00	1964
Requena	Hidalgo	Tepeji	Enrocamiento	81.00	1919/67
Rodrigo Gómez	Nuevo León	San Juan	Gravedad	40.00	1961
San Idelfonso	Querétaro	Prieto	Enrocamiento	62.76	1942/73
San Joaquín	México	San Joaquín	Tierra	1.00	1944
Santo Tomás	México	Tilostoc	Enrocamiento	8.90	1957
Tilostoc	México	Malacatepec	Gravedad	14.00	1952
Totólica	México	Totólica	Enrocamiento	2.10	1963

1005 presas hechas por dependencias de gobierno y algunas particulares.

Finalmente, cabe mencionar que casi siempre que se requiere construir una obra de protección, se hecha mano de una combinación de las alternativas antes mencionadas, con el fin de aumentar la efectividad del proyecto; mediante el aprovechamiento de los beneficios que ofrecen dichas obras en conjunto. Dentro de estas combinaciones de alternativas, las más comunes son las siguientes:

- Presas rompepicos-limpia de cauces
- Presas-bordos longitudinales
- Presas-bordos longitudinales-desvíos permanentes o temporales
- Presas-limpia del cauce
- Bordos longitudinales-desvíos permanentes o temporales
- Bordos longitudinales-limpia del cauce

## **4 EJEMPLO DE APLICACIÓN**

### **4.1 Hidrología de la Región en Estudio**

Para el ejemplo de aplicación se seleccionó una cuenca que permitiera, por una parte, demostrar la efectividad del método de la Avenida Índice al comparar los resultados obtenidos del modelo con el comportamiento hidrométrico del lugar y por la otra, ampliar la longitud de registros de estaciones inhabilitadas, como una aportación del presente trabajo. En ese sentido se eligió la cuenca del Río Baluarte perteneciente a la región hidrológica No. 11, situada al Sureste de la región hidrológica No. 10 (véase figura 4.1).

Esta cuenca se encuentra localizada entre las latitudes  $22^{\circ} 50' N$  y  $23^{\circ} 45' N$  y las longitudes  $105^{\circ} 20' WG$  y  $106^{\circ} 01' WG$ : Limita al norte con la cuenca del río Presidio, al sur con la laguna de Teacapan, al oriente con la cuenca del río Acaponeta y al poniente con la cuenca baja del río Presidio y el océano pacífico.

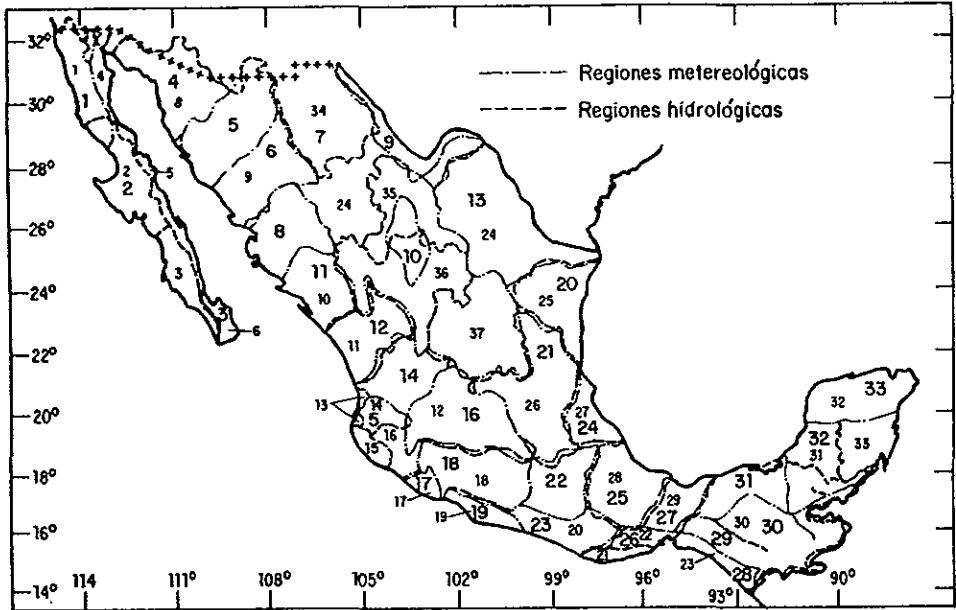


Figura 4.1 Regiones meteorológicas e hidrológicas

Su corriente se le conoce indistintamente con los nombres de Chamela, Rosario y Baluarte, la cual tiene su nacimiento en una pequeña meseta cercano al poblado de La Peña en el municipio de Pueblo nuevo, Durango, a una elevación de unos 2600 msnm descargando en el río Baluarte y a 8 kilómetros aguas abajo en un sitio cercano al rancho las Habitas, donde se encontraba operando de 1963 hasta 1976 la estación hidrométrica Las Habitas, con un área de cuenca de 3500 km<sup>2</sup>; cinco kilómetros aguas abajo de dicha estación, el río Baluarte recibe por su margen derecha el río Pánuco (uno de sus afluentes principales), el cual se inicia a una elevación de 1800 msnm cerca del poblado de Santa Lucia, Sinaloa en el km 1195 de la carretera Matamoros-Durango-Mazatlán, llegando a la población de Cacalotán donde a unos 2 km aguas arriba, se localiza la estación hidrométrica Las Tortugas, con un área drenada de 869 km<sup>2</sup>.



Finalmente, a partir de su confluencia con el río Pánuco, el río Baluarte cambia a la dirección NE-SW, cruzando 6 kilómetros aguas abajo la carretera México-Guadalajara-Nogales, lugar donde la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) opera desde 1948 hasta la fecha la estación hidrométrica Baluarte II, con un área de cuenca de 4800 km<sup>2</sup> (véase figura 4.2).

#### **4.1.1 Información hidrométrica utilizada**

En la región hidrológica No. 11 (Sinaloa, Durango y Nayarit) se disponen de 41 estaciones hidrométricas de gastos máximos anuales, después de eliminar las suspendidas y aquellas que están fuera de un radio de 80 km, a partir de la estación de aforos Las Habitas (en la cual se aplicará el método para ampliar su longitud de registro), se seleccionaron 8: Baluarte II, Las Habitas, Las Tortugas, Siqueros, Tapichahua, La Ballona, Acaponeta y Rosa Morada, sin embargo al realizar la recopilación de sus registros históricos a través de la Comisión Nacional del Agua (véase tabla 4.1) se encontró que las estaciones Tapichahua y Rosa Morada tenían registros poco representativos, puesto que presentaban series aisladas dada la falta de datos (problema común al que siempre se enfrenta el ingeniero civil, derivado de circunstancias técnicas y administrativas que ya se comentaron en el apartado 2.3.2), por lo que se eliminaron estas últimas, quedando finalmente los registros de 6 estaciones hidrométricas (véase tabla 4.2).

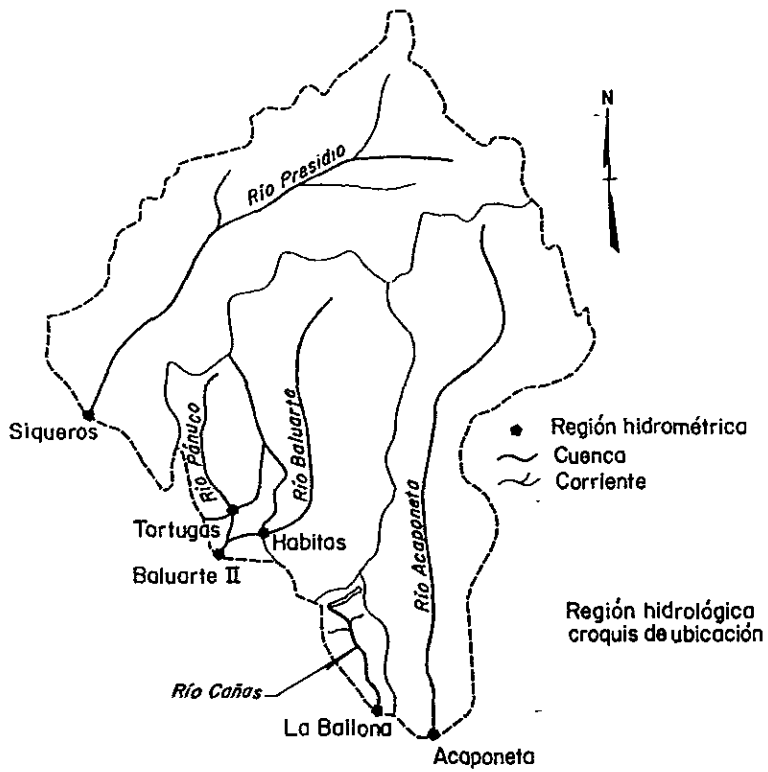


Figura 4.2 Croquis de ubicación de la región en estudio

Tabla 4.1 Recopilación de la información hidrométrica disponible de 8 estaciones de aforo de la Región Hidrológica No. 11  
Zona de los Ríos Presidio y Baluarte

GASTOS MÁXIMOS ANUALES (m <sup>3</sup> /s)								
AÑO	BALUARTE II	LAS HABITAS	LAS TORTUGAS	SIQUEROS	TAPICHAHUA	LA BALLONA	ACAPONETA	ROSA MORADA
1946							834	
1947							1126	
1948	9000						1949	
1949	953						434	
1950	750						1220	
1951	1771						1334	
1952	2292						1390	
1953	4155						1561	
1954	1879						1041	
1955	1290				316.36		2052	
1956	1638			595.5	142.06		1442	
1957	2915			132.7	157.37		4500	
1958	4070			2375	841.88		2080	
1959	1089			391	314		871	
1960	869			506	366		692	
1961	1055			841.3	683	404	875	
1962	2146			1073	895	159	597	
1963	1973			1692	1240	535	2706	
1964	3850	4521.8		950.81*	648	606	1691	0.38
1965	7094.36	9026		950.81*	1481	618.15	6150	0.26
1966	1858.32	928.6		950.81*	637	92.37	1066.72	
1967	1160	1040		656.1	639	520	2099.23	
1968	14140	13250		7200	2241	1910	16000	
1969	2875	7464		2585		1251.75	4230	
1970	2939	2418.6		1320		1070.5	1582	
1971	1620	1040	397	677		894.15	1211	
1972	10300	8934.4	1822	2040		732.8*	7050	28.864
1973	2134.54	1724	987.33	832		959	2610.12	151.32
1974	2410	2417.14	1780	2180		348.2	653.6	88.44
1975	3600	3260	1088	660		858.66	1699	99.7
1976	1940	1367	1050	432		248.4	1649.6	75.53
1977	780		968	974		319.16	786.2	61.33
1978	1756		245	520		202.11	930	145
1979	3594		1230	1630		367.13	1798.02	159.15
1980	1100		235	842		375.05	2291.48*	129.95
1981	3060.49*		1030	2075		635	1684.45	55.15
1982	1090		984.75*	222.1		75.51	1684.45	
1983	3360		839.5	1980		674.56	1582	72.61
1984	1225		290.57	355		326.25	1876	171
1985	4340		1236	2006		339.6	5096	140
1986	10467.84		626.83	1273.06		580.89*	6026.8	
1987	920.51		324.86	140.6		61.03	440	
1988	1483.78		323.03	616.08		481.66	1541.4	
1989	1261.23		324.86	989.67		67.27	864.8	
1990	7763.95		319.77	1725.18		541.81*	5290	
1991	1306.83		140.85	837.23			747.4	
1992	3418.68		324.86	1028.08			3337	
1993			324.86	922.78			7944	
1994			324.86				1408.75	

(\*) valores estimados por medio de la media muestral

Tabla 4.2 Longitud de registro de las estaciones seleccionadas para transferir información hidrométrica

Gastos máximos anuales (m <sup>3</sup> /s)						
Periodo Común	Estacion Hidrométrica					
	Baluarte II	Las Habitas	Las tortugas	Siqueros	La Ballona	Acaponeta
1971	1620	1040	397	677	894.15	1211
1972	10300	8934.4	1822	2040	732.8	7050
1973	2134.54	1724	987.33	832	959	2610.12
1974	2410	2417.14	1780	2180	348.2	653.6
1975	3600	3260	1088	660	858.66	1699
1976	1940	1367	1050	432	248.4	1649.6
1977	780		968	974	319.16	786.2
1978	1756		245	520	202.11	930
1979	3594		1230	1630	367.13	1798.02
1980	1100		235	842	375.05	2291.48
1981	3060.49		1030	2075	635	1684.45
1982	1090		984.75	222.1	75.51	1684.45
1983	3360		839.5	1980	674.56	1582
1984	1225		290.57	355	326.25	1876
1985	4340		1236	2006	339.6	5096
1986	10467.84		626.83	1273.06	580.89	6026.8
1987	920.51		324.86	140.6	61.03	440
1988	1483.78		323.03	616.08	481.66	1541.4
1989	1261.23		324.86	989.67	67.27	864.8
1990	7763.95		319.77	1725.18	541.81	5290

Se pueden definir dos periodos comunes: el primero abarca los años de 1946 a 1970 donde la muestra se presenta dispersa y por tanto poco representativa, esto debido a que se tendrían que a completar con algún procedimiento adecuado alrededor del 45 % de la muestra; el segundo periodo se define de 1971 a 1990, a simple vista se aprecia una muestra más homogénea y concentrada representando en un 84 % el fenómeno hidrológico, de modo que, se considera conveniente y necesario tomar dicho periodo como el tiempo base de estudio.

#### 4.1.2 Prueba de homogeneidad y ajuste a la distribución Gumbel

Con el objeto de probar la homogeneidad de la región hidrológica en el periodo común seleccionado; de 20 años (1971-1990) en el caso de las estaciones Siqueros, Baluarte II, La Ballona, Acaoneta, y Las Tortugas, y de 6 años (1971-1976) en Las Habitas; se ajustaron distribuciones Gumbel a cada registro, lo anterior por los métodos de momentos y/o máxima verosimilitud (véase apartado 3.4) obteniéndose, la mejor distribución a través del *minimo error estándar* de ajuste; y con ello los valores adoptados del gasto máximo anual asociado a los periodos de retorno de 2.33 y 10 años de cada registro; valores que son requeridos para la aplicación de la prueba de homogeneidad de Langbein, presentada en el apartado 2.2.1.

Para ello se utilizó el programa de cómputo DAPI.EXE, escrito en lenguaje Quick Basic 4.5, el cual contempla, a través de subrutinas, distintos cálculos empleados en esta tesis (véase anexo B).

En este caso se usó la subrutina "estadístico de la muestra". En la tabla 4.3 se muestran los ajustes obtenidos de cada una de las estaciones analizadas y sus eventos de diseño.

Tabla 4.3 Resumen de resultados del ajuste de la función de distribución de Probabilidades Gumbel

Estación hidrométrica	Área drenada (km <sup>2</sup> )	Mejor ajuste	Parámetros		Gastos (m <sup>3</sup> /s)	
			Escala	Ubicación	Tr= 2.33	Tr= 10
Siqueros	5300	Max. ver.	555.555	784.246	1105	2030
Baluarte II	4800	Momentos	2500	1887.615	3214	7046
La Ballona	440	Max. ver.	227.273	323.444	456	838
Acaoneta	5100	Momentos	1428.572	1474.963	2340	4841
Las Habitas	3500	Momentos	2500	1793.878	3128	6979
Las Tortugas	869	Momentos	384.615	582.135	806	1452

Finalmente, una vez ajustados los registros de las 6 estaciones hidrométricas, se empleó el programa de cómputo, escrito en Quick Basic 4.5, LANGBEIN.EXE (véase anexo B); obteniéndose de esta forma el cálculo de homogeneidad de las mismas. En la tabla 4.4 se presenta los resultados de dicha prueba.

Como se puede observar en la tabla 4.4 los periodos de retorno, obtenidos con base en la distribución Gumbel (véase ecuación 2.16), correspondientes al producto del gasto medio de cada uno de los registros por la relación promedio (RP) de la región analizada; se ubican dentro de los valores correspondientes al  $T_r$  que definen las curvas de control para los registros de 20 y 6 años (véase figura 4.3), propuestas en la prueba de Langbein (véase tabla 2.2).

Lo anterior nos indica que los registros de las 6 estaciones analizadas tienden a presentar un comportamiento estadístico similar por lo que se les considera homogéneas entre sí. Ahora bien, si algún registro hubiese excedido las curvas de control de Langbein, se tendría que haber excluido del análisis por considerarse no homogéneo; con respecto a las demás.

Una vez concluida la prueba se consideró conveniente, dada la naturaleza estadística del análisis de Langbein, apoyar el cálculo de homogeneidad con otra técnica que permitiera tomar en cuenta variables fisiográficas del sitio; identificando de esta forma, semejanzas hidrológicas más tangibles que el que proporciona Langbein. Para ello, se emplearon las curvas propuestas por Andrews en 1972 (véase apartado 2.2.2), las cuales se aplicaron por primera vez con gran éxito en una región hidrológica de la República Mexicana en 1994, como parte de una metodología de Modelos de Transferencia de Información Hidrológica (Gutiérrez, 1994). En ese sentido y asumiendo la importancia que tiene el elegir una adecuada característica fisiográfica que permita transferir información hidrométrica de un lugar a otro; se analizaron 16 características (fisiográficas y climatológicas), además del área, de 42 cuencas ubicadas en la región hidrológica 10, (Sinaloa y Durango) con la finalidad de encontrar las más significativas para obtener un óptimo pronóstico. Dichas características estimadas fueron: la precipitación media (precmeda), la pendiente de la cuenca (pendcuc), la elevación media (elevmed), la longitud del cauce principal (Lc), la pendiente del cauce

(pendcauc), el coeficiente de compacidad (Cc), la relación de elongación (Re), el parámetro de forma, (parmform), la frecuencia (frecuencia), la densidad de drenaje (densidad), el centroide de longitud (centlon) y latitud (centlat), el coeficiente de escurrimiento (coefescr), el número de orden (orden), el perímetro del parteaguas (perimetro) y la temperatura (temp). Véase tabla 4.5.

Posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal de las características antes mencionadas contra sus respectivos gastos de diseño, ajustados con la distribución Doble Gumbel para los periodos de retorno de 2.33, 5 y 10 años (véase tabla 4.6).

Los resultados que se obtuvieron del procedimiento anterior se presentan en la tabla 4.7 donde se puede observar que las características que mejor se correlacionaron son: el perímetro, la longitud del cauce y el área de la cuenca, cuyos coeficientes de correlación fueron 0.652, 0.649 y 0.627 respectivamente para un gasto de diseño asociado a un periodo de retorno de 5 años. Por lo que dichas características se consideraron como variables significativas para ser dibujadas en las curvas de Andrews.

En esta ocasión se diseñó el programa de cómputo ANDREWS.EXE (véase anexo B), el cual dibuja, a partir de variables fisiográficas relevantes de la zona, curvas multidimensionales que permiten discriminar regiones con un comportamiento similar y por ende homogéneo. En la figura 4.4 se muestra el trazo obtenido mediante este análisis para las 6 cuencas en cuestión.

Tabla 4.4 Cálculos de la prueba de homogeneidad de Langbein

Estación Hidrométrica	Método de estimación de parámetros	Gasto máximo (m <sup>3</sup> /s)		q <sub>10</sub> /q <sub>2.33</sub>	Q=q <sub>2.33</sub> *RP	Años de Registro	Límite inferior Tr	Tr para Q	Límite superior Tr
		q <sub>2.33</sub>	q <sub>10</sub>						
Siqueros	Max. Ver.	1105	2030	1.837	2204.20	20	2.84	13.53	39.6
Baluarte II	Momentos	3214	7046	2.192	6411.14	20	2.84	7.71	39.6
La Ballona	Max. Ver.	456	838	1.873	909.608	20	2.84	13.49	39.6
Acajoneta	Momentos	2340	4841	2.068	4667.729	20	2.84	8.96	39.6
Las Habitas	Momentos	3128	6971	2.231	6239.597	6	1.33	7.40	126.2
Las Tortugas	Momentos	806	1452	1.801	1607.77	20	2.84	14.73	39.6



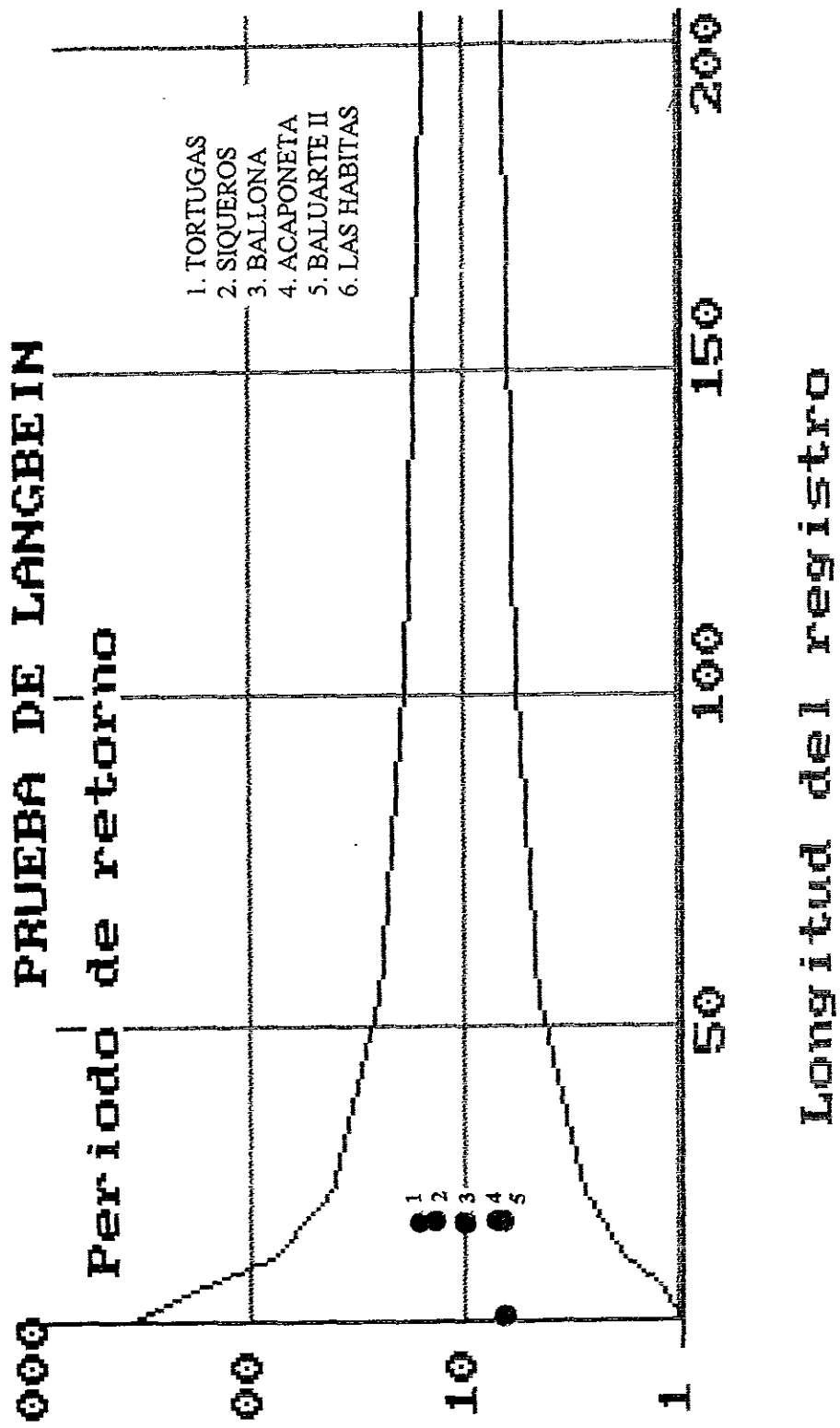


Figura 4.3 Prueba de homogeneidad de Langbein de las cuencas en estudio

Tabla 4.5 Resumen de las características fisiográficas de la región hidrográfica No. 10

Etiquetas/Características	Area (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Ce	Le (Km)	Re	CentiL (grados)	CentiL (grados)	CentiL (grados)	Preinclinada (mm)	Preinclinada (m Km-1)	Elemented (masam)	Pendiente (m Km-1)	Pemiform (m Km-1)	Frecuencia (m Km-2)	Densidad (Km-1)	Coeffec	Chubiz	Temp
1 SM ZAPOTITLAN	34450	1158	1.759	440	0.476	26.93	107.80	789.42	0.0406	1630.70	0.00342	0.0336	0.0046	0.0128	0.188	5	23	
2 SAN BLAS	33590	1088	1.674	402	0.514	26.93	107.82	799.32	0.0414	1682.76	0.00353	0.0324	0.0046	0.012	0.188	5	23	
3 LA TINA	275	56	0.986	30.3	0.618	26.17	108.32	654.73	0.0167	405.00	0.00413	0.2109	0.0036	0.0738	0.166	2	23	
4 BAMBICORI	223	75	1.416	20.2	0.834	26.17	108.40	800.45	0.0061	415.00	0.00438	0.3363	0.0045	0.0906	0.162	1	23	
5 LAS CAÑAS	29529	968	1.989	342	0.567	26.98	107.68	825.14	0.0445	1759.82	0.00338	0.0328	0.0049	0.0118	0.192	5	23	
6 EL MAHONE	29428	969	1.993	337	0.574	26.98	107.68	826.08	0.0445	1759.82	0.00348	0.0326	0.0049	0.0077	0.192	5	23	
7 CHOIX	1403	203	1.528	82	0.515	26.57	108.07	972.06	0.0221	1030.00	0.00234	0.1447	0.005	0.0513	0.172	3	21	
8 HUITES	26020	843	1.474	267	0.682	27.03	107.58	822.80	0.0493	1912.95	0.00685	0.0324	0.0051	0.0097	0.197	5	15	
9 PALO DULCE	6923	388	1.376	184	0.488	27.60	108.20	911.37	0.0369	1742.05	0.01028	0.0614	0.0044	0.0269	0.210	4	15	
10 CHINPAS	5098	332	1.311	131	0.615	27.70	108.15	909.69	0.0600	1940.00	0.01449	0.0651	0.0047	0.0235	0.211	4	15	
11 SAN FRANCISCO	17531	665	1.416	246	0.607	26.80	107.80	773.47	0.0504	2015.74	0.0072	0.0379	0.0058	0.0131	0.191	4	25	
12 SAN IGNACIO	10920	543	1.465	209	0.564	26.57	107.17	802.23	0.0336	2002.43	0.01041	0.0497	0.0067	0.0183	0.183	4	21	
13 LA VERANERA	4106	340	1.540	137	0.528	27.30	107.40	739.77	0.0363	2344.62	0.01565	0.0832	0.0049	0.0312	0.215	3	11	
14 URUQUE	4000	337	1.503	127	0.562	27.30	107.37	738.36	0.0338	2408.80	0.01537	0.0843	0.005	0.03	0.215	3	11	
15 GUERACHIC	6562	353	1.258	145	0.616	26.37	106.80	818.71	0.0423	2322.16	0.01249	0.0564	0.0053	0.0216	0.177	4	17	
16 ALAMOS	2270	248	1.468	124	0.434	26.77	108.80	634.25	0.0158	505.00	0.00184	0.1093	0.0035	0.052	0.156	3	23	
17 CAZANATE	1813	203	1.344	93	0.517	26.85	108.82	654.11	0.0156	526.36	0.00156	0.112	0.0033	0.0458	0.161	3	23	
18 JAENA	8179	458	1.428	177	0.577	26.00	107.43	982.60	0.0518	1729.18	0.01014	0.056	0.0056	0.0241	0.187	4	21	
19 TOAHAYANA	5281	308	1.195	131	0.626	25.97	107.27	1003.39	0.0579	1602.67	0.0113	0.0583	0.0064	0.0235	0.193	4	19	
20 TECUISIAPA	3773	325	1.492	90	0.770	26.00	107.12	1040.37	0.0666	1893.68	0.01504	0.0861	0.0053	0.022	0.197	4	15	
21 LOS MOLINOS	501	97	1.221	35	0.722	25.73	107.37	919.96	0.0417	1300.00	0.02159	0.1936	0.002	0.0639	0.182	2	23	
22 NARANJO	2064	243	1.508	107	0.479	26.20	108.30	809.04	0.0209	586.36	0.0076	0.1177	0.0029	0.0484	0.158	3	23	
23 ZOPILETE	665	128	1.399	68	0.428	26.00	108.23	743.32	0.0283	437.50	0.0069	0.1922	0.003	0.0871	0.158	2	25	
24 GUAMUCHIL	1645	193	1.342	65	0.704	25.53	107.83	767.17	0.0096	201.11	0.00098	0.1173	0.003	0.0383	0.145	3	25	
25 PERUCOS	270	75	1.287	31	0.598	23.20	107.62	734.26	0.0130	150.00	0.00613	0.2778	0.0037	0.1111	0.153	1	25	
26 TIERRA BLANCA	11614	612	1.601	276	0.441	25.45	106.85	977.22	0.0434	1541.27	0.00603	0.0527	0.003	0.0215	0.180	4	13	
27 PTE. S PACHECO	11434	600	1.382	268	0.450	25.45	106.85	978.50	0.0434	1541.27	0.00632	0.0525	0.0031	0.0214	0.180	4	13	
28 PALOS BLANCOS	11409	580	1.531	256	0.471	25.45	106.85	978.29	0.0434	1541.27	0.00649	0.0508	0.0031	0.021	0.181	4	13	
29 EL VAREJONAL	10987	570	1.514	233	0.508	25.48	106.80	990.33	0.0470	1653.33	0.0068	0.0519	0.0029	0.0191	0.182	4	13	
30 BADRAGUATO	1018	150	1.326	59	0.610	25.60	107.50	983.30	0.0520	1994.00	0.02118	0.1473	0.0029	0.057	0.187	2	23	
31 GUATEMBA	8252	490	1.521	178	0.576	25.50	106.58	10006.34	0.0491	595.90	0.01202	0.0594	0.0032	0.0194	0.185	4	17	
32 LA HUERTA	6149	388	1.395	117	0.736	25.53	106.42	1019.94	0.0412	2217.57	0.01569	0.0631	0.0036	0.0171	0.182	4	13	
33 PTE. CAÑEDO	4086	290	1.279	117	0.616	25.00	106.90	1045.49	0.0433	774.80	0.0047	0.071	0.0037	0.0289	0.185	3	25	
34 SANALONA	3657	242	1.129	85	0.803	25.02	106.83	1080.66	0.0518	895.24	0.00438	0.0662	0.0036	0.0202	0.191	3	25	
35 PICACHO	3280	239	1.177	85	0.760	25.02	106.83	1066.39	0.0518	895.24	0.00438	0.0729	0.004	0.0213	0.191	3	25	
36 TAMAZULA	2241	190	1.132	48	1.113	25.05	106.77	1171.95	0.0684	1146.43	0.0048	0.0519	0.0036	0.0192	0.196	3	25	
37 EL BLEDAL	371	88	1.288	31	0.701	24.70	107.00	856.13	0.0206	167.50	0.00799	0.2372	0.0027	0.0809	0.185	1	25	
38 SANTA CRUZ	8919	500	1.493	180	0.392	24.70	106.18	1068.89	0.0332	1689.60	0.01267	0.0561	0.0085	0.0205	0.199	4	13	
39 ACATITAN	1884	213	1.384	115	0.426	24.32	106.35	1046.59	0.0497	726.92	0.01131	0.1131	0.008	0.0515	0.200	3	25	
40 IXPALINO	6166	365	1.311	174	0.509	24.13	106.03	1006.73	0.0430	1393.68	0.0131	0.0592	0.007	0.0264	0.205	4	11	
41 IXPATLA	5307	330	1.355	142	0.379	24.15	105.98	1044.76	0.0496	1644.52	0.01689	0.066	0.0066	0.0239	0.208	4	11	
42 EL QUELITE	835	138	1.347	42	0.776	23.65	106.37	720.06	0.0084	211.67	0.00579	0.1653	0.0096	0.0515	0.182	2	25	

Tabla 4.6 Gastos de diseño (en m<sup>3</sup>/s) para diferentes periodos de retorno ajustados con la distribución Doble Gumbel

	PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS		
	2.33	5	10
<b>CUENCA DEL RÍO FUERTE</b>			
SM ZAPOTITLAN	482	979	1,621
SAN BLAS	2,684	7,554	10,612
LA TINA	74	129	274
BAMICORI	133	383	471
LAS CAÑAS	1,362	4,199	7,279
EL MAHONE	201	214	226
CHODX	336	492	684
HUITES	2,010	3,564	7,491
PALO DULCE	779	1,100	1,408
CHINIPAS	1,131	1,480	1,750
SAN FRANCISCO	1,365	2,643	4,109
SAN IGNACIO	1,505	2,218	2,979
LA VERANERA	330	569	870
URIQUE	289	418	541
GUERACHIC	451	700	2,625
ALAMOS	226	445	537
CAZANATE	381	733	1,663
<b>CUENCA DEL RÍO SINALOA</b>			
JAINA	869	1,426	2,739
TOAHAYANA	1,016	1,645	1,909
TECUIAPA	816	1,334	2,267
LOS MOLINOS	163	241	267
NARANJO	435	1,034	1,700
ZOPILOTE	335	631	801
<b>CUENCA DEL RÍO MOCORITO</b>			
GUAMUCHIL	450	784	1,416
<b>CUENCA LAGUNA CADAMTERO</b>			
PERICOS	205	313	341
<b>CUENCA DEL RÍO COLIACAN</b>			
TIERRA BLANCA	1,442	1,884	2,351
PTE. S PACIFICO	2,677	4,511	6,060
PALOS BLANCOS	1,382	2,577	3,464
EL VAREJONAL	693	1,275	1,448
BADRAGUATO	411	640	2,963
GUATENIPA	1,554	3,296	3,936
LA HUERTA	1,204	1,474	1,627
PTE. CAÑEDO	1,087	1,972	2,389
SANALONA	374	524	760
PICACHO	1,204	1,466	1,667
TAMAZULA	547	733	1,037
EL BLEDAL	220	378	661
<b>CUENCA DEL RÍO SAN LORENZO</b>			
SANTA CRUZ	947	1,611	2,996
<b>CUENCA DEL RÍO ELOTA</b>			
ACAITTAN	837	1,374	2,191
<b>CUENCA DEL RÍO PIAXTLA</b>			
XPALINO	993	1,607	2,924
PIAXTLA	874	1,659	3,951
<b>CUENCA DEL RÍO QUELITE</b>			
EL QUELITE	363	732	1,151

Tabla 4.7 Resultado del análisis de correlación lineal aplicados a las características fisiográficas de la región hidrológica No. 10

Gasto de diseño	Área	Perimetro	Cc	Lc
q 2.33	0.525	0.591	0.380	0.604
q 5.00	0.627	0.652	0.449	0.649
q 10.00	0.644	0.650	0.413	0.642

Gasto de diseño	Re	Centlat	Centlon	Precmeda
q 2.33	- 0.196	0.045	- 0.273	0.283
q 5.00	- 0.215	0.116	- 0.142	0.124
q 10.00	- 0.195	0.113	- 0.144	0.088

Gasto de diseño	Pendcuenc	Elevmed	Pendcauc	Parmform
q 2.33	0.455	0.448	- 0.069	- 0.583
q 5.00	0.311	0.371	- 0.149	- 0.499
q 10.00	0.314	0.362	- 0.068	- 0.497

Gasto de diseño	Frecuencia	Densidad	Coefescr	Orden
q 2.33	0.084	- 0.566	0.257	0.620
q 5.00	0.072	- 0.485	0.186	0.587
q 10.00	0.141	- 0.477	0.214	0.595

Gasto de diseño	Temp
q 2.33	- 0.313
q 5.00	- 0.164
q 10.00	- 0.173

**RAZO MULTIDIMENSIONAL CURVA DE ANDREWS  
STACION : TODAS**

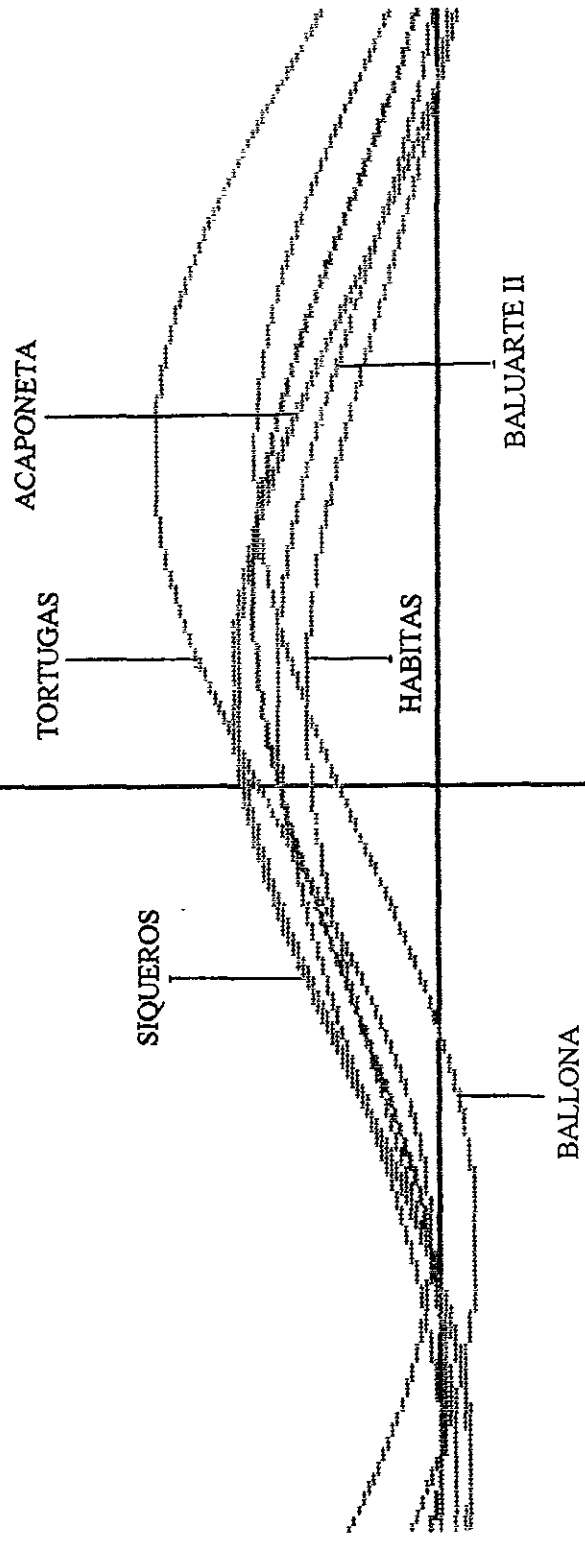


Figura 4 4 Curvas de Andrews de las cuencas en estudio

Como se puede observar en la figura 4.4 las variables analizadas producen curvas con una tendencia similar, guardando cierta armonía entre ellas, lo que deriva una semejanza fisiográfica y por consecuencia hidrológica. Lo anterior permite concluir que las cuencas que componen el área de estudio son (según los criterios de Langbein y Andrews): física, hidrológica y estadísticamente homogéneas.

#### 4.1.3 Obtención de la mediana y la Curva Regional

Con la finalidad de estandarizar los registros de las estaciones homogéneas, para lograr una adecuada representatividad del fenómeno hidrométrico de la región, se procedió a obtener la mediana de las estaciones Baluarte II, La Ballona, Acajoneta y Siqueros, esto debido a que se desea conocer el comportamiento hidrológico de las estaciones *Las tortugas* y *Las Habitas*, por lo que no deben ser incluidas; la primera se evalúa con el objeto de demostrar la efectividad del modelo y la segunda para ampliar su longitud de registro. En ese sentido, se ordenaron de forma decreciente los gastos máximos anuales de cada estación y se dividieron entre su media;  $Q_{max}/q_2$  33 (véase tabla 4.8).

Posteriormente se estimó la mediana para cada intervalo y su correspondiente periodo de retorno, de acuerdo al método ajustado en cada registro; generando de esta forma la Curva Regional de frecuencias, la cual nos permite transferir en función de alguna característica representativa del lugar, información hidrométrica en cualquier punto de la región en estudio.

Los valores obtenidos de la Curva Regional (véase tabla 4.9) se dibujaron en papel semilogaritmico, con el propósito de trazar, entre ellos, una curva suave a mano alzada, tal y como lo especifica la metodología (Kite, 1977), esto con el fin de facilitar su lectura (véase la figura 4.5).

Tabla 4.8 Resumen del cálculo de la mediana para las 6 estaciones homogéneas, ordenados de mayor a menor

Estación hidrométrica				
Orden	Baluarte II	Ballona	Acaponeta	Siqueros
1	0.242	0.133	0.188	0.127
2	0.286	0.146	0.279	0.200
3	0.339	0.166	0.335	0.321
4	0.342	0.442	0.369	0.390
5	0.381	0.543	0.397	0.470
6	0.392	0.700	0.517	0.557
7	0.461	0.714	0.658	0.597
8	0.504	0.745	0.676	0.612
9	0.546	0.763	0.705	0.752
10	0.603	0.804	0.719	0.761
11	0.664	0.822	0.719	0.881
12	0.749	1.057	0.726	0.895
13	0.952	1.188	0.768	1.152
14	1.045	1.274	0.801	1.475
15	1.118	1.392	0.979	1.561
16	1.120	1.480	1.115	1.791
17	1.350	1.607	2.177	1.815
18	2.415	1.883	2.260	1.846
19	3.204	1.960	2.575	1.877
20	3.257	2.103	3.012	1.972

Tabla 4.9 Curva Regional de frecuencias

Q/q2.33	Tr
0.160	1.10
0.240	1.14
0.328	1.19
0.380	1.22
0.434	1.33
0.537	1.39
0.627	1.51
0.644	1.56
0.729	1.67
0.740	1.69
0.771	1.82
0.822	1.77
1.052	3.04
1.159	3.02
1.255	3.53
1.300	3.92
1.711	6.52
2.072	12.11
2.268	17.03
2.557	29.32



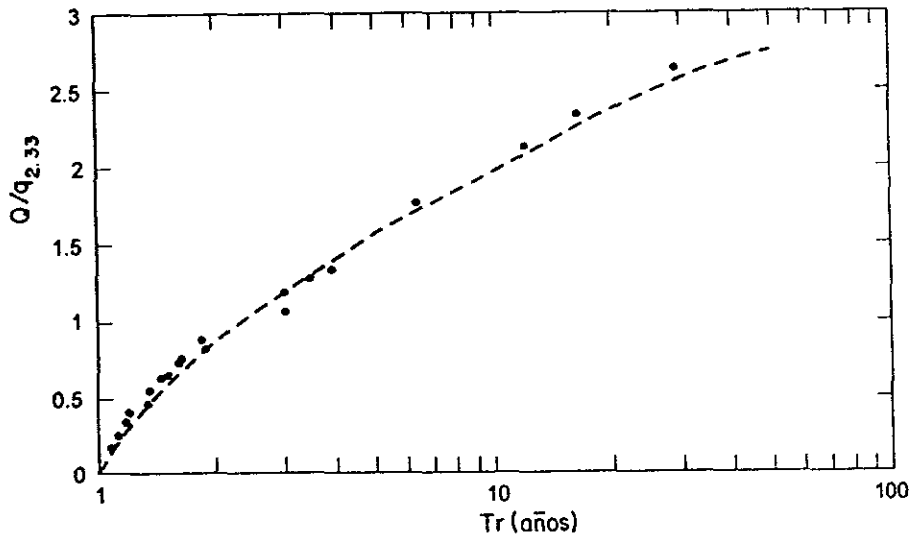


Figura 4.5 Curva Regional de frecuencias (zona de los ríos Presidio y Baluarte)

Por otra parte se determinó, a partir de los planos topográficos F13-1, F13-2, F13-5 y G13-11 elaborados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) a la escala 1:250 000, el área, la longitud del cauce principal y el perímetro del parteaguas pertenecientes a las cuencas de las estaciones Baluarte II, La Ballona, Acajoneta, Siqueros, Las Habitas y Las Tortugas; las cuales se consideraron como significativas (véase capítulo 2.4) para transferir información de un lugar a otro.

A continuación en la tabla 4.10 se presenta un resumen de las características estimadas en las estaciones antes mencionadas.

Tabla 4.10 Resumen de las características morfológicas estimadas en la zona de los ríos Baluarte y Presidio de la región hidrológica No. 11

Estación	Ubicación	Corriente	Área (km <sup>2</sup> )	Long. Cauce (km)	Perímetro (km)
Las Tortugas	Lat N 23° 05' 45" Long 105° 51' 00"	Río Pánuco	869	55	130
Baluarte II	Lat N 22° 58' 00" Long 105° 52' 00"	Río Baluarte	4800	128	311
La Ballona	Lat N 22° 32' 00" Long 105° 27' 00"	Río Cañas	440	44	105
Acaponeta	Lat N 22° 29' 00" Long 105° 20' 30"	Río Acaponeta	5100	198	435
Siqueros	Lat N 23° 20' 00" Long 106° 14' 00"	Río Presidio	5300	194	443
Las Habitas	Lat N 23° 01' 30" Long 105° 45' 00"	Río Baluarte	3500	106	284

Posteriormente se dibujaron las magnitudes de los gastos medios ( $q_{2.33}$ ), citados en la tabla 4.3, y las características presentadas en la tabla 4.10 con el propósito de definir curvas de transferencia que permitan asociar el fenómeno hidrológico en estudio, en este caso el gasto máximo anual, con características fisiográficas del lugar (véase figura 4.6).

Una vez hecho lo anterior se realiza el pronóstico hidrométrico de la estación Las Tortugas, con la finalidad de comparar los resultados arrojados por el modelo con los aforados en el lugar y de esta manera demostrar la efectividad del método.

#### 4.14 Pronóstico hidrométrico de la estación Las Tortugas

Esta estación se encuentra instalada sobre el Río Pánuco, en el municipio de Rosario del Estado de Sinaloa, 10 km al norte de la población del Rosario y 2 km sobre el río, aguas arriba de Cacalotán, disponiendo de una longitud de registro de 35 años a partir de su instalación en el año de 1971. Dicha longitud coincide con el año de inicio del Tiempo Base de la Regionalización realizada (1971-1990) por lo que es posible emplear el modelo antes descrito.

En ese sentido, se procedió a estimar los periodos de retorno asociados a los gastos picos de registro, a partir de los parámetros obtenidos por el método de momentos de la distribución Gumbel (véase tabla 4.3). Una vez determinados los periodos de retorno se entró con ellos a la Curva Regional de frecuencias (véase tabla 4.9) con el fin de obtener sus correspondientes relaciones  $Q/q_{2.33}$ . Finalmente se encontró el gasto medio regional de la cuenca; entrando con: el área ( $869 \text{ km}^2$ ), la longitud del cauce (55 km) y el perímetro (130 km) de la cuenca en la Curva de Transferencia (véase figura 4.6) encontrando en el eje de las abscisas los gastos de 785, 860 y 720  $\text{m}^3/\text{s}$  respectivamente, obteniéndose mediante el producto de los gastos anteriores por las relaciones de  $Q/q_{2.33}$ , los eventos hidrométricos anuales.

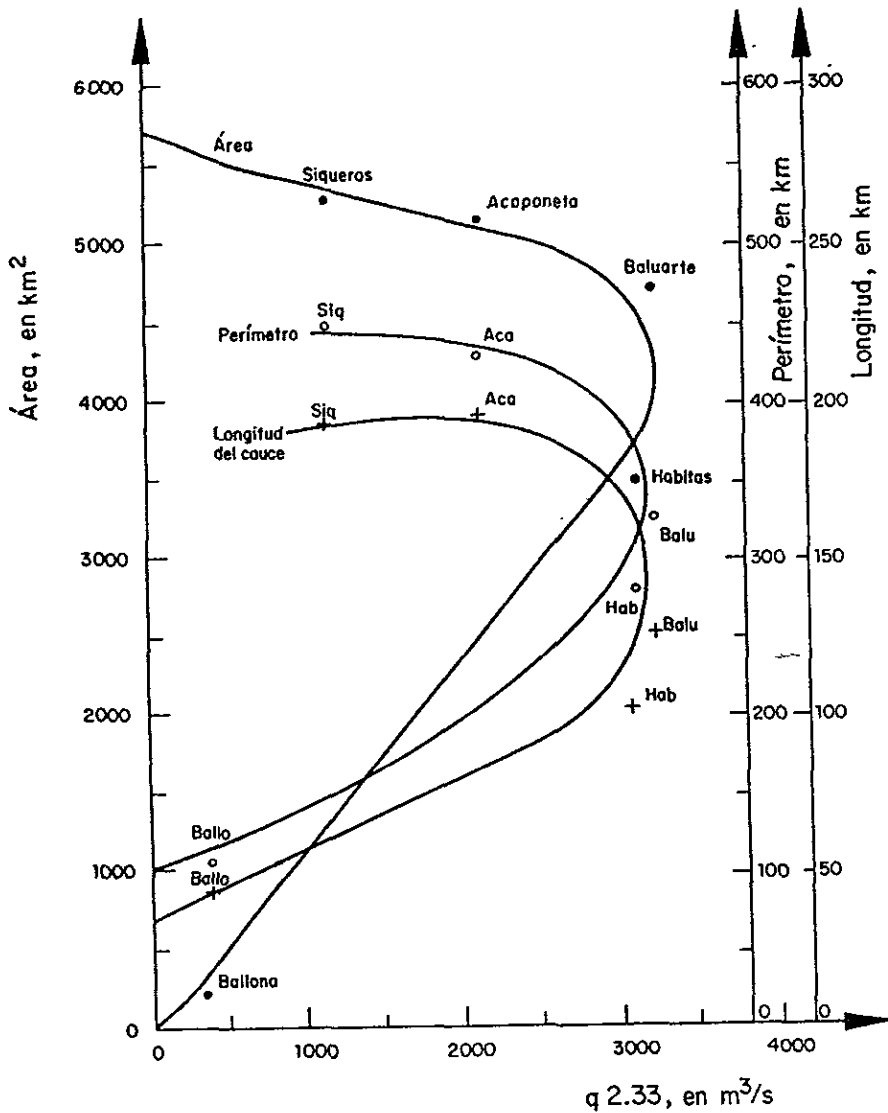


Figura 4.6 Gráfica de  $q_{2.33}$  vs Características fisiográficas

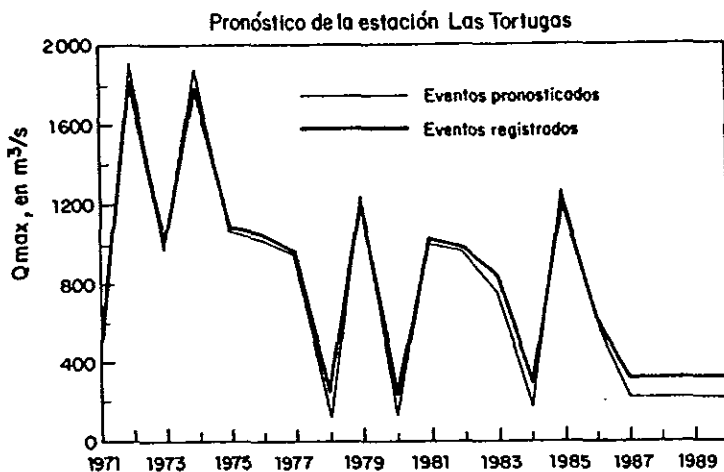
A continuación, en la tabla 4.11 se presenta el anterior cálculo, mostrando los gastos estimados por el modelo.

Tabla 4.11 Pronóstico hidrométrico de la estación Las Tortugas

Año	Tortugas m <sup>3</sup> /s	Tr años	Q/q2.33	Área(869) 785 m <sup>2</sup> /s	Lc (55) 860 m <sup>3</sup> /s	Perímetro (130) 720 m <sup>3</sup> /s
1971	397	1.248	0.392	308	337	283
1972	1822	25.200	2.460	1931	2116	1771
1973	987.33	3.380	1.226	963	1055	883
1974	1780	22.710	2.400	1884	2064	1728
1975	1088	4.225	1.350	1060	1161	972
1976	1050	3.880	1.300	1021	1118	936
1977	968	3.245	1.200	942	1032	864
1978	245	1.100	0.160	126	138	115
1979	1230	5.863	1.610	1264	1385	1159
1980	235	1.094	0.150	118	129	108
1981	1030	3.708	1.276	1001	1097	918
1982	984.75	3.365	1.224	961	1052	881
1983	839.5	2.490	0.952	748	819	686
1984	290.57	1.135	0.230	181	198	166
1985	1236	5.950	1.621	1272	1394	1167
1986	626.83	1.696	0.747	586	642	538
1987	324.86	1.167	0.282	221	242	203
1988	323.03	1.165	0.278	218	239	200
1989	324.86	1.167	0.282	221	242	203
1990	319.77	1.162	0.273	214	235	197

Como se puede observar en la tabla 4.11 se obtuvieron los gastos pico de la cuenca de la estación Las Tortugas en función del área, la longitud del cauce y el perímetro de la cuenca; siendo el primero el que condujeran el menor error estándar de ajuste y por consecuencia la mejor inferencia

A continuación, en la figura 4.7 se muestra la adecuada tendencia que presenta el pronóstico efectuado con el área en comparación con los datos hidrométricos registrados en la estación.



**Figura 4.7 Pronóstico hidrométrico de la estación de aforos Las Tortugas**

Como se puede observar en la figura 4.7 los valores obtenidos por el modelo Regional muestran una buena correspondencia con respecto a los valores realmente aforados, incluso se puede decir que representó al fenómeno hidrométrico en un 80%, ello hace pensar en lo confiable que resulta aplicar esta teoría para el cálculo de eventos en sitios sin ninguna medición.

Por otra parte, el método de la avenida índice ofrece también la alternativa de ampliar registros de estaciones, donde por algún motivo sea insuficiente la información hidrométrica para realizar apropiadamente un proyecto de carácter hidráulico.

#### 4.1.5 Ampliación de los registros hidrométricos de la estación de aforos Las Habitas

Para ejemplificar este caso se seleccionó la estación de aforos Las Habitas; la cual empezó a operar el 18 de mayo de 1964 con el objeto de determinar el régimen de la corriente del río Baluarte inhabilitándose en 1976, por cuestiones técnicas.

Como se puede observar en la tabla 4.1 la estación hidrométrica Las Habitas presenta un registro histórico de 13 años (1964-1976) donde solamente 6 años (1971-1976) se encuentran dentro del periodo común de estudio, por lo que es necesario predecir los gastos de diseño que probablemente se presentaron en el periodo que va de 1977 a 1990.

Debido a que no contamos con registros en dicho periodo, no podemos seguir la misma técnica que utilizamos en la estación las Tortugas, al obtener los periodos de retorno a partir de un ajuste de distribución de probabilidad y entrar con ellos a la curva Regional de Frecuencias, por lo que en este caso, se realizó una correlación lineal de los periodos de retorno de los registros de la muestra original en la estación Las Habitas con los de las estaciones Tortugas y Baluarte II, las cuales de alguna manera tienden a presentar un comportamiento muy semejante al de la estación en estudio, debido a que se encuentran ubicadas dentro de la misma cuenca (véase figura 4.2).

De este análisis se obtuvo para la estación Tortugas un coeficiente de correlación lineal  $R_{xy}$  de 0.484 el cual se consideró poco representativo a pesar de la cercanía espacial que presenta con la estación Habitas. Por otro lado, la estación Baluarte II mostró una casi perfecta correlación lineal con los periodos de retorno de la estación en cuestión, alcanzando un coeficiente de correlación de 0.999.

Los resultados anteriores probablemente se debieron a las condiciones físicas que presentan ambas estaciones con respecto a la de estudio, es decir, si observamos el área de la estación Baluarte II veremos que guarda cierta proporción con el de la estación Habitas (véase tabla 4.10), además de que la primera se ubica sobre la misma corriente del Río Baluarte que la segunda, en cambio no sucede así para la estación Tortugas, la cual tiene un área de drenaje muy inferior a las anteriores y su ubicación sobre una corriente adyacente (Río Pánuco) a la de la estación de interés la hace hidrológicamente

diferente. Por lo anterior, se tomó como representativo el análisis de correlación lineal de la estación Baluarte II, deduciendo de ello la siguiente relación de transferencia:

$$Tr_{Habitad} = 1.7316749 + 0.5277932Tr_{Baluarte} - \frac{1.743960}{Tr_{Baluarte}} \quad (4.1)$$

Una vez definida la ecuación 4.1 se calcularon, mediante la aplicación de la misma, los periodos de retorno de los gastos faltantes para el periodo 1971-1990 (véase tabla 4.12); posteriormente se empleo la Curva Regional de Frecuencias para obtener sus correspondientes Q/q2.33 y de la Curva de Transferencia el gasto medio del lugar, para las siguientes características fisiográficas: el área (3500 km<sup>2</sup>), la longitud del cauce principal (106 km) y el perímetro de la cuenca (284 km) leyendo en el eje de las abscisas los gastos de 2940, 2920 y 2960 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Finalmente se estimaron los gastos máximos multiplicando las relaciones Q/q2.33 del lugar por su gasto medio regional obteniéndose los resultados que se presentan en la tabla 4.12.



Tabla 4.12 Resumen del cálculo de la ampliación de registros de la estación hidrométrica Las Habitas

Año	Habitas m <sup>3</sup> /s	T <sub>T</sub> HABITAS años	Q/q2.33	Gastos máximos anuales		
				Área (3500 )	Long(106)	Peri(284)
				2940*	2920	2960
				m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1971	1040	1.3	0.400	1176	1168	1184
1972	8934	22.6	2.500	7350	7300	7400
1973	1724	1.5	0.590	1735	1723	1746
1974	2417	1.7	0.810	2381	2365	2398
1975	3260	2.4	1.013	2978	2958	2998
1976	1367	1.5	0.600	1764	1752	1776
1977		0.9	0.160	470	467	474
1978		1.4	0.540	1588	1577	1598
1979		2.4	1.000	2940	2920	2960
1980		1.1	0.180	529	526	533
1981		2.1	0.910	2675	2657	2694
1982		1.1	0.174	512	508	515
1983		2.3	0.960	2822	2803	2842
1984		1.2	0.270	794	788	799
1985		3.0	1.164	3422	3399	3445
1986		24.2	2.430	7144	7096	7193
1987		1.0	0.165	485	482	488
1988		1.2	0.405	1191	1183	1199
1989		1.1	0.300	882	876	888
1990		8.7	1.850	5439	5402	5476

(\*) Gasto medio leído en la curva de transferencia, en función de las características fisiográficas del lugar

Al calcular el error estándar de ajuste de los gastos pico presentados en la tabla 4.12, se encontró que la estimación que guarda la mejor analogía con respecto al fenómeno hidrométrico de la estación Habitas es la obtenida con la característica del perímetro de la cuenca. Lo anterior permite reflexionar acerca de la importancia que tiene el discriminar diversas características significativas, además del área, para realizar un óptimo pronóstico, al disponer de más alternativas de transferencia.

A continuación, en la figura 4.8 se ilustra la correlación que presentan los eventos pronosticados en la estación de aforos Las Habitas con su registro histórico y en la 4.9 se compara dicho pronóstico con los medidos en las estaciones Baluarte II y Tortugas, las cuales involucran cierta relación con la de estudio, debido a su ubicación geográfica (véase figura 4.2).

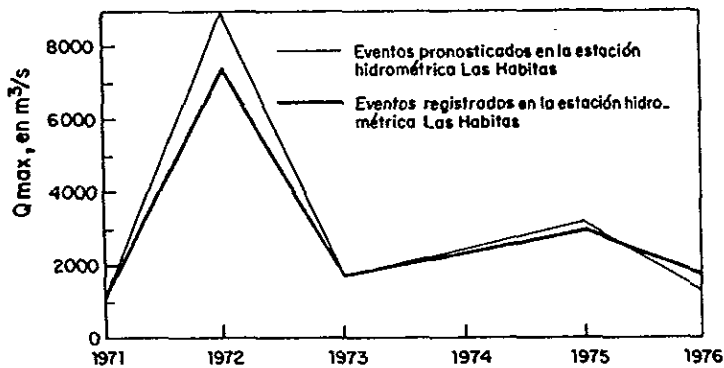


Figura 4.8 Correspondencia de los eventos hidrométricos pronosticados con los registrados en la estación de aforos Las Habitas

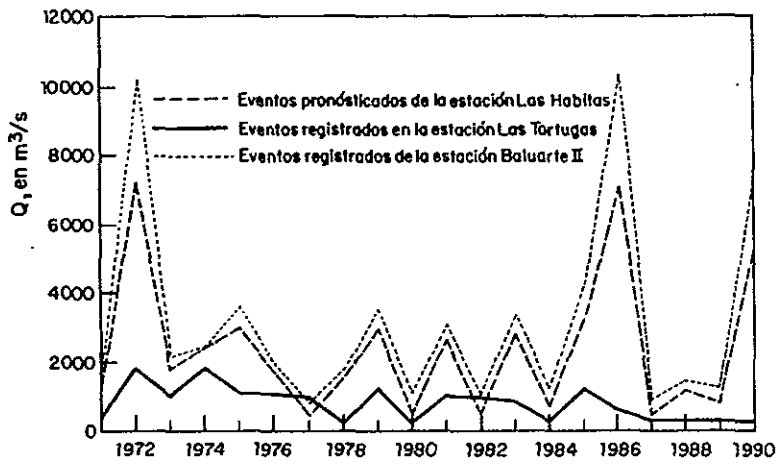


Figura 4.9 Correlación del pronóstico de la estación Las Habitas con respecto a las estaciones Baluarte II y Tortugas

## **4.2 Pérdida Anual por Inundación en sitios aforados**

El estudio de la Pérdida Anual por Inundación se realizó en un tramo del río Pánuco cerca del poblado de Cacalotán, Sin., sitio en donde se llevo acabo la transferencia de información hidrológica (véase capitulo 4.1).

Este poblado de aproximadamente 1874 habitantes, según el registro de conteo rápido del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI) de 1995, se encuentra en la región noroeste de la República Mexicana; en el paralelo 23° 3.9' de latitud Norte y 105° 50.4' de longitud Oeste, sobre el componente funcional izquierdo de la corriente del río Pánuco. Se comunica al norte con la localidad de Chele, al sur con la carretera federal No. 15 y el municipio de Rosario, al Oriente con la Villa el Potrero y al Poniente con la Villa Higueras (véase anexo C).

### **4.2.1 Aspecto hidrológico de la zona**

Cerca de Cacalotán se encuentra instalada sobre el afluente del río Pánuco, la estación hidrométrica Las Tortugas, donde se toman lecturas diarias de escurrimientos medios y extremos (mínimos y máximos), a través del procedimiento sección-velocidad.

Actualmente la Comisión Nacional del Agua, dispone en dicha estación, con una longitud de registro de gastos máximos anuales de 24 años; en el periodo comprendido de 1971 a 1994. Véase tabla 4.1.

### **4.2.2 Características fisiográficas de la planicie de inundación**

En la tabla 4.13 se resumen las características de la sección proyectada, propuesta para el estudio de planicies de inundación (véase apartado 3.3).

Tabla 4.13 Características de la región de estudio

Hidráulica del Río	
Elevación máxima a analizar	60.20 msnm
Elevación de la llanura de inundación	57.00 msnm
Componente funcional a la margen derecha del cauce	
Longitud de sección	1 m
Coefficiente de rugosidad	0.035
Talud	1.5
Sección del Cauce	
Elevación de plantilla	54.00 msnm
Ancho	100 m
Talud derecho	2.6
Talud izquierdo	2.1
Coefficiente de rugosidad	0.035
Pendiente	0.002040816
Componente funcional a la margen izquierda del cauce	
Longitud de la sección	45 m
Coefficiente de rugosidad	0.035
Talud	10

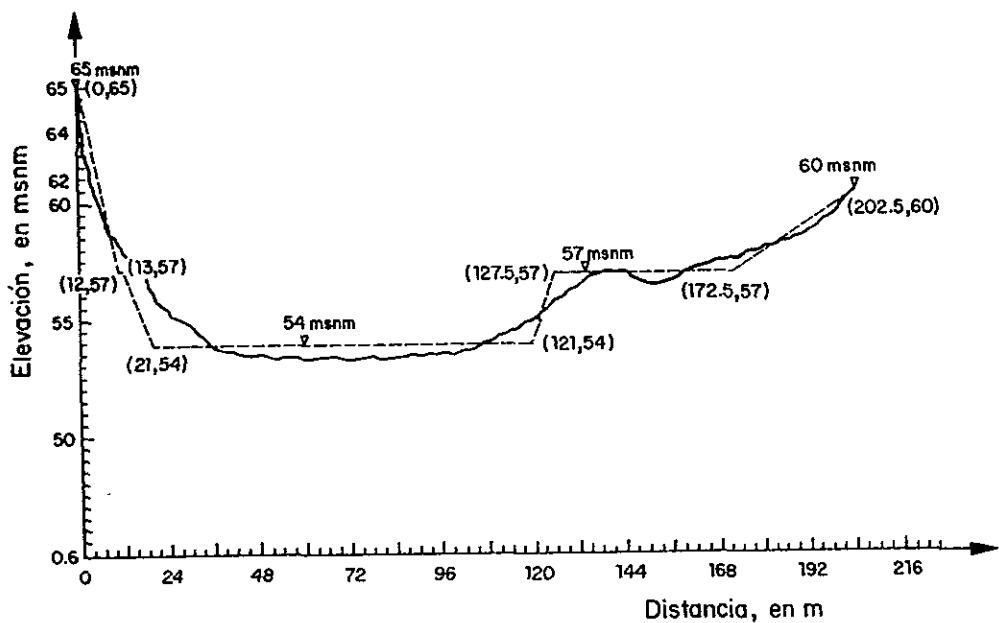


Figura 4.10 Sección transversal del río Pánuco cerca del municipio de Cacalotán, Sin

#### 4.2.3 Inventario de bienes inmuebles afectables, en la planicie de inundación

En la tabla 4.14 se muestra el inventario de la infraestructura urbana del lugar, propensa a sufrir daños ante la presencia de una inundación.

Tabla 4.14 Inventario de viviendas afectables, en caso de inundación

Construcción, tipo	Cantidad	Valor total* por vivienda (\$)	Elevación (msnm)
Vivienda de una planta	3	130,000	57.20
Vivienda de una planta	6	130,000	57.40
Vivienda de una planta	8	130,000	57.60
Vivienda de una planta	3	130,000	57.80
Vivienda de una planta	5	130,000	58.00
Vivienda de una planta	7	130,000	58.20
Vivienda de una planta	3	130,000	58.40
Vivienda de dos plantas	2	234,000	57.60
Vivienda de dos plantas	2	234,000	57.80
Vivienda de dos plantas	6	234,000	58.00
Vivienda de dos plantas	6	234,000	58.20
Vivienda de dos plantas	8	234,000	58.40

(\*) Incluye el valor del contenido de la vivienda

A partir de los datos anteriores se podrán construir tres curvas características (tirante-daño, tirante-gasto, gasto-daño y probabilidad de excedencia-gasto), que relacionadas entre si dan origen a la curva probabilidad de excedencias-daño; cuya área bajo su trazo proporciona la Pérdida Anual por Inundación (véase apartado 3).

#### 4.2.4 Curva tirante-daño

Esta relación, como ya se comentó en el apartado 3.2, permite obtener las pérdidas que producen los diferentes tirantes de agua a la infraestructura urbana de la región. Para su construcción, es necesario contar con un inventario de la zona sujeta a inundarse, como la mostrada en la tabla 4.14, que contenga el tipo y cantidad de construcciones existentes, su valor (incluyendo su contenido) y su elevación sobre el nivel medio del mar.

En las tablas 4.15 y 4.16 se muestra el cálculo de los diferentes por cientos de daños con tirantes a cada 20 cm, según el tipo de construcción y elevación a la que se encuentren; a partir de las ecuaciones características propuestas en el apartado 3.2.2. Para lo anterior, se empleó la subrutina curva tirante-daño del programa DAPI.EXE que se presenta en el anexo B.

**Tabla 4.15 Daños estimados para viviendas de una sola planta**

3 casas de una sola planta c/s						6 casas de una sola planta c/s					
Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños	Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños
57.20	57.20	0.00	7.50	390000	29250.00	57.40	57.40	0.00	7.50	780000	58500.00
57.40	57.20	0.20	20.28	390000	79103.70	57.60	57.40	0.20	20.28	780000	158207.39
57.60	57.20	0.40	27.29	390000	106435.82	57.80	57.40	0.40	27.29	780000	212871.64
57.80	57.20	0.60	32.47	390000	126614.73	58.00	57.40	0.60	32.47	780000	253229.47
58.00	57.20	0.80	36.72	390000	143211.84	58.20	57.40	0.80	36.72	780000	286423.69
58.20	57.20	1.00	40.40	390000	157569.66	58.40	57.40	1.00	40.40	780000	315139.31
58.40	57.20	1.20	43.68	390000	170363.06	58.60	57.40	1.20	43.68	780000	340726.13
58.60	57.20	1.40	46.66	390000	181986.78	58.80	57.40	1.40	46.66	780000	363973.56
58.80	57.20	1.60	49.41	390000	192694.83	59.00	57.40	1.60	49.41	780000	385389.66
59.00	57.20	1.80	51.96	390000	202661.80	59.20	57.40	1.80	51.96	780000	405323.59
59.20	57.20	2.00	54.36	390000	212013.63						

8 casas de una sola planta c/s						3 casas de una sola planta c/s					
Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños	Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños
57.60	57.60	0.00	7.50	1040000	78000.00	57.80	57.80	0.00	7.50	390000	29250.00
57.80	57.60	0.20	20.28	1040000	210943.19	58.00	57.80	0.20	20.28	390000	79103.70
58.00	57.60	0.40	27.29	1040000	283828.88	58.20	57.80	0.40	27.29	390000	106435.82
58.20	57.60	0.60	32.47	1040000	337639.28	58.40	57.80	0.60	32.47	390000	126614.73
58.40	57.60	0.80	36.72	1040000	381898.25	58.60	57.80	0.80	36.72	390000	143211.84
58.60	57.60	1.00	40.40	1040000	420185.75	58.80	57.80	1.00	40.40	390000	157569.66
58.80	57.60	1.20	43.68	1040000	454301.47	59.00	57.80	1.20	43.68	390000	170363.06
59.00	57.60	1.40	46.66	1040000	485298.06	59.20	57.80	1.40	46.66	390000	181986.78
59.20	57.60	1.60	49.41	1040000	513852.88						

5 casas de una sola planta c/s						7 casas de una sola planta c/s					
Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños	Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños
58.00	58.00	0.00	7.50	650000	48750.00	58.20	58.20	0.00	7.50	910000	68250.00
58.20	58.00	0.20	20.28	650000	131839.50	58.40	58.20	0.20	20.28	910000	184575.30
58.40	58.00	0.40	27.29	650000	177393.05	58.60	58.20	0.40	27.29	910000	248350.25
58.60	58.00	0.60	32.47	650000	211024.56	58.80	58.20	0.60	32.47	910000	295434.38
58.80	58.00	0.80	36.72	650000	238686.41	59.00	58.20	0.80	36.72	910000	334160.97
59.00	58.00	1.00	40.40	650000	262616.09	59.20	58.20	1.00	40.40	910000	367662.53
59.20	58.00	1.20	43.68	650000	283938.44						

3 casas de una sola planta c/s					
Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños
58.40	58.40	0.00	7.50	390000	29250.00
58.60	58.40	0.20	20.28	390000	79103.70
58.80	58.40	0.40	27.29	390000	106435.82
59.00	58.40	0.60	32.47	390000	126614.73
59.20	58.40	0.80	36.72	390000	143211.84



Tabla 4.16 Daños estimados para viviendas de dos plantas

2 casas de dos plantas s/s						2 casas de dos plantas s/s					
Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños	Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños
57.60	57.60	0.00	5.00	468000	23400.00	57.80	57.80	0.00	5.00	468000	23400.00
57.80	57.60	0.20	10.31	468000	48269.34	58.00	57.80	0.20	10.31	468000	48269.34
58.00	57.60	0.40	15.00	468000	70194.98	58.20	57.80	0.40	15.00	468000	70194.98
58.20	57.60	0.60	18.67	468000	87385.87	58.40	57.80	0.60	18.67	468000	87385.87
58.40	57.60	0.80	21.81	468000	102080.01	58.60	57.80	0.80	21.81	468000	102080.01
58.60	57.60	1.00	24.61	468000	115158.88	58.80	57.80	1.00	24.61	468000	115158.88
58.80	57.60	1.20	27.15	468000	127079.63	59.00	57.80	1.20	27.15	468000	127079.63
59.00	57.60	1.40	29.51	468000	138116.22	59.20	57.80	1.40	29.51	468000	138116.22
59.20	57.60	1.60	31.72	468000	148448.38						

6 casas de dos plantas s/s						6 casas de dos plantas s/s					
Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños	Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños
58.00	58.00	0.00	5.00	1404000	70200.00	58.20	58.20	0.00	5.00	1404000	70200.00
58.20	58.00	0.20	10.31	1404000	144808.03	58.40	58.20	0.20	10.31	1404000	144808.03
58.40	58.00	0.40	15.00	1404000	210584.92	58.60	58.20	0.40	15.00	1404000	210584.92
58.60	58.00	0.60	18.67	1404000	262157.59	58.80	58.20	0.60	18.67	1404000	262157.59
58.80	58.00	0.80	21.81	1404000	306240.03	59.00	58.20	0.80	21.81	1404000	306240.03
59.00	58.00	1.00	24.61	1404000	345476.63	59.20	58.20	1.00	24.61	1404000	345476.63
59.20	58.00	1.20	27.15	1404000	381238.88						

8 casas de dos plantas s/s					
Elev. del agua	Elev. vivienda	Tirante de agua	% Daños	Costo	Daños
58.40	58.40	0.00	5.00	1872000	93600.00
58.60	58.40	0.20	10.31	1872000	193077.38
58.80	58.40	0.40	15.00	1872000	280779.91
59.00	58.40	0.60	18.67	1872000	349543.47
59.20	58.40	0.80	21.81	1872000	408320.03

Tabla 4.17 Relación tirante-daño

DAÑOS EN MILES DE PESOS														
Infraestructura Urbana														
Elevación del Agua (msnm)	Un nivel							Dos niveles						Total (\$)
	3 casas (57.20)*	6 casas (57.40)	8 casas (57.60)	3 casas (57.80)	5 casas (58.00)	7 casas (58.20)	3 casas (58.40)	2 casas (57.60)	2 casas (57.80)	6 casas (58.00)	6 casas (58.20)	8 casas (58.40)		
57.20	29.250												29.250	
57.40	79.103	58.500											137.603	
57.60	106.435	158.207	78.000					23.400					366.042	
57.80	126.614	212.871	210.943	29.250				48.269	23.400				651.347	
58.00	143.211	253.229	283.828	79.103	48.750			70.194	48.269	70.200			996.784	
58.20	157.569	286.423	337.639	106.435	131.839	68.250		87.385	70.194	144.808	70.200		1,460.742	
58.40	170.363	315.139	381.898	126.614	177.393	184.575	29.250	102.080	87.385	210.584	144.808	93.600	2,023.689	
58.60	181.986	340.726	420.185	143.211	211.024	248.350	79.103	115.158	102.080	262.157	210.584	193.077	2,507.641	
58.80	192.694	363.973	454.301	157.569	238.686	295.434	106.435	127.079	115.158	306.240	262.157	280.779	2,900.505	
59.00	202.661	385.389	485.298	170.363	262.616	334.160	126.614	138.116	127.079	345.476	306.240	349.543	3,233.555	

\*Elevación de las viviendas, en msnm

Una vez terminado el cálculo de la curva tirante-daño para cada tipo de construcción, se realiza un resumen de los resultados en términos de su elevación (ver tabla 4.17); definiendo de esta forma la curva tirante-daño. Véase figura 4.11.

#### 4.2.5 Curva tirante-gasto

Para el cálculo de la curva tirante-gasto, se requiere la hidráulica de la zona en estudio. Para ello, se cuenta con los datos recopilados en la tabla 4.13 y de acuerdo a la sección de la figura 4.10 se obtienen los gastos por medio de la ecuación de Manning para cada uno de los tirantes propuestos a cada 0.20 m a partir de la plantilla del cauce.

En esta ocasión se empleó la subrutina curva elevaciones-gastos del programa DAPI.EXE; obteniendo los resultados que se presentan en la tabla 4.18.

Tabla 4.18 Relación elevación-gasto

Elevación (msnm)	Gasto (m <sup>3</sup> /s)	Área (m <sup>2</sup> )
57.00	821.237	321.75
57.20	925.041	354.080
57.40	1,038.287	386.870
57.60	1,159.841	420.120
57.80	1,289.245	453.830
58.00	1,426.226	488.000
58.20	1,570.598	522.630
58.40	1,722.228	557.720
58.60	1,881.015	593.270
58.80	2,046.884	629.280
59.00	2,219.776	665.750
59.20	2,399.648	702.680

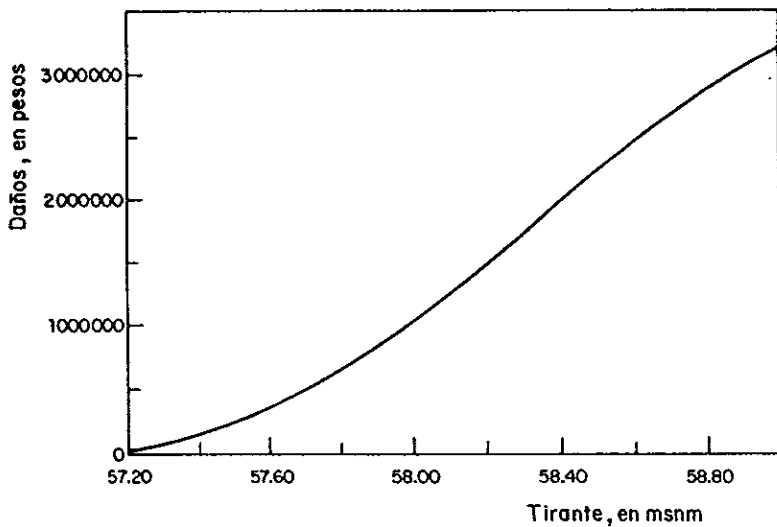


Figura 4.11 Curva tirante-daño

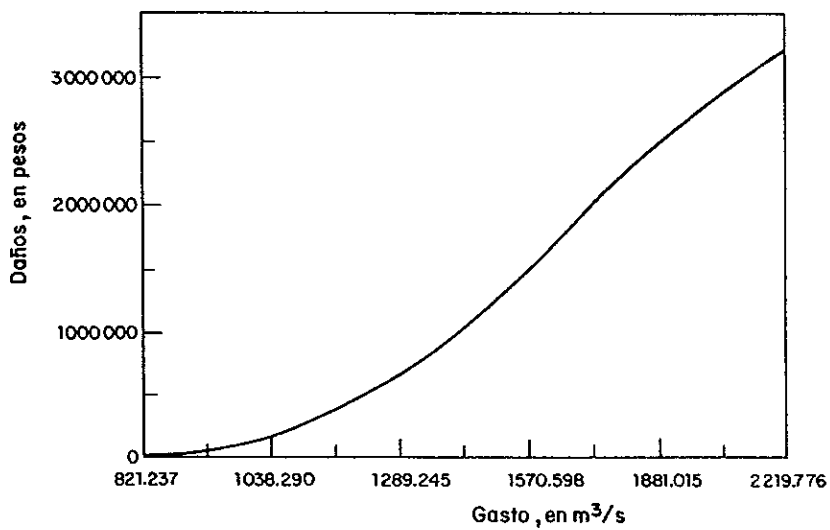


Figura 4.12 Curva gastos-daños

#### 4.2.6 Curva gasto-daño

Una vez construídas las curvas tirante-daño y tirante-gasto, se asocian con respecto a su elevación (véase tabla 4.19), a fin de obtener una relación que permita estimar los daños que producen los diferentes gastos a lo largo de el componente funcional del cauce; dando origen a la curva gasto-daño. Véase figura 4.12

Tabla 4.19 Relación gasto-daño

Elevación (msnm)	Gasto ( $m^3/s$ )	Daños (miles de pesos)
57.00	821.237	0.000
57.20	925.041	29.250
57.40	1,038.287	137.603
57.60	1,159.841	366.042
57.80	1,289.245	651.347
58.00	1,426.226	996.784
58.20	1,570.598	1,460.742
58.40	1,722.228	2,023.689
58.60	1,881.015	2,507.641
58.80	2,046.884	2,900.505
59.00	2,219.776	3,233.555

#### 4.2.7 Curva probabilidad de excedencia-gasto

Dentro del cálculo de la PAI es necesario contar con parámetros que permitan de alguna manera, manipular la predicción de los eventos hidrológicos, a fin de lograr la mejor cuantificación de daños posibles derivados del fenómeno en estudio.

Por ello, se debe ajustar a la muestra histórica de gastos máximos de la región, a un modelo de distribución probabilística que mejor la represente, a fin de obtener un evento probable, que asociado a un periodo de retorno y multiplicado por los daños proporcione dicha pérdida. A continuación en la tabla 4.20 se presenta el ajuste del modelo de distribución probabilística aplicado a la muestra histórica del lugar, que da origen a la curva probabilidad de excedencia-gasto.

Tabla 4.20 Ajuste realizado al registro histórico, cerca de Cacalotán, Sinaloa

<i>i</i>	Tr Años	Gasto (m <sup>3</sup> /s)	Ajuste (m <sup>3</sup> /s)	Prob. de excedencia (%)
1	31.83	1822.00	1727.26	0.0314173
2	28.59	1780.00	1452.12	0.0349723
3	7.36	1236.00	1287.51	0.1359490
4	7.25	1230.00	1167.96	0.1379287
5	5.18	1088.00	1072.91	0.1931123
6	4.74	1050.00	993.20	0.2108634
7	4.53	1030.00	923.93	0.2207593
8	4.11	987.33	862.13	0.2431971
9	4.09	984.75	805.89	0.2446129
10	3.94	968.00	753.86	0.2539714
11	2.98	839.50	705.05	0.3356847
12	1.97	626.83	658.72	0.5085331
13	1.38	397.00	614.24	0.7247228
14	1.27	324.86	571.08	0.7889466
15	1.27	324.86	528.77	0.7889466
16	1.27	324.86	486.84	0.7889466
17	1.27	324.86	444.80	0.7889466
18	1.27	324.86	402.11	0.7889466
19	1.27	323.03	358.08	0.7905042
20	1.26	319.77	311.76	0.7905042
21	1.22	290.57	261.75	0.8174014
22	1.17	245.00	205.57	0.8525106
23	1.16	235.00	138.16	0.8597508
24	1.09	140.85	44.74	0.9185830

La función de distribución de probabilidad tipo Gumbel por el método de momentos, fue el modelo que mejor se ajustó al registro, presentando un parámetro de escala y de ubicación de 495.088 y 385.228 respectivamente, y un coeficiente de asimetría igual a 0.806 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.2.8 Curva probabilidad de excedencia-daño

Finalmente se relacionan las curvas probabilidad de excedencia-gasto y gasto-daño, de manera similar al procedimiento efectuado al construir la curva gasto-daño, a fin de obtener la curva probabilidad de excedencia-daño (véase figura 4.13).

El cálculo del área bajo la curva representa la Pérdida Anual por Inundación, la cual es posible estimar por medio de la expresión 3.35; obteniéndose una pérdida en unidades monetarias, igual a \$ 237,624

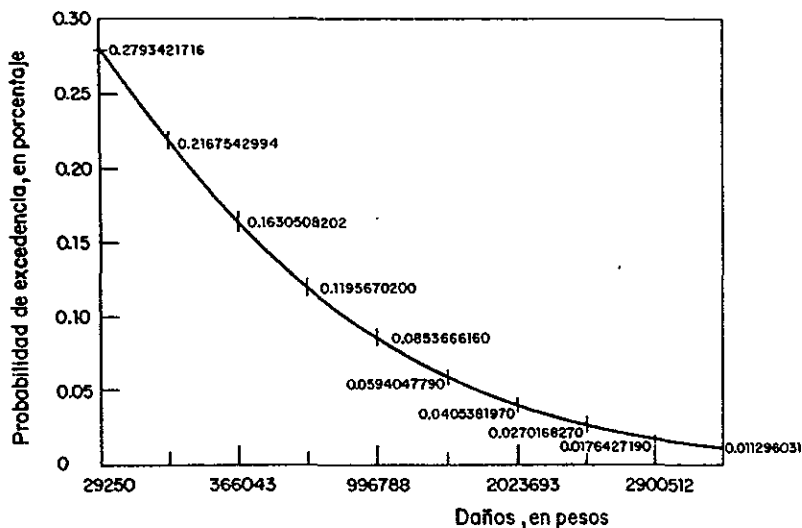


Figura 4.13 Daños asociados a los gastos aforados

### **4.3 Pérdida Anual por Inundación en sitios no aforados**

Si se considera, que para el cálculo de la PAI, no se dispone de información hidrométrica en el lugar; ya sea porque es poca o nula la información que ofrece la estación de aforos cercana o simplemente porque no existe. Entonces, se emplea el modelo de la Avenida Índice, para transferir información de cuencas vecinas, al sitio de interés (véase apartado 2.4).

En ese sentido, se tomará como referencia hidrológica del lugar, los resultados del pronóstico hidrométrico estimado, en la estación Las Tortugas, a través de dicho modelo (véase tabla 4.11).

La curva tirante-daño, tirante-gasto y gasto-daño son los mismos de las tablas 4.17, 4.18 y 4.19 debido a que el cálculo se lleva a cabo para el mismo lugar. No así, para las curvas probabilidad de excedencia-gasto y probabilidad de excedencia-daño; las cuales se calculan a continuación.

#### **4.3.1 Curva Probabilidad de excedencia-gasto**

Una vez pronosticados los eventos hidrométricos del lugar (ver apartado 4.1.4), se ajusta la muestra al modelo probabilístico que mejor la represente (ver apartado 3.4).

A continuación en la tabla 4.21 se ilustra dicho ajuste.



Tabla 4.21 Ajuste realizado al registro pronosticado, cerca de Cacalotán, Sin.

i	Tr Años	Gasto (m <sup>3</sup> /s)	Ajuste (m <sup>3</sup> /s)	Prob. de excedencia (%)
1	25.95	1931	1835	0.0385390
2	23.37	1884	1520	0.0427936
3	6.20	1272	1330	0.1613733
4	6.09	1264	1191	0.1640795
5	4.03	1060	1080	0.2480323
6	3.74	1021	987	0.2676589
7	3.59	1001	905	0.2782016
8	3.34	963	831	0.2991391
9	3.33	961	763	0.3002742
10	3.21	942	699	0.3112237
11	2.27	748	639	0.4399233
12	1.76	586	581	0.5674239
13	1.26	308	523	0.7934584
14	1.17	221	466	0.8537523
15	1.17	221	409	0.8537523
16	1.17	218	349	0.8556651
17	1.17	214	285	0.8581964
18	1.14	181	215	0.8782270
19	1.10	126	132	0.9080252
20	1.10	118	18	0.9119689

En este caso la función que mejor se ajustó al registro, fue la tipo Gumbel por el método de momentos, presentando un parámetro de escala de 439.577 y un parámetro de ubicación de 508.308, con un coeficiente de asimetría igual a 0.616 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.3.2 Curva probabilidad de excedencia-daño

De forma similar al calculo de la PAI con aforos se relacionan la curva probabilidad de excedencia-gasto y gasto-daño, obteniendo de esta forma la curva probabilidad de excedencia-daño (véase figura 4.14), cuya área bajo su trazo arrojó una pérdida igual a \$ 318,395

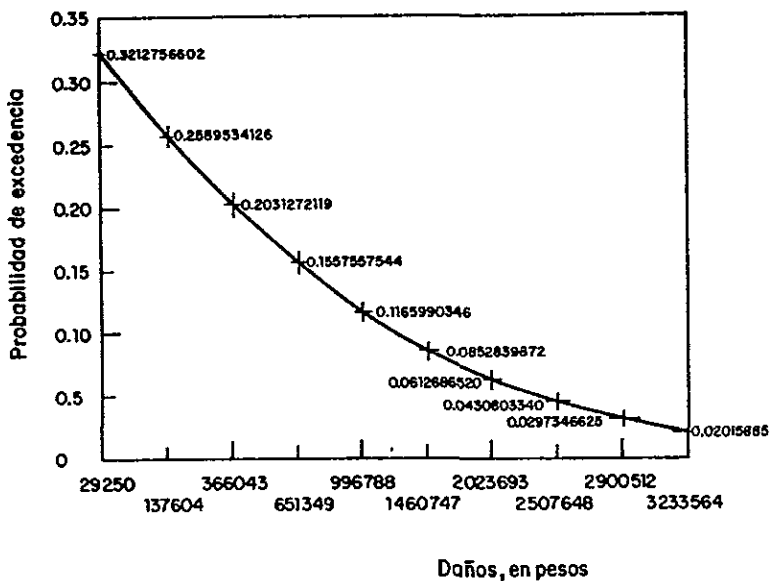


Figura 4.14 Daños asociados a los gastos pronosticados

#### 4.4 Análisis de resultados

Tres partes importantes deben analizarse en este apartado, primero; se logró caracterizar la zona en estudio partiendo de la fisiografía de la cuenca, hasta llegar a las características de la sección transversal de la planicie de inundación en análisis. Segundo; con estas características y los escurrimientos máximos anuales registrados en las estaciones de aforo de la región se logró construir un modelo regional para pronóstico hidrométrico basado en el método de la Avenida Índice, el cual puede ser empleado en todo momento como modelo de transferencia de información. Finalmente, la magnitud de los daños calculados, en unidades monetarias, de la pérdida potencial por inundación, con y sin registro, cerca del sitio de Cacalotán Sin. podrían parecer un tanto distintas. Sin embargo, se puede observar que para el tirante medio (58.00 msnm) de la sección analizada (véase inciso 4.2.5) cuyo gasto es de 1426 m<sup>3</sup>/s, el periodo de retorno estimado a partir de los registros históricos del lugar para dicho evento es de 8.57; años, mientras que el periodo de retorno estimado con el

pronóstico del modelo de la Avenida Índice para el mismo evento es de 11.57 años, lo cual representa al compararlos una diferencia mínima aceptable de tan solo 3 años. Asimismo, el riesgo de ambos eventos, al proyectar una obra de protección, aceptando que la vida útil de diseño de la obra sea de 15 años ( zonas agrícolas con poblados pequeños), se podrá ver que el riesgo estimado por medio del periodo de retorno del registro aforado es de un 74% mientras que el riesgo calculado por el pronóstico es de tan solo 84%; presentando con ello una semejanza aceptable *si se considera que no se disponía de ningún evento registrado en el sitio*. Lo anterior permite reflexionar acerca de la importancia de disponer con modelos como el expuesto en este trabajo, para el adecuado diseño de infraestructura hidráulica, en sitios donde no se dispone de información hidrológica, a través de conocer los beneficios del control de avenidas, mediante las pérdidas que se evitan.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Como ya se mencionó uno de los problemas más importantes en Hidrología, consiste en estimar los daños causados por inundaciones en sitios ubicados cerca de poblaciones o importantes desarrollos agrícolas, en este sentido se tiene la necesidad de contar con una metodología y un programa de computo (herramienta fundamental hoy en día en la ingeniería), que permita evaluar dichos daños. En este sentido un procedimiento completo y detallado como la *Pérdida Anual por Inundación al conjuntarlo con el modelo de la Avenida Índice* permite hacer evaluaciones en sitios con y sin registro, ya que frecuentemente no se cuenta con la información hidrométrica en el lugar o los registros son muy cortos.

La Regionalización para el cálculo de la *Pérdida Anual por Inundación*, empleando el método de la *Avenida Índice*, representa una alternativa viable al problema de la falta o escasez de información hidrométrica, debido a que permite extender el conocimiento del comportamiento hidrológico de la variable extrema a predecir dentro de cuencas homogéneas. De ahí, la importancia de hacer una

selección adecuada de dichas características hidrológicas; por lo que la modificación propuesta en este trabajo a dicho modelo, a través de una combinación de procedimientos estadísticos con características físicas del lugar, hace aún más, consistente y confiable el pronóstico,

Asimismo, la curva  $q_{2.33}$  vs características fisiográficas y la curva regional de transferencia de información hidrológica constituyen un enfoque diferente en la estimación de gastos máximos de crecientes asociadas a un periodo de retorno de diseño, el cual, ayudará a definir con mayor exactitud el gasto pico del hidrograma de diseño, a partir de sus características fisiográficas y climatológicas. Lo anterior se pudo comprobar a través de la comparación de los valores de los gastos pronosticados en este trabajo, con los gastos aforados en el lugar; los cuales tuvieron una tendencia similar. De esta forma se concluye que el modelo de la Avenida Índice representa una buena alternativa para calcular eventos en sitios sin medición utilizando curvas regionales.

Finalmente, los beneficios, del control de avenidas se basan en la reducción de pérdidas, más que de evitar el fenómeno de la inundación en si; es por esta razón que se recomienda el uso conjunto de medidas estructurales, a través del diseño óptimo de obras de protección y encauzamiento, y no estructurales, como los planes de alerta y emergencia presentados en este trabajo, para obtener un uso racional y adecuado de los cauces naturales; acciones que se verán reflejadas en una disminución de la PAI; siempre y cuando se emplee, cuando se carezca de hidrometría, modelos como el aquí presentado, **para establecer en forma confiable las dimensiones límites de las obras para controlarlos**; alcanzando de esta manera, el adecuado control del fenómeno (beneficio). Esta evaluación de daños da a conocer la magnitud del desastre causado por las inundaciones, permitiendo de esta forma una evaluación final para efectuar los análisis económicos de las obras de defensa y control de inundaciones y avenidas que minimicen las pérdidas por éste concepto (estudio costo-beneficio). Es por esto indispensable el tener mayor conciencia de las ventajas de contar con éste tipo de información y modelos regionales de pronóstico; para lograr crear las bases para un Programa de Evaluación de Daños en caso de desastre; el cual contribuiría a disminuir las pérdidas económicas y de vidas, siendo éstas últimas muy lamentables. Cabe aclarar que, cualquier programa de control de inundaciones debe considerar lo anterior, además de clasificar y reglamentar (según el riesgo potencial de inundación) el uso del suelo a lo largo de los componentes funcionales del cauce, siendo esto último, más económico y eficaz, que los mejores proyectos estructurales de control.

## 5.2 Recomendaciones

- Es conveniente, una vez que se halla presentado una avenida extraordinaria, registrar las huellas de la misma, con la finalidad de llevar una estadística que pudiese enriquecer el análisis hidrológico de la PAI.

Será importante destacar la causa del último evento, es decir, indicar si la inundación la causó una avenida natural o una falla de la obra de protección, así también, se deberá indicar su localización, extensión y sobre todo la magnitud de los daños ocasionados.

- Para determinar el valor de las estructuras a evaluar se puede utilizar como guía, el valor catastral de las mismas auxiliándose de los registros de impuestos, o también a través de un recorrido en automóvil acompañado de un experto en bienes raíces.
- Por otro lado, el valor del contenido de las estructuras se sugiere estimarlo con un valor que oscile entre un 30 y un 50 por ciento el valor del inmueble.
- Un mapa a escala adecuada permitirá delinear las áreas susceptibles a inundarse e identificar los daños asociados. Revisar fotografías tomadas durante y después de los eventos pueden arrojar información valiosa.
- Para el estudio hidrológico en sitios con registros menores a 10 años se recomienda emplear una curva regional de eventos extremos (Avenida Índice), obtenida a partir de las características de la cuenca o bien extender el registro a través de técnicas de correlación con datos de otros sitios.
- En sitios con registros entre 10 y 25 años. Usar la técnica de la Avenida Índice para estimar eventos extremos o, si el periodo de retorno es menor a dos veces el registro, emplear la función de distribución de probabilidad Gumbel o Doble Gumbel.
- En sitios con registros mayores a 25 años. Usar un estimador Índice para calcular eventos extremos o, si el periodo de retorno es menor a dos veces el registro, la distribución GVE.
- Derivado de lo anterior, el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana denominada "Uso y control de cauces y áreas aledañas sujetas a daño potencial de inundación" indica que un estudio hidrológico en sitios con estaciones hidrométricas con registros mayores de 25 años, se debe seleccionar el método probabilístico, según sea el caso, para una o más

poblaciones que proporcione el menor valor del error cuadrático y el coeficiente de asimetría del ajuste sea el más cercano al de la muestra, teniendo mayor peso en la toma de la decisión éste último. En sitios con estaciones hidrométricas con registros menores de 25 años, el análisis hidrológico debe incluir información regional o completar con un modelo lluvia-escurrimiento que también use información regional.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aguas abajo	Hacia la parte inferior de una corriente.
Aguas arriba	Hacia la parte superior de una corriente.
Aforar	Medir el caudal de una corriente.
Aforo	Acto de acción de aforar. Dato obtenido de una medición del caudal de una corriente
Avenida	Aumento transitorio del caudal de una corriente. También se le llama Creciente.
Avenida extraordinaria	Cantidad de agua de proporciones no controlables
Cauce principal	Cauce que conduce las aguas durante el estiaje. En las zonas de planicie es el que conduce la avenida máxima ordinaria. También es el de mayor orden
Caudal	Véase Gasto
Componente funcional	Zona cercana al cauce principal que contribuyen en forma natural o artificial al control y drenaje de los escurrimientos
Corriente	Escurrimiento de agua en un cauce o canal.
Cota de nivel	Número que indica la elevación de un punto con respecto al nivel del mar, o a cualquier otro plano de comparación.
Creciente	Véase avenida.
Cuenca Hidrológica	Área de aportación que contribuye al escurrimiento y que proporciona parte o todo el flujo del cauce principal y sus afluentes, limitada por una línea imaginaria llamada parteaguas
Derivar	Desviar parcial o totalmente el caudal de un río, canal o arroyo, de su cauce original.



<b>Escala</b>	Poste o tablón graduado colocado convenientemente para medir en él las variaciones de la elevación del agua de un río, arroyo, lago o canal.
<b>Escurrimiento</b>	Se dice del agua que corre por un cauce, una superficie o un conducto cerrado.
<b>Estación de aforo</b>	Conjunto de estructuras y aparatos instalados convenientemente, para efectuar los aforos en una corriente.
<b>Estiaje</b>	Época del año en que los cauces tienen escurrimiento mínimo o se secan por completo.
<b>Flujo</b>	Movimiento de agua, del aire y en general de un fluido.
<b>Gasto</b>	Volumen de agua que pasa por la sección transversal de un conducto en la unidad de tiempo. Se mide en metros cúbicos por segundo, por minuto, por hora o por día; también suele expresarse en litros por segundo, por minuto, etc.
<b>Hidrología</b>	Ciencia que estudia la ocurrencia, circulación y distribución del agua en la superficie de la tierra y en el subsuelo.
<b>Hidrometría</b>	Parte de la Hidrología, que trata de la medición del agua que escurre por las corrientes o que está contenida en depósitos naturales o artificiales.
<b>Isoyeta</b>	Línea que une, sobre un mapa, los puntos en los que la cantidad de precipitación recogida en el transcurso de un período dado, es la misma.
<b>Levantamiento</b>	Obtención, por métodos topográficos, de un conjunto de datos que permiten trasladar a un plano la forma y la configuración de un terreno o de una construcción

<b>Llanura de inundación</b>	Componente funcional del cauce principal, natural o artificial, que periódicamente es ocupada por las aguas desbordadas de los ríos
<b>Nivelación</b>	Procedimiento empleado en topografía que permite conocer las elevaciones de diferentes puntos de un terreno, con relación a un plano de comparación.
<b>Planicie de inundación</b>	Véase <i>llanura de inundación</i>
<b>Periodo de retorno</b>	Es el tiempo promedio, expresado en años, que debe transcurrir para igualar o exceder la magnitud de un evento dado.
<b>Perfil longitudinal</b>	Corte a lo largo de una estructura o terreno que señala sus características en esta dirección. En una corriente se refiere a un corte llevado por el centro del cauce a lo largo de un tramo.
<b>Perímetro mojado</b>	Perímetro de la sección transversal del cauce de una corriente, que queda en contacto con el agua.
<b>Permeabilidad</b>	Propiedad que poseen algunos materiales de permitir el paso del agua a través de ellos.
<b>Radio hidráulico</b>	Relación entre el área de la sección transversal de una corriente y el perímetro mojado de la misma.
<b>Red hidrográfica</b>	Conjunto de ríos y otras corrientes, permanentes o intermitentes, de agua y de lagos y embalses situados dentro de una cuenca hidrológica
<b>Red hidrológica</b>	Conjunto de estaciones hidrológicas y de puntos de observación situados en determinada zona (cuenca o región administrativa), que permite estudiar el régimen hidrológico
<b>Remanso</b>	Curva que adquiere la superficie del agua cuando en una corriente se interpone una obstrucción. Esta curva característica del escurrimiento retardado, se forma hacia aguas arriba de la obstrucción, y cuando la pendiente del cauce es pequeña, se extiende generalmente por muchos kilómetros.

<b>Rugosidad</b>	<b>Aspereza del material que forma el lecho y las márgenes de un cauce.</b>
<b>Sección de aforo</b>	<b>Sección transversal de un río, en donde se practican los aforos.</b>
<b>Sección transversal</b>	<b>Sección formada por el corte hecho <i>según un plano normal a un eje</i>. En hidrometría es la sección que se produciría al cortar el cauce de un río con un plano perpendicular al eje longitudinal del mismo.</b>
<b>Tirante de agua</b>	<b>Altura que alcanza la superficie del agua sobre el fondo de un canal o de un río.</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

AMH,"Inundaciones: la otra cara de la moneda",Instituto Mexicano de Tecnología del Agua,Tlaloc,México,1998, pag 15-20

APARICIO,M., "Fundamentos de hidrología de superficie",Limusa,México,1993,303pp.

BEDIENT,P.,HUBER,W.,AND ROSS,P., "Hidrology and flood plain analysis",USA.Addison-Wesley Publishing Company,1988.142pp.

BUSON,B., "Estudio técnico asegurador de los riesgos de la naturaleza en España", Mapfre,Madrid,1992,451pp.

CAMPOS,A., "Procesos del ciclo hidrológico",Universidad Autónoma de San Luis Potosí,México, 1992,490pp

DALRYMPLE,T., "Flood frequency analysis",U.S.Geol.Surv.,Water Suppl.Pap.1960,1543-A.

DONALD,H., "Delineation of groups for regional flood frequency anaysis",Journal of hidrology, number 104,1988.

ESCALANTE,S., "Análisis regional de eventos extremos",Memorias XIII Congreso Nacional de Hidráulica,1994,Tomo I.

GONZÁLEZ,V., "Conferencia sobre inundaciones",Colegio de Ingenieros Civiles de México,25 de septiembre de 1990

GUTIÉRREZ, L., "Identificación de regiones hidrológicamente homogéneas con base en las Curvas de Andrews",Memorias XVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica,Guayaquil-Ecuador,1996,Volumen 2

GUTIÉRREZ, L., "Selección de las características fisiográficas significativas de una cuenca, para efectos de Regionalización",Memorias XIV Congreso Nacional de Hidráulica,Acapulco,Gro.,1996, Tomo 1

GUTIÉRREZ, L., "Modelos de transferencia de información hidrológica",Tesis de Maestría,UNAM,México,1994,233pp.

HAAN,T., "Statical methods in hidrology",Iowa State University,USA,378pp.

HELWEG,J, "Recursos hidráulicos, planeación y administración",Limusa,México,1992,401pp.

IMTA, "Método para evaluar proyectos de control de avenidas", 1993,70pp

KITE,W., "Frequency and risk analyses in hidrology",Water Resources Publications,USA,1977

LLAMAS,J., "Hidrología General", Universidad Autónoma del Estado de México, 1989, 545pp

N.,GRIGG , "The state of art of estimating flood damage in urban areas", Water Resources Bulletin, 1975

REYES,J., y GUTIÉRREZ A. "Prospective damage by flood using index flood method", International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, Dubrovnik-Croacia, 1998

REYES,J., y GUTIÉRREZ A. "Estimación del daño esperado por inundación, en sitios sin información hidrométrica", Ingeniería hidráulica en México, IMTA, Jiutepec Morelos, 1998

SCHWAB,G., "Ingeniería de conservación de suelos y aguas", Limusa, México, 1990

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS, "Presas construidas en México", Dirección de Proyectos, México, 1976, 1300pp

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, "Atlas Nacional de Riesgos", Dirección General de Protección Civil, México, 1991, 121pp.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, CNA, "Evaluación de proyectos", Manual de ingeniería de ríos, cap. 24, 1996

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, CNA, Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, "Uso y control de cauces y áreas aledañas sujetas a daño potencial de inundación" (NOM-011-CNA-1997), Sector Agua

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, CNA, Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, "Disponibilidad de Aguas Nacionales" (NOM-000-CNA-1997), Sector Agua

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, CNA, Anteproyecto de Norma Técnica (CNA-NT-I-003), "Cálculo del daño esperado por inundaciones", Sector Agua

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, CNA, Anteproyecto de Norma Técnica (CNA-NT-II-HO-08), "Deducción hidrométrica en lugares no aforados (Regionalización)", Sector Agua

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, CNA, "Obras de protección para el control de inundaciones", Manual de ingeniería de ríos, cap. 15, 1994

SPRINGALL,G., "Análisis estadístico y probabilístico de datos hidrológicos", Hidrología superficial, UNAM, 140pp.

SPRINGALL,G., "Hidrología", Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1970, 210pp.

## RECONOCIMIENTOS

*Dedicar el esfuerzo personal es reconocer a alguien, pero ser agradecido es querer ser justo*

Quiero agradecer a las siguientes personas, que con su valiosa ayuda, consejo y confianza hicieron posible que esta tesis llegara a su culminación; para todos y cada uno de ellos dedico este trabajo

- A todos mis maestros por transmitirme sus conocimientos y experiencia

- A los investigadores

Dr. Carlos Escalante Sandoval (I.I.)

M. en I. Víctor Franco (I.I.)

M. en I. Martín Jiménez E. (CENAPRED)

M. en I. Marco A. Salas S. (CENAPRED)

que de alguna manera contribuyeron en la elaboración de esta tesis

- A los ingenieros

M. en I. A. Genaro Ramírez V. (GRAVAMEX)

Ing. Ricardo Villalobos M. (GASIR)

por su apoyo incondicional y sobre todo por la paciencia que me tuvieron

- A la familia C.N.A.

Los ingenieros; Ernesto Méndez H, Jorge L. Ortega L., Raúl Carranza E., Federico Sandoval P., Héctor Álvarez N., Jorge Guiza M., Eduardo Martínez O., a la Lic. Eva Meneses P., las Sras. Florencia Palafox C. y Guadalupe Pérez R. y el Sr. Miguel A. R. Vélez S.

por sus consejos, precisiones y recomendaciones que contribuyeron a mejorar el contenido de esta tesis

- A mis amigos

Gustavo A. Barrera, Carlos Saldierna L, Andrés Galicia S., Félix López M., Romualdo Sánchez G., Alfredo Cortés O., Sara Ivonne Franco, Andrés Alvarado N., Maritza Brisuela Madrid, Ma. de Lourdes Alfaro Rentaría, Karina Guzmán Martínez y Claudia Leyva

por su amistad y colaboración

Y a los que me faltaron, que de alguna manera contribuyeron en este logro

Gracias

**ANEXO "A"**

**LINEAMIENTOS A SEGUIR POR PARTE DE LAS DEPENDENCIAS FEDERALES,  
ESTATALES, MUNICIPALES, ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS Y  
PARTICULARES EN CASO DE INUNDACIÓN (ANTES, DURANTE Y DESPUÉS)**

## *ANTES*

### Aforador

Los aforadores situados en secciones de control (estaciones hidrométricas) efectúan lecturas de escalas de acuerdo a la periodicidad del evento, enviando información a través de sistemas de radio-comunicación ( por F.M. ó B.L.U) al centro de operaciones

### Centro de Operaciones

Estará a cargo del area de operación y sus funciones son:

- Mantener comunicación constante con el personal de campo concentrado en los diferentes puntos para contar con la información de lluvias, escalas y gastos escurridos
- Efectuar el análisis de datos hidrometeorológicos recabados para informar sobre el posible comportamiento hidrológico del Río

### Unidad de Vigilancia de Cauces y Obras Hidráulicas

Estará a cargo de la Brigada de Protección y Seguridad Hidráulica y sus funciones son:

- Informar al Centro de Operaciones de los puntos donde haya peligro de desbordamiento o fallas, correspondientes a sus tramos de vigilancia en ambas márgenes del río
- Informar al Centro de Operaciones el estado que guarden las obras hidráulicas y su funcionamiento

### Unidad de Maquinaria, Equipo y Materiales

Estará a cargo de la Unidad de equipamiento de Prorección Civil y sus funciones serán:

- Concentrar el material y equipo necesario para afrontar una situación de emergencia
- Emitir recomendaciones de evacuación a las brigadas de las dependencias encargadas de estas actividades en caso que se requiera



## Brigada de Rutas de Evacuación en ambas Márgenes del Río

Estará a cargo de la Brigada de Protección y Seguridad Hidráulica, quien se encargará de.

- Verificar las rutas de evacuación previamente seleccionadas para utilizarse en situaciones de emergencia y poder emitir recomendaciones
- Informar al Centro de Operaciones a cerca de sus observaciones

### Director

La dirección de las operaciones que se ejecuten estarán a cargo del Gerente Regional y Estatal de la Comisión Nacional del Agua y serán quienes autoricen las erogaciones por movimiento de maquinaria, combustible, materiales, alimentación y demás gastos que la situación genere. Para esta etapa su función será:

- Realizar una reunión para comentar las eficiencias y deficiencias tenidas en la atención de una situación de emergencia leve, así como prepararse para afrontar una situación de emergencia mayor

### ***DURANTE***

#### Aforador

- Informará al Centro de Operaciones cuando se presente un gasto que ponga en peligro a la población ribereña
- Recibirá instrucciones del Centro de Operaciones una vez presentado el gasto anterior y anotará en su bitácora la información que se esta enviando al Centro de Operaciones

#### Unidad de Vigilancia de Cauces y Obras Hidráulicas

- Las Brigadas de Vigilancia de Cauces, informarán al Centro de Operaciones de los puntos donde haya peligro de desbordamiento o posibles fallas, tanto en infraestructura de control como civil, a lo largo de sus tramos observados

### Centro de Operaciones

- Mantendrá comunicación con los aforadores de las estaciones hidrométricas con el objeto de solicitar información
- Analizará la información proporcionada por las Brigadas de Vigilancia de Cauces y Obras hidráulicas y en base a esta información determinará los tipos de actividades a realizar
- Enviará instrucciones a la Unidad de Trabajos de emergencias para el desfogue de aguas en zonas inundables
- Informará al Coordinador y/o Director de la problemática que se esta presentando y de las decisiones tomadas hasta ese momento
- Dará instrucciones a la unidad de Maquinaria, Equipo y Materiales
- Informará a protección civil de la situación prevaleciente

### Unidad de Maquinaria, Equipo y Materiales

- De acuerdo con la situación determinada por el Centro de Operaciones, informará a las autoridades del lugar y emitirá la alerta a la población
- Proporcionará los suficientes datos para que se realice la evacuación, en caso que se requiera

### Brigada de evacuación en Ambas márgenes del río

- Se coordinarán con las autoridades encargadas de la evacuación (ejército, protección civil, gobierno del estado, entre otros), proporcionando datos necesarios y confiables
- Se informará al Centro de Operaciones a través del radio de las acciones tomadas

### Unidad de Información y Participación Ciudadana

Esta sección estará a cargo de la Unidad de Comunicación Social quien se encargará de:

- Recopilar la información que la situación vaya generando y emitirá boletines informativos necesarios, previamente autorizados por el Director

### Unidad Administrativa y Financiera

Estará a cargo del Jefe de Departamento de Disponibilidad, Usos y Balances y se encargará de:

- Proporcionar los recursos financieros para poder llevar a cabo las acciones de emergencia.
- Proporcionar el presupuesto necesario para la contratación de personal eventual, en caso de que este sea necesario

### Centro de Albergue

Estará a cargo de la Brigada de Protección y Seguridad Hidráulica y se ubicarán en lugares elevados que no sean afectados por la corriente

### Unidad de trabajos de Emergencia

Estará a cargo del área de operación (específicamente de las brigadas de protección a la infraestructura y atención de emergencia) y se encargará de ejecutar los trabajos de emergencia (elevación, construcción y reforzamiento de bordos) necesarios en las márgenes del Río en coordinación con la Unidad de Maquinaria, Equipo y Materiales.

### Coordinador General

La Coordinación General estará a cargo de un centro de operaciones, el cual deberá dirigir con solvencia la problemática que se esté presentando. Entre sus funciones se encuentran las siguientes:

- Dar aviso a los integrantes de la Organización Eventual que atenderán la situación de emergencia para ultimar detalles sobre la aplicación del Manual de Funcionamiento
- Notificar al Director sobre la situación prevaleciente y las acciones efectuadas hasta ese momento

### Director

- Junto con el Coordinador general se establecerán las acciones inmediatas a desarrollar una vez que se presente el fenómeno y se determinará las actividades de apoyo necesarias con las Dependencias Federales, Estatales y Municipales
- Notificará al Director Estatal de Protección Civil de las acciones a realizar
- Emitirá el alertamiento sobre la situación prevaleciente a las autoridades correspondientes

## DEPENDENCIAS COORDINADAS

### Unidad de Protección Civil

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Promover y coordinar ayuda a los damnificados
- Coordinar voluntarios con radio banda civil
- Enlace con SEDESOL para suministro de costalera

### Gobierno del Estado

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Preservar el Orden
- Controlar el tráfico en carreteras estatales
- Acarreo de materiales y transportación de damnificados

### Secretaría de la Defensa Nacional

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Aplicación de el plan DN III-E
- Proporcionar camiones de rediles, camionetas de rediles y equipo necesario de salvación
- Coordinación y transportación de damnificados, víveres, medicamentos, entre otros
- Proporcionar servicio de radio comunicación

### Presidencia Municipal

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Preservar el Orden
- Suministrar agua potable
- Movilizar gente de los poblados para colaborar en labores de auxilio

### Comisión Federal de Electricidad

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Reparación de sistemas de distribución de energía eléctrica
- Servicios de radio comunicación

### IMSS, ISSSTE, SSA, Cruz Roja

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Proporcionar gratuitamente servicios médicos a los damnificados, vacunas a la población contra epidemias

### Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Suministrar gratuitamente despensas alimenticias a los damnificados
- Suministro de costalera con la anticipación debida

### Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Control de tránsito en carreteras Federales
- Radio transmisión de información en general
- Reparación de las líneas de telégrafos
- Reparación de las vías de comunicación

### Teléfonos de México

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Reparación de líneas telefónicas

## ***DESPUÉS***

### **Presidencia Municipal**

Las actividades con las que puede colaborar son:

- Preservar el Orden
- Limpieza de las zonas afectadas
- Promover al desarrollo en general del municipio
- Movilizar gente de los poblados para colaborar en labores de reconstrucción, facilitando los recursos humanos y materiales que tiene el Municipio para tal fin
- Gestionar ayuda para los damnificados

### **Unidad de Evaluación**

Estará a cargo de la Brigada de Protección y Seguridad Hidráulica y se encargará de:

- Efectuar un recorrido por las áreas afectadas para evaluar las actividades realizadas y los daños que la situación haya generado
- Procesará los datos obtenidos, los cuales previa autorización del Director; serán enviados a las autoridades superiores correspondientes

**ANEXO "B"**

**PROGRAMAS DE COMPUTO REALIZADOS EN LENGUAJE  
QUICK BASIC 4.5**

ANDREWS.EXE

31 IF INKEY\$ = "" THEN LOCATE 25, 5: PRINT " Cualquier tecla para continuar .... "; : GOTO 31  
GOTO 33

```

6  CLS : CLEAR
   SCREEN 1, 0, 0
   COLOR 1, 15
   DIM C(50, 50), Y(50), Z(50), ES(50)
   LOCATE 3, 7: PRINT "IDENTIFICACION DE REGIONES"
   LOCATE 5, 7: PRINT "HIDROLOGICAMENTE HOMOGENEAS"
   LOCATE 7, 10: PRINT "CURVAS DE ANDREWS"
   LOCATE 10, 12: PRINT "-ANDREWS.EXE-"
   LOCATE 12, 1: PRINT "====="
   LOCATE 14, 5: PRINT " Regionalización para el cálculo de la "
   LOCATE 16, 7: PRINT " Pérdida Anual por Inundación, empleando"
   LOCATE 19, 6: PRINT " el método de la avenida índice"
   LOCATE 22, 2: PRINT "Programa desarrollado por."
   LOCATE 24, 2: PRINT "José Luis Reyes Blanco y Alfonso Gutiérrez López"
3  IF INKEY$ = "" THEN LOCATE 23, 33: PRINT TIMES; : GOTO 3

   SCREEN 2: SCREEN 0
   COLOR 14, 1: CLS
   LOCATE 2, 20: PRINT "TRAZO MULTIDIMENSIONAL CURVA DE ANDREWS"
   COLOR 14, 1: COLOR 15, 1
   LOCATE 4, 3: INPUT "SE DESEA COMPARAR DOS REGIONES ( S / N ) = "; GS
   IF GS = "S" OR GS = "s" THEN 280
   LOCATE 6, 3: INPUT "SE DESEA CREAR UN ARCHIVO DE DATOS ( S / N ) = "; RS
   IF RS = "S" OR RS = "s" THEN 27
   LOCATE 8, 3: INPUT "SE DESEA USAR UN ARCHIVO DE DATOS ( S / N ) = "; MS
   IF MS = "S" OR MS = "s" THEN 28 ELSE END

28  CLS
   LOCATE 3, 1 INPUT " No.de estaciones por estudiar = ", M: PRINT
   INPUT " TITULO DE LA GRAFICA ", S$
   FOR J = 1 TO M
   INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS "; ES(J)
   COLOR 14, 1
   PRINT " Características de la estacion "; COLOR 14, 1 COLOR 15, 1
   OPEN ES(J) FOR INPUT AS #J
   INPUT #J, N
   FOR I = 1 TO N
   INPUT #J, C(J, I)
   PRINT USING "#####", C(J, I)
   NEXT I: CLOSE #J: PRINT " NEXT J
   COLOR 15, 1
27  CLS
   LOCATE 3, 1: INPUT " No.de estaciones (una por archivo) = "; M
   FOR J = 1 TO M
   CLS : LOCATE 5, 1: PRINT " NOMBRE DE LA "; J; " ESTACION (nombre del archivo) = "; :
   INPUT ; ES(J)
   OPEN ES(J) FOR OUTPUT AS #J
   LOCATE 7, 1: INPUT " No. de características de la estacion = "; N
   PRINT #J, N
   FOR I = 1 TO N
   PRINT " DATO No. = "; I
   INPUT C(J, I)
   PRINT #J, C(J, I)
   NEXT I: CLOSE #J: NEXT J

33  FOR J = 1 TO M: CLS
   FOR I = 1 TO N
   IF C(J, I) > 10 AND C(J, I) < 99 THEN C(J, I) = C(J, I) / 10
   IF C(J, I) > 100 AND C(J, I) < 999 THEN C(J, I) = C(J, I) / 100
   IF C(J, I) > 1000 AND C(J, I) < 9999 THEN C(J, I) = C(J, I) / 1000
   IF C(J, I) > 10000 AND C(J, I) < 99999 THEN C(J, I) = C(J, I) / 10000
   NEXT I
   NEXT J

   SCREEN 1, 0, 0: COLOR 1, 15: CLS
   LOCATE 1, 1: PRINT "TRAZO MULTIDIMENSIONAL CURVA DE ANDREWS"
   LOCATE 3, 1: PRINT "ESTACION "; S$
   XMIN = -3.14: XMAX = 3.14
   YMIN = -15: YMAX = 25
   WINDOW (XMIN, YMIN)-(XMAX, YMAX)
   LINE (XMIN, 0)-(XMAX, 0): LINE (0, YMIN)-(0, YMAX)

   IF N = 0 THEN 6
   IF N = 1 THEN 10
   IF N = 2 THEN 20
   IF N = 3 THEN 30
   IF N = 4 THEN 40
   IF N = 5 THEN 50
   IF N = 6 THEN 60
   IF N = 7 THEN 70
   IF N = 8 THEN 80
   IF N = 9 THEN 90
   IF N = 10 THEN 100

```



```

LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
  Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) + (C(J, 4) * SIN(2 * X))
  PSET (X, Y(J)), 1
  Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

```

REM -----CINCO ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
  LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
  FOR J = 1 TO M
    Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) + (C(J, 4) * SIN(2 * X)) +
      (C(J, 5) * COS(2 * X))
    PSET (X, Y(J)), 1
    Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
  IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
  NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

50

```

REM -----SEIS ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
  LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
  FOR J = 1 TO M
    Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) + (C(J, 4) * SIN(2 * X)) +
      (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X))
    PSET (X, Y(J)), 1
    Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
  IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
  NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

60

```

REM -----SIETE ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
  LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)

```

70

```

IF N > 1 THEN 6
REM -----UN ELEMENTO-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
  LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
  FOR J = 1 TO M
    Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142)
    PSET (X, Y(J)), 1
    Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
  IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
  NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

```

REM -----DOS ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
  LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
  FOR J = 1 TO M
    Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X))
    PSET (X, Y(J)), 1
    Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
  IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
  NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

```

REM -----TRES ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
  LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
  FOR J = 1 TO M
    Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X))
    PSET (X, Y(J)), 1
    Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
  IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
  NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

30

```

REM -----CUATRO ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO

```

40

```

INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "###"; 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X)) +
(C(J, 7) * COS(3 * X)) + (C(J, 8) * SIN(4 * X)) + (C(J, 9) * COS(4 * X)) +
(C(J, 10) * SIN(5 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM _____

```

80

```

REM _____OCHO ELEMENTOS_____
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "###"; 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X)) +
(C(J, 7) * COS(3 * X)) + (C(J, 8) * SIN(4 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM _____

```

90

```

REM _____NUEVE ELEMENTOS_____
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "###"; 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X)) +
(C(J, 7) * COS(3 * X)) + (C(J, 8) * SIN(4 * X)) + (C(J, 9) * COS(4 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X: DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM _____

```

100

```

REM _____DIEZ ELEMENTOS_____

```

```

380 CLS
PRINT "M = 2
INPUT "TITULO DE LA GRAFICA "; $
FOR J = 1 TO M
INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS "; $$(J)
COLOR 14, 1: PRINT "COLOR 15, 1
PRINT "Caracteristicas de la estacion "; PRINT
OPEN $$(J) FOR INPUT AS #J
INPUT #J, N
FOR I = 1 TO N
INPUT #J, C(J, I)
PRINT USING "#####"; C(J, I)
NEXT I: CLOSE #J: PRINT: PRINT: NEXT J
COLOR 15, 1: COLOR 14, 1: COLOR 15, 1
IF INKEY$ = "" THEN LOCATE 25, 5: PRINT "Cualquier tecla para continuar .... ";
GOTO 38
FOR J = 1 TO M: CLS
FOR I = 1 TO N
IF C(J, I) > 10 AND C(J, I) < 99 THEN C(J, I) = C(J, I) / 10
IF C(J, I) > 100 AND C(J, I) < 999 THEN C(J, I) = C(J, I) / 100
IF C(J, I) > 1000 AND C(J, I) < 9999 THEN C(J, I) = C(J, I) / 1000
IF C(J, I) > 10000 AND C(J, I) < 99999 THEN C(J, I) = C(J, I) / 10000
NEXT I
NEXT J
SCREEN 1, 0, 0: COLOR 1, 15: CLS
LOCATE 1, 1: PRINT "TRAZO MULTIDIMENSIONAL CURVA DE ANDREWS"
LOCATE 3, 1: PRINT "ESTACION "; $

```

```

XMIN = -3.14: XMAX = 3.14
YMIN = -15: YMAX = 25

```

```

WINDOW (XMIN, YMIN)-(XMAX, YMAX)
LINE (XMIN, 0)-(XMAX, 0): LINE (0, YMIN)-(0, YMAX)
SS = 0: CS = 0: CT = 0: SL = 0: S = 0: T = 0: ST = 0
IF N = 1 THEN 710
IF N = 2 THEN 720
IF N = 3 THEN 730
IF N = 4 THEN 740
IF N = 5 THEN 750
IF N = 6 THEN 760
IF N = 7 THEN 770
IF N = 8 THEN 780
IF N = 9 THEN 790
IF N = 10 THEN 7100
IF N > 10 THEN 6

```

710

```

REM -----UN ELEMENTO-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####, 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142)
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS =", PRINT USING "#####.####", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS =", PRINT USING "#####.####", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM -----

```

720

REM -----DOS ELEMENTOS-----

```

INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####, 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS =", PRINT USING "#####.####", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS =", PRINT USING "#####.####", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END

```

730

```

REM -----TRES ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####, 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS =", PRINT USING "#####.####", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS =", PRINT USING "#####.####", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM -----

```

740

REM -----CUATRO ELEMENTOS-----

```

INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS =", ; PRINT USING "#####.####", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS =", ; PRINT USING "#####.####", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

```

REM -----CINCO ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS =", ; PRINT USING "#####.####", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS =", ; PRINT USING "#####.####", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

```

REM -----SEIS ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS =", ; PRINT USING "#####.####", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS =", ; PRINT USING "#####.####", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM

```

```

REM -----SIETE ELEMENTOS-----
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "####", 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X)) +
(C(J, 7) * COS(3 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS =", ; PRINT USING "#####.####", SS

```

```

LOCATE 21, 22: PRINT "CS ="; PRINT USING "#####.###", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM _____

```

780

```

REM _____OCHO ELEMENTOS_____
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "###", 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X)) +
(C(J, 7) * COS(3 * X)) + (C(J, 8) * SIN(4 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS ="; PRINT USING "#####.###", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS ="; PRINT USING "#####.###", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM _____

```

790

```

REM _____NUEVE ELEMENTOS_____
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "###", 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X)) +
(C(J, 7) * COS(3 * X)) + (C(J, 8) * SIN(4 * X)) + (C(J, 9) * COS(4 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))

```

```

S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS ="; PRINT USING "#####.###", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS ="; PRINT USING "#####.###", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM _____

```

7100

```

REM _____DIEZ ELEMENTOS_____
INCREMENTO = (XMAX - XMIN) / 639
FOR X = XMIN TO XMAX STEP INCREMENTO
LOCATE 23, 22: PRINT "Calculando..."; PRINT USING "###", 100 * (XMAX - X)
FOR J = 1 TO M
Y(J) = (C(J, 1) / 1.4142) + (C(J, 2) * SIN(X)) + (C(J, 3) * COS(X)) +
(C(J, 4) * SIN(2 * X)) + (C(J, 5) * COS(2 * X)) + (C(J, 6) * SIN(3 * X)) +
(C(J, 7) * COS(3 * X)) + (C(J, 8) * SIN(4 * X)) + (C(J, 9) * COS(4 * X)) +
(C(J, 10) * SIN(5 * X))
PSET (X, Y(J)), 1
Z(J) = Z(J - 1) + Y(J)
SS = SS + ((Y(1) - Y(2)) ^ 2)
ST = ST + (Y(1) * Y(2))
S = S + (Y(1) ^ 2)
T = T + (Y(2) ^ 2)
IF J = M THEN PSET (X, Z(J) / M), 2
NEXT J: NEXT X
SL = (S * T) ^ (1 / 2)
CS = (ST / SL)
LOCATE 20, 22: PRINT "SS ="; PRINT USING "#####.###", SS
LOCATE 21, 22: PRINT "CS ="; PRINT USING "#####.###", CS
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP: END
REM _____

```

LANGBEIN.EXE

```

CLS
CLEAR
SCREEN 1, 0, 0: COLOR 1, 15
LOCATE 3, 7: PRINT "IDENTIFICACION DE REGIONES"
LOCATE 5, 7: PRINT "HIDROLÓGICAMENTE HOMOGÉNEAS"
LOCATE 7, 3: PRINT "PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE LANGBEIN"
LOCATE 10, 1: PRINT "LANGBEIN.EXE."
LOCATE 12, 1: PRINT "=====
LOCATE 14, 5: PRINT " Regionalización para el cálculo de la "
LOCATE 16, 7: PRINT " Périda Anual por Intundación, empleando "
LOCATE 19, 6: PRINT "el método de la avenida índice"
LOCATE 22, 2: PRINT "Programa desarrollado por:"
LOCATE 24, 2: PRINT "José Luis Reyes Blanco y Alfonso Gutiérrez López"
IF INKEY$ = "" THEN LOCATE 23, 33: PRINT TIMES; : GOTO 3
3 SCREEN 2: SCREEN 0
COLOR 15, 1: CLS
LOCATE 12, 8: INPUT " DESEA CREAR UN ARCHIVO DE DATOS ( S / N ) = ", $S
IF $S = "S" OR $S = "s" THEN GOTO JLRB ELSE GOTO ACATLAN

JLRB:
CLEAR
LOCATE 5, 30: PRINT "PROGRAMA SOPORTE"
LOCATE 7, 30: PRINT "DE LANGBEIN.EXE"
LOCATE 18, 28: PRINT "-- ENTRADA DE DATOS --"
IF INKEY$ = "" THEN I
SCREEN 2: SCREEN 0
COLOR 15, 1: CLS
DIM A$(100), R(100), T3(100), T10(100), MU(100), ALFA(100)
INPUT " NUMERO DE ESTACIONES A CREAR = ", N
FOR I = 1 TO N: PRINT PRINT
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS = ", A$(I)
OPEN A$(I) FOR OUTPUT AS #I
PRINT " ESTACIÓN", I
INPUT " Longitud del registro = ", R(I)
PRINT #I, R(I)
INPUT " Gasto de Tr = 2.33 = ", T3(I)
PRINT #I, T3(I)
INPUT " Gasto de Tr = 10.0 = ", T10(I)
PRINT #I, MU(I)
INPUT " Parámetro MU = ", MU(I)
INPUT #I, ALFA(I)
PRINT " Parámetro ALFA = ", ALFA(I)
CLOSE #I
NEXT I

REM Q10/Q2.33
FOR I = 1 TO N
T(I) = T10(I) / T3(I)
ST = T(I) + ST
NEXT I

REM PROMEDIO DE Q10/Q2.33
PST = ST / N
REM PST*Q2.33
FOR I = 1 TO N
DD(I) = T3(I) * PST
NEXT I

PRINT #I, MU(I)
PRINT " Parámetro ALFA = ", ALFA(I)
CLOSE #I
NEXT I
ACATLAN:
DIM T(50), DD(50), TR(50)
CLS
LOCATE 12, 8: INPUT " NUMERO DE ESTACIONES POR ANALIZAR = "; N
CLS
FOR I = 1 TO N: PRINT PRINT
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS = "; A$(I)
OPEN A$(I) FOR INPUT AS #I
PRINT " ESTACION", I
INPUT #I, R(I)
PRINT " Longitud del registro = "; R(I)
INPUT #I, T3(I)
PRINT " Gasto de Tr = 2.33 = "; T3(I)
INPUT #I, T10(I)
PRINT " Gasto de Tr = 10.0 = "; T10(I)
INPUT #I, MU(I)
PRINT " Parámetro MU = "; MU(I)
INPUT #I, ALFA(I)
PRINT " Parámetro ALFA = "; ALFA(I)
CLOSE #I
NEXT I

REM Q10/Q2.33
FOR I = 1 TO N
T(I) = T10(I) / T3(I)
ST = T(I) + ST
NEXT I

REM PROMEDIO DE Q10/Q2.33
PST = ST / N
REM PST*Q2.33
FOR I = 1 TO N
DD(I) = T3(I) * PST
NEXT I

```

```

REM DESPEJANDO EL Tr
FOR I = 1 TO N
TR(I) = 1 / (1 - (EXP(-EXP(-(DD(I) - MU(I)) / ALFA(I))))))
NEXT I
REM RESULTADOS
CLS
PRINT " PRUEBA DE HOMOGENEIDAD MÉTODO DE LA AVENIDA ÍNDICE "
PRINT " Q2.33 Q10 Q10/Q2.33 MU ALFA Tr N ESTACIÓN "
FOR I = 1 TO N
PRINT USING "#####"; T3(I); T10(I); PRINT USING "#####"; T(I); MU(I);
ALFA(I); TR(I); PRINT USING " ## "; R(I); PRINT AS(I)
NEXT I
PRINT : PRINT " Promedio Q10/Q2.33 = "; PRINT USING "#####"; PST
LOCATE 22, 8: INPUT " SE DESEA IMPRIMIR RESULTADOS ( S / N ) = "; SS
IF SS = "S" OR SS = "s" THEN 65
GOTO 70

65
REM IMPRESIÓN
LPRINT " PRUEBA DE HOMOGENEIDAD MÉTODO DE LA AVENIDA ÍNDICE "
LPRINT " Q2.33 Q10 Q10/Q2.33 MU ALFA Tr N ESTACIÓN "
LPRINT "
FOR I = 1 TO N
LPRINT USING "#####"; T3(I); T10(I); LPRINT USING "#####"; T(I);
MU(I); ALFA(I);
TR(I); LPRINT USING " ## "; R(I); LPRINT AS(I)
NEXT I
LPRINT : LPRINT " Promedio Q10/Q2.33 = "; LPRINT USING "#####"; PST

70
REM LÍMITES DE X y Y
CLS
XMIN = -20; XMAX = 200; YMIN = -1; YMAX = 3
SCREEN 1, 0, 0: COLOR 0, 1

REM DIBUJA LÍNEAS DE NÚMEROS
FOR J = 0 TO 2
FOR I = 1 TO 10 STEP 10
Y = 185 - (J * 60 + 60 * LOG(I) / LOG(10))
LINE (29, 8 * Y)-(318, 8 * Y), 2

```

```

NEXT I: NEXT J
FOR I = 9 TO 149: PSET (94, I), 2
PSET (167, I), 2: PSET (239, I), 2
PSET (312, I), 2: NEXT I

REM DIBUJA NÚMEROS
LOCATE 1, 1: PRINT "1000": LOCATE 7, 1: PRINT "100": LOCATE 13, 2: PRINT "10"
LOCATE 19, 2: PRINT "1": LOCATE 20, 12: PRINT "50"
LOCATE 20, 21: PRINT "100": LOCATE 20, 30: PRINT "150"
LOCATE 20, 38: PRINT "200"

REM DIBUJAR EJES
SCREEN 1, 0: WINDOW (XMIN, YMIN)-(XMAX, YMAX)
LINE (XMIN + 16, 0)-(XMAX, 0): LINE (0, 1 + YMIN)-(0, YMAX)

REM LÍMITE INFERIOR
LINE (0, 0)-(5, 08): LINE (5, 08)-(10, 26)
LINE (10, 26)-(20, 45): LINE (20, 45)-(50, 64)
LINE (50, 64)-(100, 75): LINE (100, 75)-(200, 81)

REM LÍMITE SUPERIOR
LINE (0, 2.48)-(5, 2.2): LINE (5, 2.2)-(10, 1.85)
LINE (10, 1.85)-(20, 1.6): LINE (20, 1.6)-(50, 1.38)
LINE (50, 1.38)-(100, 1.26): LINE (100, 1.26)-(200, 1.18)

REM LETREROS
LOCATE 1, 14: PRINT "PRUEBA DE LANGBEIN"
LOCATE 3, 6: PRINT "Periodo de retorno"
LOCATE 23, 10: PRINT "Longitud del registro "

REM DIBUJA ESTACIONES EN LA GRÁFICA
FOR I = 1 TO N
CIRCLE (R(I) - 5, LOG(TR(I)) / LOG(10)), (XMAX / 150), 1
PAINT (R(I) - 5, LOG(TR(I)) / LOG(10)), 1
NEXT I

4 IF INKEY$ = "" THEN LOCATE 25, 33 GOTO 4

```

*DAPLEVE*

```

DECLARE SUB OP1 ()
DECLARE SUB OP2 ()
DECLARE SUB OP3 ()
DECLARE SUB OP4 ()
DECLARE SUB OP5 ()
DECLARE SUB OP6 ()

```

1

```

CLS
CLEAR
DIM OPCIONS(6)
COLOR 15, 0
LOCATE 2, 15: PRINT "CÁLCULO DE LA PÉRDIDA ANUAL POR ENUNDACIÓN
(PAI)"

```

```

COLOR 11, 0
LOCATE 4, 18: PRINT "Regionalización para el cálculo de la PAI"
LOCATE 5, 18: PRINT "empleando el método de la Avenida Índice"
REM Programa elaborado por José Luis Reyes Blanco
COLOR 12, 0: LOCATE 8, 15: PRINT STRING$(50, "=")
LOCATE 19, 15: PRINT STRING$(50, "=")
LOCATE 8, 14: PRINT "I": LOCATE 8, 65: PRINT "II"
LOCATE 19, 14: PRINT "III": LOCATE 19, 65: PRINT "IV"
J = 0

```

```

DO UNTIL J = 10
LOCATE J + 9, 14: PRINT "I"
LOCATE J + 9, 65: PRINT "II"
J = J + 1
LOOP

```

```

REM PUESTA DE MENÚ
COLOR 14, 0: LOCATE 10, 33: PRINT "MENÚ PRINCIPAL": COLOR 15, 0
COLOR 14, 0: LOCATE 9, 56: PRINT "Ver. 1.0": COLOR 15, 0
FOR J = 1 TO 6
READ OPCIONS(J)
LOCATE J + 11, 25: PRINT OPCIONS(J)
NEXT J

```

```

REM ESCOGER OPCIONES
KEY(11) ON
KEY(14) ON
SIG = 1: REN = 12
COLOR 4, 15
LOCATE REN, 25: PRINT OPCIONS$(SIG)
KEYS:

```

```

ON KEY(11) GOSUB ARRIBA
ON KEY(14) GOSUB ABAJO
AS = INKEY$: IF AS = "" THEN GOTO KEYS
IF AS <> CHR$(13) THEN GOTO KEYS
GOTO SELECCION

```

```

ARRIBA:
COLOR 15, 0: LOCATE REN, 25: PRINT OPCIONS$(SIG)
SIG = SIG - 1: REN = REN - 1
IF SIG < 1 THEN SIG = 1: REN = 12
COLOR 4, 15: LOCATE REN, 25: PRINT OPCIONS$(SIG)
RETURN KEYS

```

```

ABAJO:
COLOR 15, 0: LOCATE REN, 25: PRINT OPCIONS$(SIG)
SIG = SIG + 1: REN = REN + 1
IF SIG > 6 THEN SIG = 1: REN = 12
COLOR 4, 15: LOCATE REN, 25: PRINT OPCIONS$(SIG)
RETURN KEYS

```

```

SELECCION:
KEY(11) STOP: KEY(14) STOP
SELECT CASE OPCIONS$(SIG)

```

```

CASE OPCIONS(1)
CALL OP1
CASE OPCIONS(2)
CALL OP2
CASE OPCIONS(3)
CALL OP3
CASE OPCIONS(4)
CALL OP4
CASE OPCIONS(5)
CALL OP5
CASE OPCIONS(6)
CALL OP6

```

```

END SELECT
COLOR 0, 0: CLS: GOTO 1
datos:
REM MENÚ DATOS
DATA > Crear archivo de datos
DATA > Curva tirante-daño
DATA > Curva de gastos del río
DATA > Estadístico de la muestra
DATA > Cálculo de la PAI
DATA > Salir

```



SUB OPI :

```
CLS
SCREEN 2, 0
LOCATE 6, 20: PRINT "CÁLCULO DE LA PÉRDIDA ANUAL POR INUNDACIÓN"
LOCATE 8, 22: PRINT " REGISTRO HIDROLÓGICO DEL RÍO"
LOCATE 10, 28: PRINT "Y CARACTERÍSTICAS DEL RÍO"
LOCATE 14, 22: PRINT "Programa para crear un archivo de datos"
LOCATE 22, 20: PRINT "Regionalización para el cálculo de la PAI"
LOCATE 23, 20: PRINT "empleando el método de la Avenida Indíce"
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
SCREEN 0
CLS
K3 = 1000000
PRINT "INVENTARIO DE LAS VIVIENDAS"
INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS A CREAR =": AS
OPEN AS FOR OUTPUT AS #1
DIM T(50, 50)
INPUT "ELEVACIÓN MÁXIMA A ANALIZAR ": NMM
INPUT "TIPOS DE CONSTRUCCIONES A ITERAR ": OK
FOR I = 1 TO OK
CLS
COLOR 11, 8:
PRINT "=====
TIPO DE VARIABLES
=====
PRINT "
PRINT "
PRINT "
COLOR 5, 8: PRINT " CASA CON NIVELES DIVIDIDOS S/S (1) ||"
PRINT "
PRINT "
COLOR 3, 8: PRINT " CASA CON NIVELES DIVIDIDOS C/S (2) ||"
PRINT "
PRINT "
COLOR 10, 8: PRINT " CASA DE UNA SOLA PLANTA C/S (3) ||"
PRINT "
PRINT "
COLOR 12, 8: PRINT " CASA DE DOS PLANTAS S/S (4) ||"
PRINT "
PRINT "
COLOR 13, 8: PRINT " CASA MÓVIL (5) ||"
PRINT "=====
PRINT : PRINT : PRINT
```

20

```
25 COLOR 26, 8: INPUT "
LOCATE 8, 51: PRINT "PARA LA VIVIENDA # ", I
IF S > 5 THEN LOCATE 4, 50: PRINT "ELIJA LA OPCIÓN ADECUADA
EXPUESTA ABAJO "
LOCATE 10, 51: PRINT "LE CORRESPONDE EL TIPO ", S
IF S = 1 THEN H = 1: GOTO 30
IF S = 2 THEN H = 2: GOTO 30
IF S = 3 THEN H = 3: GOTO 30
IF S = 4 THEN H = 4: GOTO 30
IF S = 5 THEN H = 5: GOTO 30
LOCATE 21, 49: PRINT "TECLEE LA OPCIÓN CORRECTA"
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
GOTO 25
30 T(I, 1) = H
LOCATE 20, 3: INPUT "ELEVACIÓN DE LA CASA": T(I, 2)
K = T(I, 2)
IF K < K3 THEN K3 = K: GOTO 35
K3 = K3
INPUT " NUMERO DE CASAS": T(I, 3)
INPUT " COSTO UNITARIO": T(I, 4)
NEXT I
PRINT #1, NMM
PRINT #1, K3
PRINT #1, OK
FOR I = 1 TO OK
PRINT #1, T(I, 1)
PRINT #1, T(I, 2)
PRINT #1, T(I, 3)
PRINT #1, T(I, 4)
NEXT I
CLOSE #1
COLOR 15, 0: CLS
PRINT "REGISTRO HIDROLÓGICO DEL RÍO": PRINT : PRINT
PRINT
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS A CREAR = ": AS
OPEN AS FOR OUTPUT AS #1
CLS
PRINT "REGISTRO HIDROLÓGICO DEL RÍO": PRINT
PRINT : INPUT " NUMERO DE DATOS DE LA MUESTRA = " : N: PRINT
DIM O(N)
FOR I = 1 TO N
PRINT " DATO No. ", I, " = " :
INPUT "", O(I)
NEXT I
PRINT #1, N
```

25

```

FOR J = 1 TO N
PRINT #1, Q(I)
NEXT I
CLOSE #1
CLS
PRINT "CARACTERÍSTICAS DEL RÍO": PRINT PRINT
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS A CREAR = "; A$
OPEN A$ FOR OUTPUT AS #1
CLS
PRINT "CARACTERÍSTICAS DEL RÍO": PRINT
PRINT "HIDRAULICA DEL RÍO": PRINT : PRINT

REM INPUT "ELEVACIÓN MÁXIMA A ANALIZAR CON RESPECTO AL N.M.M." ,
REM NMM : ELEV. LLANURA INUNDACIÓN CON RESPECTO AL N.M.M. ; Z3
INPUT " PENDIENTE = "; SO: PRINT
PRINT "SECCIÓN A"
INPUT "LONGITUD DE LA SECCIÓN ="; U1
INPUT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCIÓN = "; NN1
INPUT "TALUD = "; K1
PRINT : PRINT : PRINT "SECCIÓN DEL RÍO": PRINT : PRINT
INPUT "ELEVACIÓN DEL FONDO DEL RÍO CON RESPECTO AL N.M.M. ="; Z9
INPUT "ANCHO (B) DEL RÍO ="; BRIO
INPUT "TALUD A DEL RÍO ="; K2
INPUT "TALUD B DEL RÍO ="; K3
INPUT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DEL RÍO = "; NN2
PRINT : PRINT "SECCIÓN B "; PRINT : PRINT
INPUT "LONGITUD DE LA SECCIÓN ="; U2
INPUT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCIÓN = "; NN3
INPUT "TALUD = "; K4
PRINT : PRINT
PRINT #1, SO
PRINT #1, U1
PRINT #1, NN1
PRINT #1, K1
PRINT #1, Z9
PRINT #1, BRIO
PRINT #1, K2
PRINT #1, K3
PRINT #1, NN2
PRINT #1, U2
PRINT #1, NN3
PRINT #1, K4
CLOSE #1
END SUB

SUB OP2 :
CLS
SCREEN 2, 0
LOCATE 6, 20: PRINT "CÁLCULO DE LA PÉRDIDA ANUAL POR INUNDACIÓN"
LOCATE 8, 22: PRINT " LEVANTAMIENTO DE LA LLANURA "
LOCATE 10, 28: PRINT ""
LOCATE 14, 22: PRINT " Cálculo de tirante-daño."
LOCATE 22, 20: PRINT "Regionalización para el cálculo de la PAJ "
LOCATE 23, 20: PRINT "empleando el método de la Avenida Índice"
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
SCREEN 0
CLS
T$ = "===== "
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS DEL INVENTARIO"; A$
OPEN A$ FOR INPUT AS #1
DIM T$(50, 50), Z$(50, 50), Q$(50, 50), CT$(50, 50), D$(50, 50), RESUMEN$(50, 50)
DIM RTOTAL$(50), Q$(50, 50), QF$(50)
INPUT #1, NMM
INPUT #1, K3
INPUT #1, OK
FOR I = 1 TO OK
INPUT #1, T(I, 1)
INPUT #1, T(I, 2)
INPUT #1, T(I, 3)
INPUT #1, T(I, 4)
NEXT I
CLOSE #1

REM INICIO DEL PROGRAMA
I = 1
J = 0
C = NMM - T(I, 2)
REM CÁLCULO DE TIRANTES Y ELEV. DEL AGUA
FOR X = 0 TO C STEP .1999
J = J + 1
Z(I, J) = X
Q(I, J) = T(I, 2) + Z(I, J)
NEXT X

REM CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE DAÑO DE LAS VIVIENDAS
OPC = T(I, 1)
SELECT CASE OPC

```

```

CASE 1
CC = 26.433846#; B = 1.0000001#; A = .620333; AS = "CASA(S) CON NIVELES
DIVIDIDOS S/S"; H = 1
FOR X = 1 TO J
IF Z(I, X) = 0 THEN O(I, X) = 31: GOTO 45
O(I, X) = CC * B ^ (1 / Z(I, X)) * Z(I, X) ^ A
IF Z(I, X) >= 1.8 THEN O(I, X) = 38.064
R3 = "Y = A * B ^ (1/X) * X ^ C"
NEXT X
45

CASE 2
CC = 30.719397#; B = 1.0000001#; A = .6029469#; AS = "CASA(S) CON NIVELES
DIVIDIDOS C/S"; H = 2
FOR X = 1 TO J
IF Z(I, X) = 0 THEN O(I, X) = 31: GOTO 55
O(I, X) = CC * B ^ (1 / Z(I, X)) * Z(I, X) ^ A
IF Z(I, X) >= 1.8 THEN O(I, X) = 38.064
R3 = "Y = A * B ^ (1/X) * X ^ C"
NEXT X
55

CASE 3
CC = 40.411125#; B = 1.0000001#; A = .4281672#; AS = "CASA(S) DE UNA SOLA
PLANTA C/S"; H = 3
FOR X = 1 TO J
IF Z(I, X) = 0 THEN O(I, X) = 7.5: GOTO 61
O(I, X) = CC * B ^ (1 / Z(I, X)) * Z(I, X) ^ A
IF Z(I, X) >= 2.6 THEN O(I, X) = 60.84
R3 = "Y = A * B ^ (1/X) * X ^ C"
NEXT X
61

CASE 4
CC = 24.613244#; B = 1.0000001#; A = .540261; AS = "CASA(S) DE DOS PLANTAS
S/S"; H = 4
FOR X = 1 TO J
IF Z(I, X) = 0 THEN O(I, X) = 5: GOTO 71
O(I, X) = CC * B ^ (1 / Z(I, X)) * Z(I, X) ^ A
IF Z(I, X) >= 2.6 THEN O(I, X) = 41.24
R3 = "Y = A * B ^ (1/X) * X ^ C"
NEXT X
71

CASE 5
CC = 0145676#; B = -8.36740000000001D-03; AS = "CASA(S) MOVIL(ES)"; H = 5
FOR X = 1 TO J
IF Z(I, X) = 0 THEN O(I, X) = 6: GOTO 80

```

```

V = LOG(Z(I, X)); O(I, X) = 1 / (CC + B * V)
IF Z(I, X) > 1.8 THEN O(I, X) = 114.053 V = LOG(Z(I, X)); O(I, X) = 1 / (CC + B * V)
R3 = "Y = 1 / (A + B * LN X)"
80
NEXT X

```

```

CASE ELSE
PRINT "ERROR"
END SELECT

```

REM IMPRESIÓN EN PANTALLA DEL CÁLCULO TIRANTE VS % DAÑO

```

CLS
PRINT T(I, 3); AS
PRINT "EQUACIÓN ", R3
PRINT "COEFICIENTES A = ", CC; " B = ", B; " C = ", A
PRINT ""
PRINT "TIRANTE DAÑO CALCULADO"
PRINT ""
FOR X = 1 TO J
PRINT USING "### ## "; Z(I, X); O(I, X)
NEXT X
DO WHILE INKEY$ = "" : LOOP
CT(I, 1) = T(I, 3) * T(I, 4)
FOR X = 1 TO J
D(I, X) = CT(I, 1) * (O(I, X) / 100)
NEXT X
CLS

```

REM IMPRESIÓN DEL CÁLCULO TIRANTE VS DAÑO PARA CADA TIPO DE

```

INFRAESTRUCTURA
PRINT ""
PRINT T(I, 3); AS
COLOR 11, 8; PRINT "ELEVACIÓN ELEVACIÓN TIRANTE %DAÑOS COSTO
DAÑOS"
PRINT " DEL AGUA VIVIENDA DE AGUA"
PRINT ""
FOR X = 1 TO J
COLOR 15, 8; PRINT USING "### ## ## ## "; O(I, X); T(I, 2); Z(I, X); O(I, X); CT(I, 1); D(I, X)
NEXT X
PRINT ""
DO WHILE INKEY$ = "" : LOOP

```

```

REM IMPRESIÓN
PRINT "INPUT " IMPRESIÓN DE RESULTADOS ( S / N ) = ", W$
IF W$ = "S" OR W$ = "s" THEN GOTO 500

```

```

500 GOTO 900
CLS
LPRINT ""
LPRINT T(I, 3); A$
LPRINT " ELEVACIÓN TIRANTE %DAÑOS COSTO
DAÑOS"
LPRINT " DEL AGUA VIVIENDA DE AGUA"
FOR X = 1 TO J
LPRINT USING "###,### ## ", Q(I, X), T(I, 2), Z(I, X); O(I, X); CT(I, 1), D(I, X)
NEXT X
LPRINT
900 REM FIN DE LA IMPRESION

REM ORDENAMIENTO BIDIMENSIONAL DE LOS DAÑOS DE LA LLANURA
K2 = NMM - K3
L = 0
FOR X = 0 TO K2 STEP 2
L = L + 1
QF(L) = K3 + X
NEXT X
X = 0; U = 0
RE = L - J
IF RE = 0 GOTO 90
FOR F = 1 TO RE
RESUMEN(I, F) = 0'
NEXT F
U = RE + 1
FOR F = U TO L
X = X + 1
RESUMEN(I, F) = D(I, X)
NEXT F
IF I = OK GOTO 100
I = I + 1
GOTO 10
100 REM RESUMEN DE DAÑOS PARA CADA ELEVACIÓN ANALIZADA
FOR Y = 1 TO L
FOR X = 1 TO OK
RTOTAL(Y) = RTOTAL(Y) + RESUMEN(X, Y)
NEXT X
NEXT Y
REM IMPRESIÓN DE LA RELACIÓN TIRANTE VS DAÑO
CLS

PRINT "RESUMEN DE DAÑOS"
COLOR 4, 8; PRINT T$
COLOR 3, 8; PRINT "
COLOR 4, 8; PRINT T$
PRINT ""
COLOR 2, 8; PRINT " TIRANTE DAÑOS"
COLOR 15, 8; PRINT ""
FOR X = 1 TO L
PRINT USING "
###,### ## ", QF(X); RTOTAL(X)
NEXT X
REM IMPRESIÓN
PRINT " INPUT " IMPRESIÓN DE RESULTADOS ( S / N ) = " ; W$
IF W$ = "S" OR W$ = "s" THEN GOTO 100$
GOTO 2000

1000 CLS
LPRINT ""
LPRINT T$
LPRINT "
LPRINT T$
LPRINT ""
LPRINT " TIRANTE DAÑOS"
LPRINT ""
FOR X = 1 TO L
LPRINT USING "
###,### ## ", QF(X); RTOTAL(X)
NEXT X
LPRINT

2000 REM FIN DE LA IMPRESIÓN
PRINT ""
PRINT T$
PRINT ""
PRINT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS A GUARDAR
(TIRANTE VS DAÑOS)"; INPUT B$
Z3 = K3
OPEN B$ FOR OUTPUT AS #1
PRINT #1, NM
PRINT #1, L
PRINT #1, Z3
FOR X = 0 TO L
PRINT #1, QF(X)
PRINT #1, RTOTAL(X)
NEXT X
CLOSE #1
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP

```

```

END SUB
SUB OP3 :
CLS
SCREEN 2, 0
LOCATE 6, 20: PRINT "CÁLCULO DE LA PÉRDIDA ANUAL POR INUNDACIÓN"
LOCATE 8, 22: PRINT "      HIDRÁULICA DEL RÍO"
LOCATE 10, 28: PRINT ""
LOCATE 14, 22: PRINT "  Cálculo de los gastos del río."
LOCATE 22, 20: PRINT "Regionalización para el cálculo de la PAJ"
LOCATE 23, 20: PRINT "empleando el método de la Avenida Índice"
DO WHILE INKEY$ = "", LOOP
SCREEN 0
CLS
PRINT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS (TIRANTE VS DAÑOS)";
INPUT B$
OPEN B$ FOR INPUT AS #1
INPUT #1, NMM
INPUT #1, L
INPUT #1, Z3
DIM QF(50), RTOTAL(50)
FOR X = 0 TO L
INPUT #1, QF(X)
INPUT #1, RTOTAL(X)
NEXT X
CLOSE #1

REM LEE LOS DATOS DE UN ARCHIVO YA CREADO
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS DE CARACTERÍSTICAS DEL RÍO
= ", A$
OPEN A$ FOR INPUT AS #1
INPUT #1, SO
INPUT #1, U1
INPUT #1, NN1
INPUT #1, K1
INPUT #1, Z9
INPUT #1, BRIO
INPUT #1, K2
INPUT #1, K3
INPUT #1, NN2
INPUT #1, U2
INPUT #1, NN3
INPUT #1, K4
CLOSE #1

CLS : PRINT "HIDRÁULICA DEL RÍO": PRINT : PRINT
PRINT "ELEVACIÓN MÁXIMA A ANALIZAR CON RESPECTO AL N.M.M.": NMM
PRINT "ELEVACIÓN DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN CON RESPECTO
AL N.M.M.": Z3
PRINT "PENDIENTE = ": SO: PRINT
INPUT "OPRIMA ENTER PARA CONTINUAR": JLRB
CLS : PRINT "SECCIÓN A": PRINT : PRINT
PRINT "LONGITUD DE LA SECCIÓN =": U1
PRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCIÓN = ": NN1
PRINT "TALUD = ": K1
PRINT : PRINT : PRINT "SECCIÓN DEL RÍO": PRINT : PRINT
PRINT "ELEVACIÓN DEL FONDO DEL RÍO =": Z9
PRINT "ANCHO (B) DEL RÍO =": BRIO
PRINT "TALUD A DEL RÍO =": K2
PRINT "TALUD B DEL RÍO =": K3
PRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DEL RÍO =": NN2
PRINT : PRINT : INPUT "OPRIMA ENTER PARA CONTINUAR": JLRB
CLS : PRINT : PRINT "SECCIÓN B ": PRINT : PRINT
PRINT "LONGITUD DE LA SECCIÓN =": U2
PRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCION = ": NN3
PRINT "TALUD = ": K4
PRINT : PRINT : DO WHILE INKEY$ = "", LOOP
REM PRIVATE JOSÉ LUIS REYES BLANCO
CLS
PRINT ",,," PROGRAMAMA PARA CALCULAR LA CURVA TIRANTE VS GASTO"
PRINT:PRINT:PRINT
PRINT TIMES
PRINT : PRINT ",,,"
PRINT : PRINT : PRINT
HOLA:
PRINT : INPUT " DESEA CREAR UN ARCHIVO DE DATOS ( S/N ) = ": X$
IF X$ = "S" OR W$ = "S" THEN GOTO CREAR
GOTO CALCULAR

CREAR:
CLS
PRINT "CARACTERÍSTICAS DEL RÍO": PRINT : PRINT
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS A CREAR = ", A$
OPEN A$ FOR OUTPUT AS #1
CLS
PRINT "CARACTERÍSTICAS DEL RÍO" PRINT

```

```

PRINT "HIDRÁULICA DEL RÍO": PRINT PRINT
REM INPUT "ELEVACIÓN MÁXIMA A ANALIZAR CON RESPECTO AL N.M.M.":
NNMM
REM INPUT "ELEVACIÓN DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN CON RESPECTO
REM AL N.M.M.": Z3
INPUT "PENDIENTE = ", SO: PRINT
PRINT "SECCIÓN A"
INPUT "LONGITUD DE LA SECCIÓN =": U1
INPUT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCIÓN = ", NN1
PRINT "TALUD = ", K1
PRINT : PRINT "SECCIÓN DEL RÍO": PRINT : PRINT
INPUT "ELEVACIÓN DEL FONDO DEL RÍO CON RESPECTO AL N.M.M. =": Z9
INPUT "ANCHO (B) DEL RÍO =": BRIO
INPUT "TALUD A DEL RÍO =": K2
INPUT "TALUD B DEL RÍO =": K3
INPUT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DEL RÍO = ", NN2
PRINT : PRINT "SECCIÓN B ": PRINT : PRINT
INPUT "LONGITUD DE LA SECCIÓN =": U2
INPUT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCIÓN = ", NN3
INPUT "TALUD = ": K4
PRINT : PRINT
PRINT #1, SO
PRINT #1, U1
PRINT #1, NN1
PRINT #1, K1
PRINT #1, Z9
PRINT #1, BRIO
PRINT #1, K2
PRINT #1, K3
PRINT #1, NN2
PRINT #1, U2
PRINT #1, NN3
PRINT #1, K4
CLOSE #1
PRINT TIMES
PRINT INPUT " DESEA CORREGIR ALGÚN DATO ( S / N ) = ", X$
IF X$ = "S" OR W$ = "S" THEN GOTO CREAT
GOTO CALCULAR
CLS
PRINT : INPUT " DESEA SALIR ( S / N ) = ", X$
IF X$ = "S" OR W$ = "S" THEN GOTO SALIDA
GOTO CALCULAR

```

```

CLS
REM ESTE PROGRAMA CALCULA, A PARTIR DE UNA SECCIÓN HIDRÁULICA
REM COMPUESTA
REM DADA, LA CURVA TIRANTE VS GASTO A CADA 20 CM
REM LEE LOS DATOS DE UN ARCHIVO YA CREADO
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS DE CARACTERÍSTICAS DEL RÍO = ": AS
REM AS = "C:\jrb\dap\panuco.BAS"
OPEN AS FOR INPUT AS #1
INPUT #1, SO
INPUT #1, U1
INPUT #1, NN1
INPUT #1, K1
INPUT #1, Z9
INPUT #1, BRIO
INPUT #1, K2
INPUT #1, K3
INPUT #1, NN2
INPUT #1, U2
INPUT #1, NN3
INPUT #1, K4
CLOSE #1

REVISAR:

REM SE REVISAN LOS DATOS LEÍDOS
CLS : PRINT "DATOS CON LOS QUE SE VA A CALCULAR": PRINT : PRINT
INPUT "ELEVACIÓN MÁXIMA A ANALIZAR CON RESPECTO AL N.M.M.": NNMM
INPUT "ELEVACIÓN DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN CON RESPECTO
AL N.M.M.": Z3
PRINT "PENDIENTE = ", SO: PRINT
INPUT "OPRIMA ENTER PARA CONTINUAR": JLRB
CLS : PRINT "SECCIÓN A": PRINT : PRINT
PRINT "LONGITUD DE LA SECCIÓN =": U1
PRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCIÓN = ", NN1
PRINT "TALUD = ", K1
PRINT : PRINT "SECCIÓN DEL RÍO": PRINT : PRINT
PRINT "ELEVACIÓN DEL FONDO DEL RÍO = ", Z9
PRINT "ANCHO (B) DEL RÍO =": BRIO
PRINT "TALUD A DEL RÍO =": K2 : PRINT "TALUD B DEL RÍO =": K3
PRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DEL RÍO = ", NN2
PRINT : PRINT "OPRIMA ENTER PARA CONTINUAR": JLRB
CLS : PRINT "SECCIÓN B ": PRINT : PRINT
PRINT "LONGITUD DE LA SECCION =": U2
PRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCIÓN = ", NN3

```

CALCULAR

```

PRINT "TALUD = ", K4
PRINT : PRINT
DO WHILE INKEY$ = "" : LOOP
PRINT TIMES
PRINT : INPUT " DESEA CORREGIR ALGÚN DATO ( S / N ) = ", X3
IF X3 = "S" OR W3 = "S" THEN GOTO CREAR
CLS
GOTO EMPEZAR

EMPEZAR:
REM EMPIEZA EL CALCULO HIDRAULICO
REM CARACTERÍSTICAS DEL RÍO
T2 = Z3 - Z9
SO = SO ^ ( 1 / 2 )
ARIO = ( BRIO * T2 ) + ( .5 * ( K2 + K3 ) * ( T2 ^ 2 ) )

REM CALCULO DE LA SECCIÓN CENTRAL ARRIBA DEL CAUCE PRINCIPAL
LADO1 = K2 * T2
LADO2 = K3 * T2
PLATAFORMA = BRIO + LADO1 + LADO2
REM FIN DEL CALCULO DE LA BASE
PRIO = BRIO + (((SOR((K2 ^ 2) + 1)) + (SOR((K3 ^ 2) + 1))) * T2)

REM HIDRÁULICA DE LAS SECCIONES
DIM ADER(100), AIZQ(100), PDER(100), PIZQ(100), NEQU(100), PER(100)
DIM GASTO(100), RHDER(100), RHIZQ(100), ELEV(100), Y(100)
REM NUEVO=TRANTE TOTAL DE LAS SECCIONES, NMM=ULTIMA ELEVACION
REM Z3=ELV. CASA MAS BAJA
I = 0 : WN = 0 : IT = 0
IT = NMM - Z3
WN = -2
FOR WN = 0 TO IT STEP 2
  I = I + 1 : TU = I
  Y(I) = WN
  AIZQ(I) = (U1 * Y(I)) + (5 * K1 * Y(I) * Y(I))
  ADER(I) = (U2 * Y(I)) + (5 * K4 * Y(I) * Y(I))
  PIZQ(I) = (U1 + (SOR((K1 * K1) + 1)) * Y(I))
  PDER(I) = (U2 + (SOR((K4 * K4) + 1)) * Y(I))
  PER(I) = PIZQ(I) + PDER(I) + PRIO
  RHIZQ(I) = (AIZQ(I) / PIZQ(I)) ^ (2 / 3)
  RHDER(I) = (ADER(I) / PDER(I)) ^ (2 / 3)
REM SE PONDERAN LOS COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING
REM EMPLEANDO EL CRITERIO DE HORTON-EINSTEIN

```

```

NEQU(I) = (((PIZQ(I) * (NN1 ^ (1.5))) + (PDER(I) * (NN3 ^ (1.5)))) +
(PRIO * (NN2 ^ (1.5)))) / PER(I) ^ (2 / 3)
IF Y(I) = 0 THEN NEQU(I) = NN2
Q1 = AIZQ(I) * RHIZQ(I) * SO / NEQU(I)

REM AUMENTO DEL TIRANTE DE LA PLATAFORMA
VOLUMEN = PLATAFORMA * Y(I)
AREACENTRAL = ARIO + VOLUMEN
REM TERMINO DEL AUMENTO
DIM RHRIQ(100)
RHRIQ = (AREACENTRAL / PRIO) ^ (2 / 3)
Q2 = AREACENTRAL * RHRIQ * SO / NEQU(I)
Q3 = ADER(I) * RHDER(I) * SO / NEQU(I)
GASTO(I) = Q1 + Q2 + Q3
ELEV(I) = Z3 + Y(I)

REM RUTINA PARA CALCULAR LA VELOCIDAD DEL FLUJO
DIM AT(100), VEL(500)
AT(I) = AIZQ(I) + ADER(I) + AREACENTRAL
VEL(I) = GASTO(I) / AT(I)
REM FIN DE LA RUTINA PARA CALCULAR LA VELOCIDAD DEL FLUJO
NEXT WN

REM CICLO DE IMPRESIÓN DE RESULTADOS POR PANTALLA
PRINT " RELACIÓN DE GASTOS"
PRINT
PRINT " CURVA TIRANTE VS GASTO"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT " ELEVACIÓN GASTOS VELOCIDAD AREA"
PRINT " (MSNM) (M3/S) (M/S) (M2)"
PRINT : PRINT
FOR I = 1 TO TU
  PRINT USING " ###,###,### " ; ELEV(I); GASTO(I); VEL(I); AT(I)
NEXT I
PRINT : PRINT
PRINT : INPUT " IMPRESIÓN DE RESULTADOS ( S / N ) = ", W3
IF W3 = "S" OR W3 = "S" THEN GOTO IMPRESION
GOTO ITERAR

REM CICLO DE IMPRESIÓN DE RESULTADOS EN IMPRESORA
IMPRESION:
CLS

```

```

LPRINT " RELACION DE GASTOS"
LPRINT : LPRINT
LPRINT " CURVA TIRANTE VS GASTO "
LPRINT
LPRINT " CARACTERISTICAS DE LA SECCION "
LPRINT
LPRINT "ELEVACION MÁXIMA A ANALIZAR CON RESPECTO AL N.M.M."; NMM
LPRINT "ELEVACION DE LA LLANURA DE INUNDACION CON RESPECTO AL
N.M.M."; Z3
LPRINT " PENDIENTE = "; SO: LPRINT
LPRINT
LPRINT "SECCION A"; LPRINT
LPRINT "LONGITUD DE LA SECCION ="; U1
LPRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCION = "; NN1
LPRINT "TALUD = "; K1
LPRINT : LPRINT "SECCION DEL RÍO": LPRINT
LPRINT "ELEVACION DEL FONDO DEL RÍO ="; Z9
LPRINT "ANCHO (B) DEL RÍO ="; BRJO
LPRINT "TALUD A DEL RÍO ="; K2
LPRINT "TALUD B DEL RÍO ="; K3
LPRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DEL RÍO = "; NN2
LPRINT
LPRINT "SECCION B "; LPRINT
LPRINT "LONGITUD DE LA SECCION ="; U2
LPRINT "COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA SECCION = "; NN3
LPRINT "TALUD = "; K4
LPRINT : LPRINT
LPRINT : LPRINT
LPRINT " ELEVACION          VELOCIDAD          AREA"
LPRINT " (M3/S)          (M/S)          (M2)"
LPRINT : LPRINT
FOR I = 1 TO TU
LPRINT USING " ###,###,### " , ELEV(I), GASTO(I), VEL(I), AT(I)
NEXT I
REM FIN DE LA IMPRESION

ITERAR
CLS
PRINT TIMES$
PRINT
PRINT " INPUT " DESEA SALIR ( S / N ) = " , X$
IF X$ = "S" OR W$ = "S" THEN GOTO SALIDA

GOTO HOLA

SALIDA:
REM GUARDA LOS RESULTADOS A UN ARCHIVO
PRINT
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS A GUARDAR (
ELEV VS GASTOS)= " , AS
OPEN AS FOR OUTPUT AS #1
PRINT #1, TU
FOR I = 1 TO TU
PRINT #1, ELEV(I)
PRINT #1, GASTO(I)
NEXT I
CLOSE #1
REM PRIVATE JOSÉ LUIS REYES BLANCO
REM SALIDA ALFARO RENTARÍA MARÍA DE LOURDES
REM
REM ***** REALIZA CURVA GASTO VS DAÑO *****
DIM GA(1000), DAS(1000)
FOR I = 1 TO TU
GA(I) = GASTO(I)
DAS(I) = RTOTAL(I)
NEXT I
PRINT "CURVA GASTO VS DAÑO"
PRINT : PRINT
PRINT " ELEVACION          GASTO          DAÑO"
PRINT : PRINT
FOR I = 1 TO TU
PRINT USING " ###,###,###,### " , ELEV(I), GA(I), DAS(I)
NEXT I

REM IMPRESIÓN
PRINT "INPUT " IMPRESIÓN DE RESULTADOS ( S / N ) = " , W$
IF W$ = "S" OR W$ = "S" THEN GOTO IMPRESION2
GOTO SALIDA2

IMPRESION2:
LPRINT "CURVA GASTO VS DAÑO"
LPRINT : LPRINT
LPRINT " ELEVACION          GASTO          DAÑO"
LPRINT : LPRINT
FOR I = 1 TO TU
LPRINT USING " ###,###,###,### " , ELEV(I), GA(I), DAS(I)

```



```

NEXT I
LPRINT
REM FIN DE LA IMPRESIÓN

SALIDA2:
PRINT
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS A GUARDAR ( GASTO VS DAÑO) = ", AS
GASTO VS DAÑO) = ", AS
PRINT #1, TU
REM TOMA DE DATOS
FOR I = 1 TO TU
PRINT #1, ELEV(I)
PRINT #1, GA(I)
PRINT #1, DAS(I)
NEXT I
CLOSE #1
REM PRIVATE JOSÉ LUIS REYES BLANCO
END SUB

SUB OP4 :
CLS
SCREEN 2, 0
LOCATE 6, 20: PRINT "CÁLCULO DE LA PÉRDIDA ANUAL POR INUNDACIÓN"
LOCATE 8, 14: PRINT "PROGRAMA PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS"
LOCATE 10, 18: PRINT " DE UNA MUESTRA DE DATOS "
LOCATE 14, 22: PRINT " -DISTRIBUCIÓN GUMBEL - - V.E TIPO I"
LOCATE 22, 20: PRINT "Regionalización para el cálculo de la PAI "
LOCATE 23, 20: PRINT "empleando el método de la Avenida Indíce"
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
SCREEN 0
COLOR 15, 0
CLS
E = 2.718281828#
DIM O(1000), OTRO(1000)
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DEL REGISTRO HIDROLÓGICO DEL RÍO = ", AS
OPEN AS FOR INPUT AS #1
INPUT #1, N

REM TOMA DE DATOS
FOR I = 1 TO N
INPUT #1, O(I)

REM ESTADÍSTICOS
CLS : REM TOMA DE DATOS
COLOR 15, 1
LOCATE 5, 26: PRINT " - CALCULANDO PARÁMETROS - "
COLOR 14, 1
LOCATE 7, 15: PRINT " - POR EL MÉTODO DE MOMENTOS - "
COLOR 30, 1: LOCATE 23, 55: PRINT " Espera... ".COLOR 15, 1

NEXT I
CLOSE #1
REM*****
FOR I = 1 TO N
OTRO(I) = O(I)
NEXT I
ULTIMO1 = N
REM*****
PRINT
INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS (GASTO VS DAÑO) = ", AS
OPEN AS FOR INPUT AS #1
INPUT #1, TU
DIM ELEV(1000), GA(1000), DAS(1000)

REM TOMA DE DATOS
FOR I = 1 TO TU
INPUT #1, ELEV(I)
INPUT #1, GA(I)
INPUT #1, DAS(I)
NEXT I
CLOSE #1
CLS = 0
REM*****
ULTIMO2 = ULTIMO1 + 1: ULTIMO3 = ULTIMO1 + TU
FOR I = ULTIMO2 TO ULTIMO3
JL = JL + 1
OTRO(I) = GA(JL)
NEXT I
N = ULTIMO3
FOR I = 1 TO N
O(I) = OTRO(I)
NEXT I
REM*****
DIM SA(N), SAA(N), SAAA(N), SAAAA(N), T(N)
DIM D(N), A(N), AA(N), AAA(N), AAAA(N)
DIM Y(N), YPE(N), EY(N), MUX(300), ALFAFX(300), P(300)
DIM R(300), DMU(300), DA(300), ALFA(300), X(N)

REM ESTADÍSTICOS
CLS : REM TOMA DE DATOS
COLOR 15, 1
LOCATE 5, 26: PRINT " - CALCULANDO PARÁMETROS - "
COLOR 14, 1
LOCATE 7, 15: PRINT " - POR EL MÉTODO DE MOMENTOS - "
COLOR 30, 1: LOCATE 23, 55: PRINT " Espera... ".COLOR 15, 1

```



```

MAXIMA:
COLOR 14, 1: LOCATE 9, 18: PRINT " - CALCULANDO POR MÁXIMA
VEROSIMILITUD - ";
COLOR 15, 1
COLOR 30, 1
LOCATE 23, 55: PRINT " E s p e r e . . . . .": COLOR 15, 1
MUX(J) = MU
ALFAX(J) = ALFA
FOR J = 1 TO 200
LOCATE 13, 27: PRINT " No. de iteraciones .. ", J
SY = 0
SEY = 0
SYPE = 0
FOR I = 1 TO N
Y(I) = (O(I) - MUX(I)) / ALFAX(I)
SY = Y(I) + SY
EY(I) = E ^ (-Y(I))
SEY = EY(I) + SEY
YPE(I) = Y(I) * EY(I)
SYPE = YPE(I) + SYPE
NEXT I
P(J) = (N) - SEY
R(J) = N - (SY) + SYPE
IF (P(J) / ALFAX(J)) <= 1E-08 AND (-R(J) / ALFAX(J)) <= 1E-08 THEN 600
DMU(J) = ((1.11 * P(J)) - (.26 * R(J))) * (ALFAX(J) / N)
DA(J) = ((.26 * P(J)) - (.61 * R(J))) * (ALFAX(J) / N)
MUX(J + 1) = MUX(J) + DMU(J)
ALFAX(J + 1) = ALFAX(J) + DA(J)
IF J = 199 THEN 224
NEXT J
600 RETURN
224
LOCATE 23, 40: PRINT " NO CONVERGE A NINGUNA SOLUCIÓN "
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
GOTO 2
230 CLS
REM LIMPIANDO VARIABLES
FOR I = 1 TO N
A(I) = 0
AA(I) = 0
NEXT I
REM *****
EMO = 0
EVERO = 0
DIM TR(N), QMO(1000), QVERO(N), ERRMO(N), ERRVERO(N)
DIM PROBA1(TU), PROBA2(TU), MOMENTOS(TU), VERO(TU), RETORNO1(TU)
DIM RETORNO2(TU), TRR(N), TRR(N), PROBABILIDAD(TU)
REM ORDENA DE MAYOR A MENOR
I = 1
132 O(I) = O(I)
I = I + 1
IF I > N THEN 136
GOTO 132
136 I = 1
1381 J = I + 1
1391 IF O(I) > O(J) THEN 1431
B = O(I)
O(I) = O(J)
O(J) = B
1431 J = J + 1
IF J > N THEN 1461
GOTO 1391
1461 I = I + 1
IF I = N THEN 1501
GOTO 1381
1501
CLS
PRINT " VALOR AJUSTADO "
PRINT " ORDEN TR DATO MOMENTOS MAX. VER. "
PRINT
FOR I = 1 TO N
TRR(I) = (N + 1) / I
TR(I) = 1 - (1 / (TRR(I)))
QMO(I) = MU - ALFA * (LOG(-LOG(TR(I))))
QVERO(I) = MUX - ALFAX * (LOG(-LOG(TR(I))))
ERRMO(I) = ((QMO(I) - O(I)) ^ 2)
ERRVERO(I) = ((QVERO(I) - O(I)) ^ 2)
EMO = EMO + ERRMO(I)
EVERO = EVERO + ERRVERO(I)
PRINT USING "###", I, PRINT USING " ###,###,## ", TRR(I); PRINT USING
" ###,###,## ", O(I); QMO(I); QVERO(I)
NEXT I
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
REM IMPRESIÓN

```

```

PRINT : INPUT " IMPRESIÓN DE RESULTADOS ( S / N ) = ", WS
IF WS = "S" OR WS = "s" THEN GOTO IMPRESO
GOTO SALIR
IMPRESO:
CLS
LPRINT "
LPRINT " VALOR AJUSTADO "
LPRINT " ORDEN TR DATO MOMENTOS MAX. VER. "
LPRINT
FOR I = 1 TO N
LPRINT USING "###", I, LPRINT USING "###,###,## ", TRR(I); LPRINT USING
" ###,###,## ", Q(I); QMO(I); QVERO(I)
NEXT I
LPRINT
LPRINT
REM FIN DE LA IMPRESIÓN
SALIR:
PRINT
ERMO = EMO / (N - 2)
ERVERO = EVERO / (N - 2)
PRINT "ERRORES DE AJUSTES "
PRINT
PRINT
PRINT "MOMENTOS=", ERMO, "
PRINT "MÁXIMA VEROSIMILITUD=", ERVERO, "
PRINT "OPC=", OPC
IF OPC = 1 THEN RB = 2 ELSE RB = 1
REM IF ERMO > ERVERO THEN RB = 1 ELSE RB = 2
SELECT CASE RB
CASE 1
CLS
AS = "MÁXIMA VEROSIMILITUD"
PRINT "PARAMETROS CALCULADOS POR EL MÉTODO DE ", AS
PRINT " ORDEN GASTO PROBABILIDAD TR DAÑOS"
PRINT ""
FOR I = 1 TO TU
VERO(I) = E ^ (-E ^ ((GA(I) - MUX) / ALFA))
PROBA2(I) = 1 - VERO(I)
RETORNO2(I) = 1 / PROBA2(I)
NEXT I
REM EVENTOS DE DISEÑO POR MOMENTOS
PRINT USING "###", I, LPRINT USING " ###,###,## ", GA(I), LPRINT USING " ###,###,## ",
PROBA1(I), LPRINT USING " ###,###,## ", RETORNO1(I); LPRINT USING "
###,###,###,### ", DAS(I)
PROBABILIDAD(I) = PROBA2(I)
NEXT I
REM IMPRESIÓN
PRINT : INPUT " IMPRESIÓN DE RESULTADOS ( S / N ) = ", WS
IF WS = "S" OR WS = "s" THEN GOTO IMPRESIO2
GOTO SALID2
IMPRESIO2:
CLS
AS = "MÁXIMA VEROSIMILITUD"
LPRINT "PARAMETROS CALCULADOS POR EL MÉTODO DE ", AS
LPRINT
LPRINT " ORDEN GASTO PROBABILIDAD TR DAÑOS"
LPRINT ""
FOR I = 1 TO TU
LPRINT USING "###", I, LPRINT USING " ###,###,## ", GA(I); LPRINT USING
" ###,###,## ", PROBA2(I); LPRINT USING " ###,###,## ", RETORNO2(I); LPRINT
USING " ###,###,###,### ", DAS(I)
NEXT I
LPRINT : LPRINT
SALID2:
CASE 2
CLS
AS = "MOMENTOS"
PRINT "PARAMETROS CALCULADOS POR EL MÉTODO DE ", AS
PRINT
PRINT " ORDEN GASTO PROBABILIDAD TR DAÑOS"
PRINT ""
FOR I = 1 TO TU
MOMENTOS(I) = E ^ (-E ^ ((GA(I) - MU) / ALFA))
PROBA1(I) = 1 - MOMENTOS(I)
RETORNO1(I) = 1 / PROBA1(I)
NEXT I
REM EVENTOS DE DISEÑO POR MOMENTOS
PRINT USING "###", I, LPRINT USING " ###,###,## ", GA(I), LPRINT USING " ###,###,## ",
PROBA1(I), LPRINT USING " ###,###,## ", RETORNO1(I); LPRINT USING "
###,###,###,### ", DAS(I)
PROBABILIDAD(I) = PROBA1(I)

```

```

NEXT I
REM IMPRESION
PRINT : INPUT " IMPRESIÓN DE RESULTADOS ( S / N ) = ", WS
IF WS = "S" OR WS = "s" THEN GOTO IMPRESION3
GOTO SALIDA3

IMPRESIONES:
CLS
AS = "MOMENTOS"
LPRINT "PARAMETROS CALCULADOS POR EL MÉTODO DE ", AS
LPRINT
LPRINT " ORDEN GASTO PROBABILIDAD TR DAÑOS"
LPRINT ""
FOR I = 1 TO TU
LPRINT USING "###"; I; LPRINT USING "######"; GA(I); LPRINT USING "
######"; PROBA(I); LPRINT USING "######"; RETORNO(I); LPRINT
USING "######"; DAS(I)
NEXT I
LPRINT : LPRINT
SALIDA3:

CASE ELSE
PRINT "ERROR"
GOTO 2
END SELECT
PRINT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS A GUARDAR
", K$
INPUT "
", K$
OPEN K$ FOR OUTPUT AS #1
PRINT #1, AS
PRINT #1, TU

REM TOMA DE DATOS
FOR I = 1 TO TU
PRINT #1, DAS(I)
PRINT #1, PROBABILIDAD(I)
NEXT I
CLOSE #1
END SUB

SUB OPS :
CLS
SCREEN 2, 0
LOCATE 6, 20: PRINT "CÁLCULO DE LA PÉRDIDA ANUAL POR INTUNDACIÓN"
LOCATE 8, 22: PRINT " P . A . I ."
LOCATE 10, 28: PRINT ""
LOCATE 14, 22: PRINT " Cálculo de la P. A. I. "
LOCATE 22, 20: PRINT "Regionalización para el cálculo de la PAI "
LOCATE 23, 20: PRINT "empleando el método de la Avenida Índice"
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
SCREEN 0
COLOR 15, 0: CLS : INPUT " NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS
DE EL ANALISIS DE FRECUENCIA = "; K$
OPEN K$ FOR INPUT AS #1
INPUT #1, AS
INPUT #1, TU
DIM DAS(TU), PROBABILIDAD(TU), D(TU), PE(TU)
REM TOMA DE DATOS
FOR J = 1 TO TU
INPUT #1, DAS(I)
INPUT #1, PROBABILIDAD(I)
NEXT I
CLOSE #1
N = TU
FOR J = 1 TO N
D(I) = DAS(I)
PE(I) = PROBABILIDAD(I)
NEXT I

REM EMPIEZA EL CÁLCULO
DIM H(100)
I = 0: J = 0
I = I + 1
J = I + 1
H(I) = D(J) - D(I)
IF J = N THEN I20 ELSE 70
I20 I = 0: J = 0 S = 0 DI = 0
I60 I = I + 1
I = I + 1
DI = H(I) * (PE(I) + PE(J))
S = S + DI

```

```

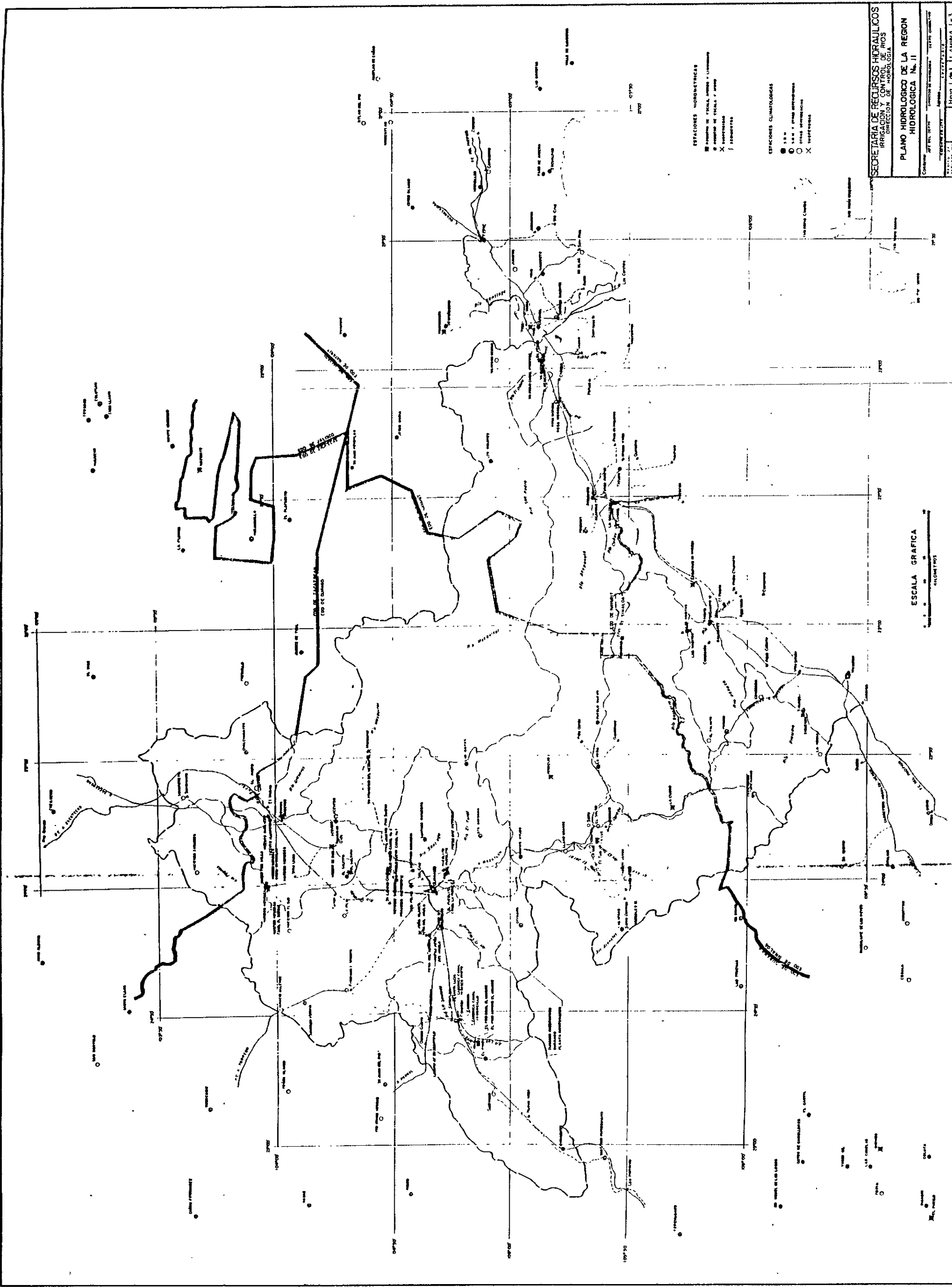
190 IF J = N THEN 190 ELSE 160
CLS
DI = S * 5
PRINT "*****"
PRINT "          DAÑOS          FRECUENCIA DE EXCESOS"
PRINT "          "          "A$"
PRINT "*****"
PRINT : PRINT
FOR I = 1 TO N
PRINT USING "    ###,###,###,###,###    "; D(I); PE(I)
NEXT I
PRINT
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
CLS
PRINT : PRINT
PRINT "-----"
PRINT "          PÉRDIDA ANUAL POR INUNDACIÓN"
PRINT "-----"
PRINT : PRINT
PRINT USING "    ###,###,###,###,###    "; DI
PRINT : PRINT : PRINT
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
END SUB
SUB OP6
SCREEN 2,0
LOCATE 6,26: PRINT " GRACIAS POR USAR EL PROGRAMA "
LOCATE 8,33: PRINT " DAPLEXE"
LOCATE 13,20: PRINT "Regionalización para el cálculo de la PAJ "
LOCATE 15,20: PRINT "empleando el método de la Aventura Índice"
LOCATE 18,30: PRINT "JOSÉ LUIS REYES BLANCO"
LOCATE 22,35: PRINT "U.N.A.M. CAMPUS ACATLÁN"
DO WHILE INKEY$ = "": LOOP
SCREEN 0
END
END SUB

```









ESTACIONES NIVOMETRICAS  
 ● punto de toma de agua y limpiador  
 ○ punto de toma y limpiador  
 X estación de control  
 I estación

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS  
 ● estación  
 ○ estación de grupo  
 ○ estación de control  
 X estación

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS  
 IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS  
 DIRECCION DE HIDROLOGIA  
 PLANO HIDROLOGICO DE LA REGION  
 Hoja 1 de 1 LAMINA 1-3

ESCALA GRAFICA  
 1:50,000