

2
2eje.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN**

**“REVISION DE GASTOS PARA LA OBRA DE
PROTECCION DEL RIO ATOYAC”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

MIGUEL ANGEL ALVAREZ ZAUCO



MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**A MIS PADRES
CON CARÍÑO**

**ING. JORGE E. ATHALA MOLANO
QUIEN ASESORO ESTE TRABAJO**

**A LOS INTEGRANTES DEL DEPARTAMENTO
DE LA JEFATURA DE PROYECTO DE USO
EFICIENTE EN LA C.N.A.**

**A TODAS LAS PERSONAS QUE
ME BRINDARON SU APOYO**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

P.I.C.- 155/94

MIGUEL ANGEL ALVAREZ ZADCO
ALUMNO DE LA CARRERA DE
INGENIERIA CIVIL.
P R E S E N T E .

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 28 de junio de 1993, me -
complace notificarle que esta Jefatura del Programa de Ingeniería tuvo a
bien asignarle el siguiente tema de tesis: "REVISION DE GASTOS PARA LA -
OBRA DE PROTECCION DEL RIO ATOYAC", el cual se desarrolla como sigue:

INTRODUCCION.

- I.- CARACTERISTICAS DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO ATOYAC.
- II.- ANTECEDENTES HIDROLOGICOS.
- III.- ANALISIS HIDROLOGICO DEL RIO.
- ANEXO.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFIA.

Así mismo fue designado como asesor de tesis ING. JORGE E. ATHALA MOLANO.

Pido a usted tomar nota que 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 exámen profesional --
así como en la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares
en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares -
de la tesis, el título de trabajo realizado, esta comunicación deberá --
imprimirse en el interior de la tesis.

Sin más por el momento, aprovecho la oportunidad de enviarle un cordial
saludo.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPERITU"
ACATLAN, EDO. DE MEX., A 26 DE JUNIO DE 1994

ING. CARLOS ROSALES AGUILAR
JEFE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL



ENEP-ACATLAN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

**Título: Revisión de gastos para la obra de protección
del Río Atoyac, Puebla.**

CONTENIDO

| | Pág |
|--|-----|
| - Introducción. | |
| Planteamiento del problema. | |
| I. Características de la cuenca hidrográfica del Río Atoyac | |
| I.1. Metodología de análisis | 1 |
| I.2. Información general. | 2 |
| I.3. Información cartográfica. | 5 |
| I.4. Delimitación de la cuenca. | 9 |
| I.4.1. Pendiente media de la cuenca. | 9 |
| I.4.2. Pendiente del cauce. | 12 |
| II. Antecedentes hidrológicos. | |
| II.1. Conceptos generales. | 17 |
| II.1.1. Ciclo hidrológico. | 17 |
| II.2. Precipitación. | 19 |
| II.2.1. Tipos de precipitación. | 19 |
| II.2.2. Aparatos de medición. | 23 |
| II.2.3. Análisis de tormentas. | 30 |
| II.3. Escurrimiento. | 31 |
| II.3.1. Análisis de hidrogramas. | 33 |
| II.4. Relación entre escurrimiento y precipitación. | 35 |

III. Análisis hidrológico del río.

| | |
|---|----|
| III.1. Justificación de los métodos empleados. | 37 |
| III.2. Métodos Estadísticos o Probabilísticos. | 38 |
| III.2.1. Método de Gumbel y Gumbel 1. | 40 |
| III.2.2. Método de Nash. | 42 |
| III.2.3. Método de Lebediev. | 44 |
| III.2.4. Método de Log-Pearson Tipo III y Pearson Tipo III. | 45 |
| III.2.5. Método de Mínimos Cuadrados. | 47 |
| III.2.5.1. Ajuste de curvas. | 49 |
| III.3. Obtención de curvas Gasto-Período de Retorno (Q-T) y Precipitación-Período de Retorno | 49 |
| III.4. Método de Correlación Hidrológica de Cuencas. | 51 |
| III.5. Métodos Basados en la Relación Lluvia - Escurrimiento. | 52 |
| III.5.1. Hidrograma Unitario Triangular. | 52 |
| III.5.1.1. Obtención de hidrogramas. | 56 |
| III.6. Análisis general de resultados | 60 |
| III.7. Aplicación de los resultados en una sección transversal del río. | 60 |
| - Cuadros y Gráficas. | 62 |
| - Tablas y Figuras. | 92 |

- Anexo.

- Conclusiones y Recomendaciones.

- Bibliografía.

INTRODUCCION

La finalidad de este trabajo es realizar un análisis de los gastos de diseño para la obra de protección y encauzamiento en la cuenca del Río Atoyac en el estado de Puebla.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática que tenía el Río Atoyac en un tramo aproximado de 3.5 km (aguas abajo del poblado de San Juan Molino), era que periódicamente se habían presentado desbordamientos en época de avenidas. Las fallas se habían presentado generalmente en el bordo de la margen derecha ya que los terrenos de la margen izquierda se encontraban a una mayor elevación que los de ésta.

La presencia de troncos y ramas a lo largo del cauce, colocadas a manera de represas dió origen a turbulencias, lo que motivó a que se desbordara el río por la margen derecha.

En una sección del río existe el puente Santa Agueda, para vehículos, que presenta una pila intermedia y claro total de aproximadamente de 15 m. La presencia de la pila intermedia propició el taponamiento del cauce en este sitio, al quedarse detenidos troncos y ramas de árboles.

En general el cauce presentaba indicios de inestabilidad hidráulica, manifestada por las socavaciones observadas al pie de los taludes interiores de los bordos.

A raíz de dos fallas en los bordos suscitadas en 1976 la Residencia de Aprovechamientos Hidráulicos y Control de Ríos procedió a la tala de árboles de la margen derecha, principalmente los que se encontraban sobre el talud interior y sobre la corona del bordo. Así mismo se emparejó el perfil del bordo o rasante de la corona, colocando material sobre la corona del mismo, previo despalme y protegiendo mediante gaviones los sitios en donde las secciones se consideraron críticas (fallas de talud por socavación al pie). Todas estas actividades se hicieron en tanto se realizaba el proyecto definitivo.

La utilidad de esta obra de protección se reflejó en los siguientes aspectos: se evitaron las inundaciones de 3,000 ha. de cultivo (1,500 ha. de temporal y 1,500 ha. de riego), los daños a la autopista México-Puebla, las filtraciones en los bordos perimetrales de las industrias HYLISA y VOLKS WAGEN; así como las ropturas del bordo en la margen derecha que con cierta periodicidad producían las avenidas en una longitud de 3.5 km.

Por otra parte permitió el riego de 1,500 ha. que se realizaba en forma deficiente, mediante la construcción de barrages y cortes del bordo a cada 200 m aproximadamente; así como el tránsito normal de vehículos en las zonas que se inundaban en épocas de avenidas.

En lo que respecta al desarrollo de este análisis, la capitulación se ha hecho de manera que en la primera parte se dé la información general de la cuenca, así como la información cartográfica de la misma. De esta forma se clasificará a la cuenca en cuanto a tamaño, pendiente media de la cuenca, pendiente del cauce, etc.

En el segundo capítulo se da la introducción teórica de los aspectos hidrológicos que se deben tener en cuenta, relacionandolos directamente con la cuenca del río. La finalidad es dar las bases en las que se desarrolla el análisis.

En la tercera sección se realiza el análisis hidrológico de la cuenca del Río Atoyac. Aquí se presentan los métodos de estudio y su justificación, dando como resultado el gasto de diseño que se busca.

Dentro de este capítulo se da un esquema del funcionamiento hidráulico del río en dos de sus secciones transversales, mostrando una de las utilidades que tiene el realizar un estudio de este tipo.

Dentro del desarrollo del análisis hidrológico, no se tomará en cuenta el aspecto de filtración, evaporación y transpiración, que se especifica dentro del ciclo hidrológico. Esto en virtud de que no se cuenta con suficientes estaciones que proporcionen estos tipos de datos dentro de la misma cuenca. El resultado final estará, principalmente, en función de la cantidad de precipitación. Como los gastos que se presentan son instantáneos y su duración es corta, los factores de evapotranspiración y filtración no influyen en forma muy significativa.

CAPITULO I
CARACTERISTICAS DE LA CUENCA HIDROGRAFICA
DEL RIO ATOYAC

I.1. METODOLOGIA DE ANALISIS

Al analizar los datos hidrológicos de la zona, se observó que la cuenca del Río Atoyac, no tiene estación medidora de lluvia con suficientes años de registro (estación San Jacinto) por lo que se decide analizarlo con respecto a cuencas cercanas (auxiliados con los datos de las estaciones Tlaxcala y Echeverría), y después efectuar con base a las características fisiográficas de la cuenca del Río Atoyac, una transposición de causas y efectos.

Se determinará después el área drenada que limita el parteaguas de cada corriente para las cuencas localizadas.

La determinación del gasto máximo de diseño para la cuenca de las estaciones Tlaxcala y Echeverría se realizará basándose en los métodos estadísticos de Gumbel, Log-Gumbel, Nash, Lebediev, Pearson Tipo III, Log-Pearson Tipo III y además se auxiliará con el Método de Mínimos Cuadrados para diferentes períodos de retorno. Con respecto al cálculo se utilizará un programa que contenga estos métodos de análisis.

Después de obtenidos los gastos, se graficarán para los diferentes métodos (Gumbel, Nash, Lebediev, etc.), las curvas Gasto o Precipitación de Diseño-Período de Retorno; así como los gastos registrados en la estación para observar la tendencia.

En base a la curva que más se asemeje a la gráfica de escurrimientos registrados se determinarán los gastos y precipitaciones de diseño a ocurrir en los distintos períodos de retorno.

Con los resultados obtenidos por el método seleccionado y las áreas de las cuencas en estudio, se realizará la transposición de causas y efectos utilizando la envolvente de la República Mexicana para la región del Alto Balsas. Este procedimiento es mediante el Método de Correlación Hidrológica de Cuencas.

La determinación del gasto de diseño estará también en función del período de retorno escogido para el tipo de obra de protección, en este caso ya establecido de 100 años. Sin embargo, se darán como datos complementarios los correspondientes a otros períodos de retorno (1.1, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500 y 1,000 años).

I.2. INFORMACION GENERAL

La zona en estudio forma parte de la Región Hidrológica Núm. 18 (BALSAS), colindando al norte con la Núm. 26 (RIO PANUCO) y Núm. 27 (CUENCA DEL RIO TUXPAN-NAUTLA); al oriente con la Núm. 28 (CUENCA DEL RIO PAPALOAPAN); al occidente, con la cuenca del Río Amacuzac, dentro de la misma Núm. 18 y cuenca del Medio y Bajo Balsas y al sur con la Región Hidrológica Núm. 20 (COSTA CHICA DE GUERRERO).

Comprende en forma fraccionaria los estados de Tlaxcala, Puebla, Morelos, Oaxaca y Guerrero encontrándose la mayor zona dentro del Estado de Puebla. Geográficamente la zona de la cuenca de los Ríos Atoyac y Mixteco (ALTO BALSAS) se localiza entre los paralelos $17^{\circ} 05'$ y $19^{\circ} 45'$ y los meridianos $97^{\circ} 10'$ y $99^{\circ} 30'$ de longitud oeste.

La corriente principal de esta región, parcial de la cuenca del Río Balsas que es colector general, es el Río Atoyac, que junto con sus diversos afluentes da origen al Alto Río Balsas.

El Río Atoyac es uno de los principales cauces del estado de Puebla, en su cuenca se localizan importantes asentamientos

humanos siendo los más conocidos las ciudades de Puebla, Cholula, Huejotzingo y San Martín Texmelucan (ver plano 1.1, pág. 4).

El Río Atoyac se origina a partir de la unión de los Ríos Turín y Otlati, los cuales nacen en el flanco oriental del cerro Tláloc, el que pertenece a la unidad orográfica conocida como Sierra Nevada; la confluencia antes indicada tiene lugar a la altura de la población San Antonio Chautla, Puebla. Su dirección inicial es al sureste hasta San Martín Texmelucan, Pue., en este recorrido recibe por la margen derecha al Río Atotonilco. A una distancia de 1.5 km aguas abajo de la confluencia de este río se encontraba instalada la estación hidrométrica El Carmen. Aguas abajo de dicha estación se aprovechan el flujo en el riego mediante la presa derivadora San Lucas.

Otros aportadores de importancia en esta zona son los Ríos San Lucas y Tlamalapan, que conducen deshielos del Volcán Iztaccíhuatl, desde una altitud de 4,000 m.s.n.m.; 10 km aguas abajo de esta unión estaba instalada la estación hidrométrica San Juan Molino.

Río abajo de la entidad ya señalada, corrige su rumbo al Este para penetrar al estado de Tlaxcala, donde incrementa su régimen con las aportaciones del Río Ajejela, afluente derecho; adelante describe una curva para recibir por la margen derecha a los Ríos Temixco, Neopualco y San Jerónimo; 11.4 km aguas abajo de esta última aportación, se localiza el sitio donde la S.A.R.H., a través de su Servicio Hidrométrico, opera la estación de aforos San Jacinto y 700 m aguas abajo descarga sus importantes volúmenes el Río Zahuapán por la margen derecha de éste.

A estas corrientes ya unidas se les denomina como Río Atoyac, el cual se interna nuevamente en el estado de Puebla donde escurre rumbo al Sur para recibir otro afluente derecho denominado Río Coronanco; aguas abajo escurre por la zona poniente de la ciudad de Puebla donde recibe la descarga de una serie de canales que conducen aguas negras.

Río abajo de estas aportaciones se localiza el sitio de la presa Echeverría, donde se derivan importantes volúmenes para riego por medio del canal Portezuelo. Aguas abajo, el Río

Atoyac descarga sus sobrantes a la presa de almacenamiento Manuel Avila Camacho.

La longitud del Río Atoyac, desde sus orígenes hasta el sitio de la presa, se estima aproximadamente en 90 km. Así también la lluvia media anual en su cuenca queda comprendida entre los 1,000 mm en la parte alta, y 800 mm en la zona del embalse de la presa.

Las características de las estaciones hidrométricas mencionadas antes se dan en el cuadro correspondiente (ver cuadro 1.1, pág. 6).

Otras estaciones hidrométricas que se encuentran en la cuenca de estudio y sus alrededores son las del Centenario, Panotla y Tepeyanco, de las cuales ya se dan sus características en el cuadro correspondiente.

I.3. INFORMACION CARTOGRAFICA

Para realizar el estudio hidrológico del Río Atoyac, fué necesario definir las áreas de influencia de drenaje de las corrientes, es decir el sistema hidrológico de este río (ver plano 1.2, pág 7).

Para lo anterior se utilizaron cartas topográficas en las cuales se definen las cuencas hidrológicas, el origen del río, así como los demás parámetros que determinan las principales características fisiográficas (pendiente del cauce y pendiente media de la cuenca).

La información se encontró en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). En ella se cuenta con cartas topográficas, geológicas, de uso de suelo, de uso potencial, edafológicas y de climas, a una escala de 1:50,000 a excepción de la última que es de 1:500,000. También se cuenta con fotografías aéreas a la primera escala de algunas zonas particulares del país.

Las cartas que cubren el área de estudio y que se utilizaron son:

| ESTACION | CORRIENTE | ENTIDAD | COORDENADAS | | AREA DE CUENCA KM ² | NOTAS |
|-----------------|----------------|----------|-------------|-------------|--------------------------------|------------|
| | | | LAT. NOR. | LONG. V. G. | | |
| TLAXCALA | RIO ZAHUAPAN | TLAXCALA | 19°10'15" | 98°14'30" | 1082.5 | |
| NICOTZINGO | RIO ZAHUAPAN | TLAXCALA | 19°10'00" | 98°15'00" | 1498.0 | I |
| ECHEVERRIA | RIO ATOYAC | PUEBLA | 18°38'15" | 98°17'00" | 3405.5 | |
| EL CARMEN | RIO ATOYAC | PUEBLA | 19°18'45" | 98°27'00" | 681.4 | SUSPENDIDA |
| SAN JUAN MOLINO | RIO ATOYAC | PUEBLA | 19°17'15" | 98°22'45" | 872.7 | SUSPENDIDA |
| SAN JACINTO | RIO ATOYAC | TLAXCALA | 19°00'15" | 98°14'45" | 1304.5 | II |
| EL CENTENARIO | ARROYO AJEJELA | TLAXCALA | 19°18'30" | 98°28'00" | 105.2 | SUSPENDIDA |
| PANOTLA | RIO ZAHUAPAN | TLAXCALA | 19°18'30" | 98°15'45" | 1081.5 | SUSPENDIDA |
| TEPEYANCO | Bca DE BRIONES | TLAXCALA | 19°14'30" | 98°18'45" | 70.5 | SUSPENDIDA |

I Dejó de operar el mes de marzo de 1943, reanudándose las observaciones el mes de junio de 1977.

II Estuvo suspendida del periodo comprendido entre el mes de abril de 1943 al mes de junio de 1977.



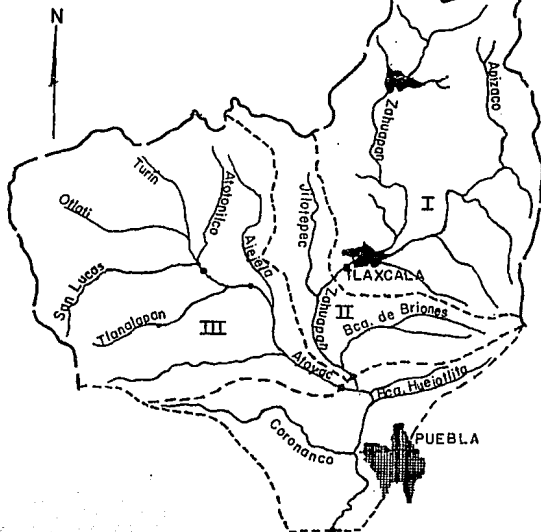
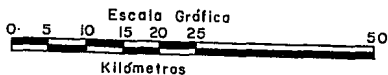
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

Estaciones Hidrométricas (características)

TESIS PROFESIONAL

CUADRO I.1



| Cuenca de la Estación | Area (km ²) |
|----------------------------|-------------------------|
| I Tlaxcala | 1,032.5 |
| II Xicotzingo | 460.5 |
| III San Jacinto Echeverría | 1,304.5 |
| | 3,465.5 |

SIMBOLOGIA

| | |
|--|----------------------------------|
| | Parteaguas de Región Hidrológica |
| | Parteaguas de Subcuenca |
| | Río o Cauca |
| | Asentamiento Humano |
| | Estación Hidrológica |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

Area de Cuencas

TESIS PROFESIONAL

PLANO 1.2

| ZONA | CLAVE |
|----------------------------------|----------|
| a. Tlaxco | E-14-B23 |
| b. Mariano Arista | E-14-B32 |
| c. Tlaxcala | E-14-B33 |
| d. Huejotzingo | E-14-B42 |
| e. Puebla | E-14-B43 |
| f. San Francisco Totimehuacan | E-14-B53 |

Otro centro de información es la Secretaría de la Defensa Nacional, la cual también cuenta con una gran cantidad de cartas topográficas en la escala de 1:500,000 y 1:100,000, las cuales abarcan la totalidad del país.

Con la ayuda de estos centros de información, se sabe que las formaciones geológicas predominantes en la región de estudio se componen principalmente de rocas volcánicas del Plioceno Superior al reciente, predominando lavas, brechas y tobas andesíticas y riolíticas.

El clima que se presenta en la parte alta de la cuenca del Río Atoyac, que comprende la mayor parte del estado de Tlaxcala y la parte central del estado de Puebla, se clasifica como templado (según el sistema Koeppen y de acuerdo a las cartas de climas publicadas por el INEGI), de temperatura media anual entre 12° C y 18° C y la del más frío entre -3° C y 18° C; es el más húmedo de los templados subhúmedos, con lluvias en verano: cociente P/T (precipitación pluvial total anual en mm sobre temperatura media anual en °C) mayor de 55. Porcentaje de lluvia invernal menos del 5% de la lluvia anual; con verano fresco largo, temperatura media del mes más caliente entre 6.5° C y 22° C; isotermal (oscilación de la temperatura media mensual menos de 5° C) y marcha de temperatura tipo Ganges (Cw2(w)big). Dentro de esta zona quedan situadas las ciudades de Puebla y Tlaxcala.

I.4. DELIMITACION DE LA CUENCA

Los principales aspectos que se tomarán en cuenta en este tema serán los correspondientes a la pendiente del cauce y la pendiente de la cuenca. Debido a que estos datos pueden tener más influencia en los resultados hidrológicos que la forma de la misma cuenca.

I.4.1. PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Para obtener este parámetro se utilizará el método de Horton.

Este método se basa en que la distribución de la pendiente del terreno puede determinarse estableciendo una cuadrícula o un conjunto de puntos localizados al azar sobre el plano de la cuenca. Después se determina la pendiente de una línea normal a los contornos de relieve en cada intersección de la cuadrícula o en cada punto al azar.

El proceso de cálculo se hace en base al plano de la figura correspondiente (ver plano 1.3, pág. 10 y cuadro 1.2, pág. 11), los valores y resultados se dan a continuación.

$$S_n = \frac{\sum N \quad D}{\sum L} = \frac{254 \quad (0.200)}{1380.199}$$

en donde:

S_n = Pendiente de la cuenca

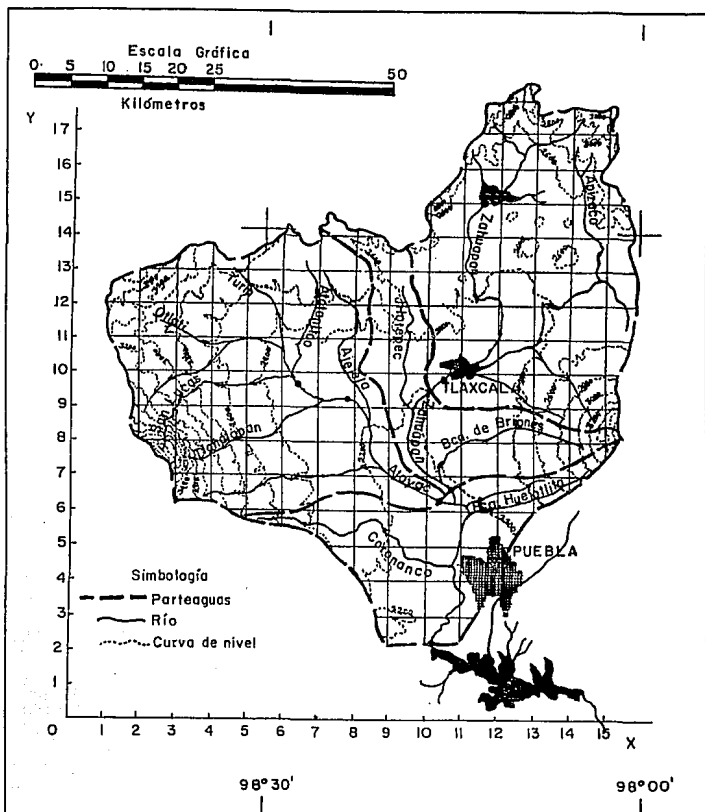
N = Número de veces que se interseca la línea de cuadrícula con curvas de nivel.

L = Longitud de línea de cuadrícula dentro de la cuenca.

D = Diferencia de elevación entre curvas de nivel

Pendiente de la cuenca:

$$S_n = 0.0368 = 3.68 \%$$



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

PENDIENTE DE LA CUENCA

TESIS PROFESIONAL

PLANO I.3

Cuadro de Calculo

| Linea | N | | L (km) | |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | N _x | N _y | L _x | L _y |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 14 | 0 | 24.413 |
| 3 | 2 | 16 | 13.575 | 35.642 |
| 4 | 1 | 12 | 18.864 | 37.318 |
| 5 | 2 | 8 | 25.140 | 38.380 |
| 6 | 5 | 3 | 42.235 | 42.291 |
| 7 | 14 | 3 | 57.542 | 45.140 |
| 8 | 22 | 4 | 65.587 | 49.665 |
| 9 | 14 | 12 | 67.318 | 57.542 |
| 10 | 7 | 6 | 68.212 | 63.966 |
| 11 | 12 | 7 | 72.458 | 70.670 |
| 12 | 17 | 6 | 73.687 | 69.659 |
| 13 | 9 | 12 | 68.101 | 59.553 |
| 14 | 5 | 8 | 39.497 | 55.754 |
| 15 | 5 | 15 | 27.654 | 48.101 |
| 16 | 3 | 0 | 19.609 | 0 |
| 17 | 7 | 0 | 18.436 | 0 |
| 18 | 3 | 0 | 4.190 | 0 |
| Σ | 128 | 126 | 682.105 | 698.094 |
| Σ | 254 | | 1380.199 | |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

Pendiente de la Cuenca. Método de Horton.

TESIS PROFESIONAL

CUADRO 1.2

I.4.2. PENDIENTE DEL CAUCE

Como la pendiente del cauce influye en la velocidad del flujo, es un importante parámetro útil para la comprensión del funcionamiento de la cuenca. La forma más fácil de obtener la pendiente del cauce es trazar, sobre el perfil del río, una línea de tal manera que las áreas que se forman arriba y abajo del perfil del cauce con la línea trazada sean iguales.

Para obtener la pendiente del Río Atoyac se utilizará el método de Taylor y Schwarz, el cual es más preciso debido a que se fundamenta en la idea de que la velocidad es proporcional a la raíz cuadrada de la pendiente en un canal uniforme idealizado de la misma longitud y distribución temporal del flujo que un canal principal. Este proceso es igual a considerar segmentos del cauce de acuerdo con la raíz cuadrada de sus pendientes, con lo que se da menor peso a las partes con mayor pendiente de la zona alta del cauce. De acuerdo con esto, si el canal estuviera dividido en "n" partes iguales, cada uno con pendiente "Si", el valor de la pendiente del cauce se expresaría de la siguiente manera:

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

en donde:

S = Pendiente media del tramo.

m = Número de segmentos iguales en el que se subdivide el tramo.

S_1, S_2, \dots, S_n = Pendiente de cada segmento calculado de la siguiente manera:

$$S_m = \frac{H}{L}$$

en donde:

S_a = Pendiente del segmento.

H = Desnivel entre los extremos del segmento.

L = Longitud horizontal del segmento.

El perfil del Río Atoyac se presenta en la figura correspondiente (ver figura 1.1, pág. 16), así como las confluencias más importantes del mismo. El proceso de cálculo y el resultado se presentan a continuación.

La pendiente de la cuenca de estudio que comprende hasta la estación San Jacinto es la siguiente:

| Tramo | Desnivel en (m) | Pendiente S_i | $\sqrt{S_i}$ | $1/\sqrt{S_i}$ |
|-------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|
| 1 | 380 | 0.0380 | 0.1949 | 5.1299 |
| 2 | 120 | 0.0120 | 0.1095 | 9.1287 |
| 3 | 70 | 0.0070 | 0.0837 | 11.9523 |
| 4 | 35 | 0.0035 | 0.0592 | 16.9031 |
| 5 | 5 | 0.0005 | 0.0224 | 44.7214 |
| 6 | 10 | 0.0010 | 0.0316 | 31.6228 |
| | | | Σ | 119.4582 |

$$S = \left[\frac{6}{119.4582} \right]^2$$

Pendiente del cauce hasta estación San Jacinto:

$$S = 0.0025 = 0.2522 \%$$

La pendiente de las dos siguientes cuencas es de suma importancia conocerla, debido a que con la ayuda de estos datos se podrán relacionar las cuencas entre sí, para obtener el gasto de diseño deseado.

La pendiente de la cuenca hasta la estación Echeverría es la siguiente:

| Tramo | Desnivel en (m) | Pendiente S_i | $\sqrt{S_i}$ | $1/\sqrt{S_i}$ |
|----------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|
| 1 | 380 | 0.0380 | 0.1949 | 5.1299 |
| 2 | 120 | 0.0120 | 0.1095 | 9.1287 |
| 3 | 70 | 0.0070 | 0.0837 | 11.9523 |
| 4 | 35 | 0.0035 | 0.0592 | 16.9031 |
| 5 | 5 | 0.0005 | 0.0224 | 44.7214 |
| 6 | 10 | 0.0010 | 0.0316 | 31.6228 |
| 7 | 60 | 0.0060 | 0.0775 | 12.9099 |
| 8 | 35 | 0.0035 | 0.0592 | 16.9031 |
| 9 | 35 | 0.0035 | 0.0592 | 16.9031 |
| Σ | | | | 166.1743 |

$$S = \left[\frac{9}{166.1743} \right]^2$$

Pendiente del cauce hasta la estación Echeverría

$$S = 0.0029 = 0.2933 \%$$

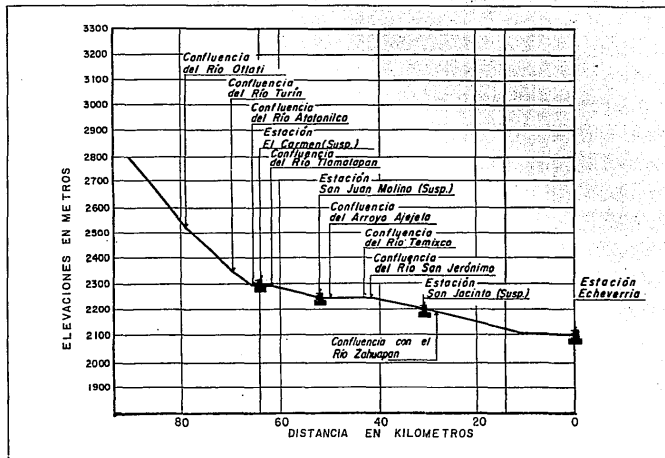
La pendiente de la cuenca hasta la estación Tlaxcala se calcula a continuación:

| Tramo | Desnivel en (m) | Pendiente S_i | $\sqrt{S_i}$ | $1/\sqrt{S_i}$ |
|----------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|
| 1 | 15 | 0.0015 | 0.0387 | 25.8199 |
| 2 | 45 | 0.0045 | 0.0671 | 14.9071 |
| 3 | 90 | 0.0090 | 0.0949 | 10.5409 |
| 4 | 80 | 0.0080 | 0.0894 | 11.1803 |
| Σ | | | | 62.4482 |

$$S = \left[\frac{4}{62.4482} \right]^2$$

Pendiente del cauce hasta la estación Tlaxcala:

$$S = 0.0041 = 0.4103 \%$$



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acajón

Ingeniería Civil

PERFIL DEL RIO ATOYAC

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 1.1

CAPITULO II

ANTECEDENTES HIDROLOGICOS

II.1. CONCEPTOS GENERALES

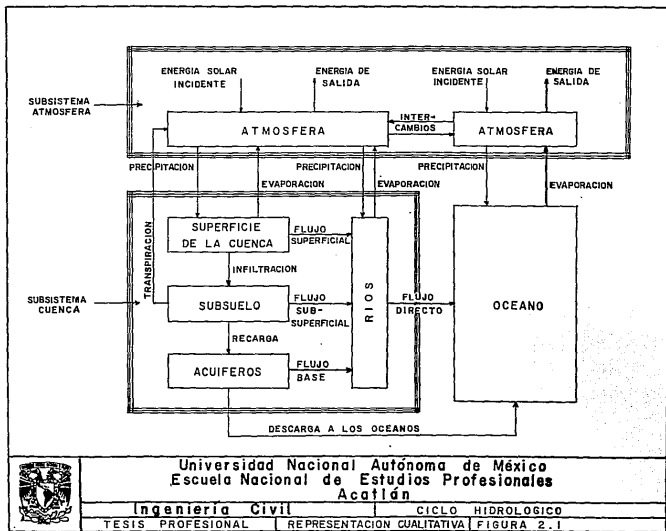
La hidrología es la parte de la ingeniería que se dedica al estudio de tres aspectos principalmente: volúmenes mensuales y anuales disponibles para su almacenamiento y uso; los periodos de estiaje, que nos dan un factor de utilización del agua de las corrientes, y por último de las avenidas. En general se puede decir que la hidrología es de importancia en todos los problemas que involucran el aprovechamiento del agua.

Los resultados que presente este trabajo se lograrán mediante el conocimiento de los siguientes antecedentes, dando un panorama más claro de lo que se pretende alcanzar.

II.1.1. CICLO HIDROLOGICO

El estudio de la hidrología comienza con la comprensión del ciclo hidrológico. Este fenómeno puede representarse mediante dos formas: Cualitativa (ver figura 2.1, pág. 18) y Cuantitativamente.

El ciclo hidrológico es de gran ayuda para describir la limitación del alcance de la hidrología, la cual abarca desde la precipitación del agua sobre la tierra hasta el regreso de ésta a la atmósfera o a los océanos (lo que correspondería al subsistema cuenca y sus diversos medios de interrelación, ver figura 2.1, pág. 18).



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

CICLO HIDROLOGICO

TESIS PROFESIONAL

REPRESENTACION CUALITATIVA FIGURA 2.1

Aunque las representaciones del ciclo den una idea de que el agua en sus diversas faces se mueve en forma constante esta apariencia es incorrecta. El movimiento del agua dentro del ciclo hidrológico es variable tanto en el tiempo como en el espacio. Estas variaciones son las que originan crecientes y/o sequías, siendo los de mayor interés para un análisis hidrológico.

Para el análisis de la cuenca, dentro del ciclo hidrológico se dará mayor importancia a la precipitación, con lo que los efectos de evapotranspiración y filtración se omitirán. La repercusión de este procedimiento será en favor de el resultado final, debido a que no se restará al valor de precipitación los efectos antes mencionados.

II.2. PRECIPITACION

Se llama precipitación a el agua en cualquiera de sus estados físicos que cae de la atmósfera hacia la superficie terrestre. La precipitación es un resultado del proceso de condensación, la cual tiene dos rasgos esenciales que la producen: la saturación del aire (o algo sobresaturado) y los núcleos de condensación.

Aunque la humedad siempre está presente en la atmósfera aun en los días sin nubes, para que ocurra la precipitación se requiere algún mecanismo que enfríe el aire lo suficiente para que llegue de esta manera cerca del punto de saturación. Los enfriamientos de grandes masas, necesarios para que se originen cantidades significativas de precipitación, se logran cuando suben las masas de aire. Este fenómeno se lleva a cabo por medio de sistemas convectivos o convergentes que resultan de radiaciones desiguales las cuales producen calentamiento o enfriamiento de la superficie de la tierra y la atmósfera, o por barreras orográficas. Sin embargo, la saturación no necesariamente da origen a la precipitación.

II.2.1. TIPOS DE PRECIPITACION

La precipitación lleva con frecuencia el nombre del fenómeno responsable del levantamiento del aire que origina el enfriamiento en gran escala y necesario para que se produzcan cantidades significativas de precipitación, por lo que ésta se clasifica en ciclónica, convectiva y orográfica.

PRECIPITACION CICLONICA

Resulta del levantamiento del aire que converge en un área de baja presión o ciclón. La precipitación ciclónica puede subdividirse como precipitación de frentes fríos y cálidos. Ambas precipitaciones resultan del levantamiento de aire cálido a un lado de una superficie frontal sobre aire más denso y frío.

Precipitación de frentes cálidos

Se forma cuando el aire avanza hacia arriba sobre una masa de aire más frío. La tasa de ascenso es relativamente baja puesto que la pendiente promedio de la superficie frontal es por lo general de 1/100 a 1/300. La precipitación puede extenderse de 300 a 500 km por delante del frente y es por lo general lluvia que varía entre ligera y moderada y continúa hasta que termina el paso del frente (ver figura 2.2, pág. 21).

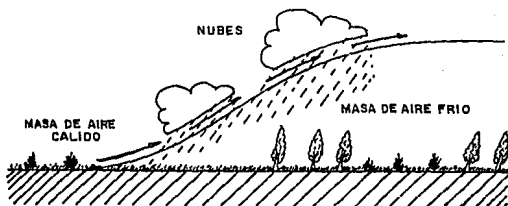
Precipitación de frentes fríos

Es de naturaleza corta y se forma cuando el aire cálido es obligado a subir por una masa de aire frío que está avanzando y cuya cara delantera es un frente frío. Los frentes fríos se mueven más rápidamente que los frentes cálidos y su superficies frontales tiene pendientes que varían entre 1/50 y 1/150, es decir, mucho más pendientes. Como resultado, el aire cálido se eleva mucho más rápidamente que por un frente cálido y las tasas de precipitación son por lo general mucho mayores. Las cantidades más grandes y las intensidades mayores ocurren cerca de los frentes de la superficie (ver figura 2.2, pág. 21).

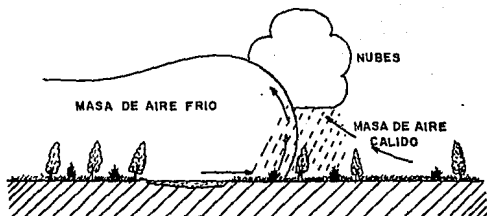
PRECIPITACION CONVECTIVA

Es causada por el ascenso del aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Las diferencias en temperatura puede ser el resultado de calentamientos diferenciales en la superficie, de enfriamientos diferenciales en la parte superior de la capa de aire o de ascensos mecánicos cuando el aire es forzado a pasar sobre una masa de aire más fría y más densa, o sobre una barrera montañosa. La precipitación convectiva es puntual, y su intensidad puede variar entre lo que se conoce como llovizna ligera y aguaceros (ver figura 2.3, pág 22).

PRECIPITACION DE FRENTES CALIDOS



PRECIPITACION DE FRENTES FRIOS



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

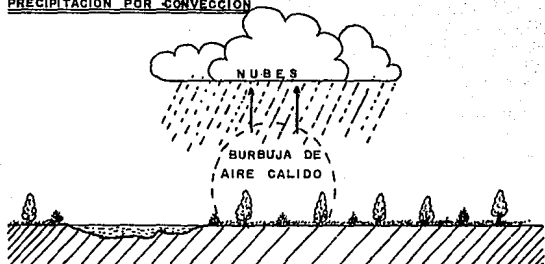
Ingeniería Civil

PRECIPITACION CICLONICA

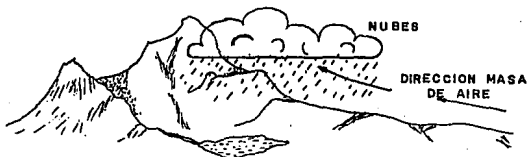
TESIS PROFESIONAL

FIGURA 2.2

PRECIPITACION POR CONVECCION



PRECIPITACION OROGRAFICA



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

PRECIPITACION OROGRAFICA Y

TESIS PROFESIONAL PRECIPITACION CONVECTIVA FIGURA 2.3

PRECIPITACION OROGRAFICA

Resulta del ascenso mecánico sobre una cadena de montañas. La influencia orográfica es tan marcada en terreno quebrado que los patrones de las tormentas tienden a parecerse a aquellos de la precipitación media anual (ver figura 2.3, pág. 22).

En la naturaleza, los resultados de estos diferentes tipos de enfriamientos a menudo están interrelacionados, y la precipitación resultante no se puede clasificar dentro de un solo tipo.

Los tipos de precipitaciones que se observan en la cuenca son difíciles de determinar. Sin embargo, se puede decir que la mayor parte de las lluvias máximas registradas tuvieron su origen en ciclones que se presentan por lo general en el Océano Pacífico. También se presentaron los diferentes tipos de precipitaciones ya descritos con anterioridad, pero sus efectos fueron menos importantes.

Para la precipitación se han desarrollado una gran cantidad de instrumentos y técnicas para obtener información de las diferentes faces de ésta misma. Entre los instrumentos más importantes están los que sirven para medir la cantidad y la intensidad de la precipitación. Los otros tipos de aparatos que dan información de la precipitación miden el tamaño y la distribución de las gotas de agua y el tiempo de comienzo y fin de la precipitación.

II.2.2. APARATOS DE MEDICION

Todas las formas de precipitación se miden en base a una columna vertical de agua que se acumularía sobre una superficie a nivel si la precipitación permaneciese en el lugar donde cae. En el sistema métrico, la precipitación se mide en milímetros y décimos de milímetro.

PLUVIOMETROS

Su misión es medir la altura de agua caída con una aproximación hasta décimos de milímetros. Suponiendo que la tierra fuera impermeable y que la evaporación no existiera, se dice que ha caído un milímetro de precipitación cuando sobre un metro cuadrado la altura alcanzada por la lluvia fuera 1 mm. Por lo tanto el volumen de agua producto de la precipitación es

un litro por cada milímetro de espesor (ver figura 2.4, pág. 25).

PLUVIOGRAFOS

Por medio de este aparato se lleva un registro de altura de lluvia contra tiempo (ver figura 2.4, pág. 25). Los tres tipos más importantes de pluviógrafos son el de cubeta basculante, el de balanza y el de flotador.

Utilizando el pluviógrafo se conoce la intensidad de precipitación "i" que se define como la relación entre la altura de precipitación entre el tiempo en que se originó

$$i = \frac{h}{d}$$

donde:

i = intensidad de precipitación (cm/hr)

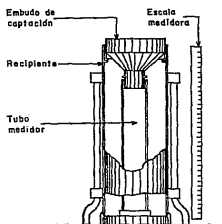
h = altura de precipitación (cm)

d = duración (hr)

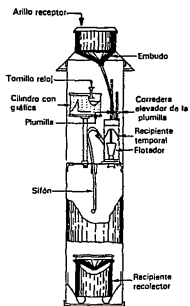
Los aparatos de medición que se encuentran trabajando en la cuenca de estudio son pluviógrafos de la marca Lambrecht. Además se utilizan limnigrafos y molinetes de la marca Rossbach y Gurley respectivamente.

En los cuadros correspondientes se muestran los gastos y precipitaciones máximos anuales registrados en las estaciones Tlaxcala y Echeverría, ubicadas en los Ríos Zahuapán y Atoyac (ver cuadros 2.1, pág. 26; 2.2, pág. 27; 2.3, pág. 28; 2.4, pág. 29).

En la actualidad se han desarrollado técnicas encaminadas a usar el radar como ayuda para medir la precipitación. Esta forma de medición se ve aplicada cuando se realiza el balance hidrológico en una forma global, y se requiere la información de precipitaciones en áreas donde las redes de pluviógrafos no proporcionan datos confiables o en donde no existen, como en los océanos.



PLUVIOMETRO



PLUVIOGRAFO



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

APARATOS MEDIDORES DE LLUVIA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 2.4

GASTOS MAXIMOS REGISTRADOS EN LA ESTACION
HIDROMETRICA TLAXCALA, TLAX.

| AÑO | MES | DIA | GASTO MAXIMO m ³ /seg |
|------|-------|-----|-------------------------------------|
| 1962 | Sept. | 19 | 227.408 |
| 1963 | Ago. | 28 | 193.435 |
| 1964 | Ago. | 8 | 183.500 |
| 1965 | Jul. | 14 | 133.650 |
| 1966 | Jul. | 24 | 110.300 |
| 1967 | Oct. | 7 | 86.000 |
| 1968 | Jun. | 21 | 124.857 |
| 1969 | Sept. | 22 | 106.800 |
| 1970 | Sept. | 5 | 169.500 |
| 1971 | Sept. | 26 | 83.500 |
| 1972 | May. | 3 | 201.000 |
| 1973 | Jul. | 3 | 123.700 |
| 1974 | Jul. | 30 | 112.720 |
| 1975 | Sept. | 1 | 158.000 |
| 1976 | Sept. | 27 | 123.300 |
| 1977 | Sept. | 1 | 86.100 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

Datos Hidrométricos. Estación Tlaxcala.

TESIS PROFESIONAL

CUADRO 2.1

GASTOS MAXIMOS REGISTRADOS EN LA ESTACION
HIDROMETRICA ECHEVERRIA, PUE.

| ANO | MES | DIA | GASTO MAXIMO m ³ /seg |
|------|-------|-----|-------------------------------------|
| 1962 | SepL. | — | 114-200 |
| 1963 | Ago. | — | 130-400 |
| 1964 | Ago. | — | 140-640 |
| 1965 | Ago. | — | 168-480 |
| 1966 | Ago. | — | 177-570 |
| 1967 | SepL. | — | 137-050 |
| 1968 | Jun. | 22 | 343-670 |
| 1969 | SepL. | — | 294-640 |
| 1970 | Jun. | 25 | 175-200 |
| 1971 | Jun. | 10 | 255-000 |
| 1972 | Jun. | 15 | 247-500 |
| 1973 | Jul. | 7 | 220-500 |
| 1974 | Jul. | 8 | 197-000 |
| 1975 | Jun. | 21 | 152-600 |
| 1976 | DeL. | 8 | 235-200 |
| 1977 | Jun. | 22 | 115-800 |

27



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acañán

Ingeniería Civil

Datos Hidrométricos, Estación Echeverría

TESIS PROFESIONAL

CUADRO 2.2

PRECIPITACIONES MAXIMAS REGISTRADAS EN LA ESTACION
HIDROMETRICA TLAXCALA. TLAX-

| AÑO | MES | DIA | PRECIP. MAXIMA m m - |
|------|-------|-----|-------------------------|
| 1962 | Sept. | 19 | 97-340 |
| 1963 | Ago. | 28 | 75-680 |
| 1964 | Ago. | 8 | 65-330 |
| 1965 | Jul. | 14 | 49-880 |
| 1966 | Jul. | 24 | 57-880 |
| 1967 | Oct. | 7 | 54-670 |
| 1968 | Jun. | 21 | 68-880 |
| 1969 | Sept. | 22 | 60-000 |
| 1970 | Sept. | 5 | 78-000 |
| 1971 | Sept. | 26 | 52-000 |
| 1972 | May. | 3 | 88-340 |
| 1973 | Jul. | 3 | 66-000 |
| 1974 | Jul. | 30 | 67-330 |
| 1975 | Sept. | 1 | 77-880 |
| 1976 | Sept. | 27 | 64-000 |
| 1977 | Sept. | 1 | 53-000 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DATOS HIDROMETRICOS (PRECIPITACIONES)

TESIS PROFESIONAL

ESTACION TLAXCALA

CUADRO 2.3

PRECIPITACIONES MAXIMAS REGISTRADAS EN LA ESTACION
HIDROMETRICA ECHEVERRIA. PUE.

| AÑO | MES | DIA | PRECIP. MAXIMA m m . |
|------|-------|-----|-------------------------|
| 1962 | Sept. | — | 50.000 |
| 1963 | Ago. | — | 60.000 |
| 1964 | Ago. | — | 62.000 |
| 1965 | Ago. | — | 64.000 |
| 1966 | Ago. | — | 65.670 |
| 1967 | Sept. | — | 63.330 |
| 1968 | Jun. | 22 | 71.000 |
| 1969 | Sept. | — | 74.340 |
| 1970 | Jun. | 25 | 59.320 |
| 1971 | Jun. | 10 | 60.660 |
| 1972 | Jun. | 15 | 77.000 |
| 1973 | Jul. | 7 | 72.320 |
| 1974 | Jul. | 6 | 85.340 |
| 1975 | Jun. | 21 | 76.660 |
| 1976 | Oct. | 8 | 86.000 |
| 1977 | Jun. | 22 | 72.650 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DATOS HIDROMETRICOS (PRECIPITACIONES)

TESIS PROFESIONAL

ESTACION ECHEVERRIA

CUADRO 2.4

En muchas ocasiones existen diferencias entre los valores proporcionados por los pluviómetros y el radar, el origen de esto pueden ser varias razones, entre los más importantes están los siguientes:

- Cuando se presenta la evaporación de la precipitación antes de llegar a la tierra, lo que sucede con mucha frecuencia en regiones áridas.
- Cuando los vientos fuertes arrastran la precipitación alejándola de la parte inferior de la nube que produjo la lluvia.

Sin embargo, el uso de ambos métodos (la utilización del radar y la red de pluviómetros) puede eliminar en gran cantidad los posibles errores que cada uno de ellos presentan. De este modo se pueden suministrar mediciones más exactas a las que se obtendrían usando uno de los dos métodos únicamente.

II.2.3. ANALISIS DE TORMENTAS

Para el análisis de precipitaciones es muy importante que los datos obtenidos de los aparatos de medición sean tan confiables como sea posible. En el análisis de tormentas se debe incluir solamente la lluvia proveniente de las precipitaciones que produjeron el escurrimiento en consideración.

Las lluvias de pequeña magnitud que suceden después de que el hidrograma ha comenzado a decaer no se deben incluir si tuvieron poco efecto sobre el volumen de escurrimiento. De igual manera, las lluvias ligeras que ocurren antes de la tormenta principal no deben tomarse en cuenta y excluirse de la precipitación. Las tormentas complejas de larga duración se deben separar en tantos intervalos como sea posible, mediante el análisis de hidrogramas.

Revisando el Boletín Hidrológico de la Región Núm. 18, se observa que la estación Echeverría registró un gasto máximo instantáneo de 343.67 m³/seg el día 22 de Junio de 1968. Con lo que respecta al período de tormentas, estas comprenden principalmente entre los meses de Mayo a Octubre.

II.3. ESCURRIMIENTO

El escurrimiento forma parte de la precipitación, la cual es drenada por las corrientes superficiales de las cuencas hasta su salida.

Los factores que afectan el escurrimiento pueden clasificarse en dos grandes grupos: climáticos y fisiográficos.

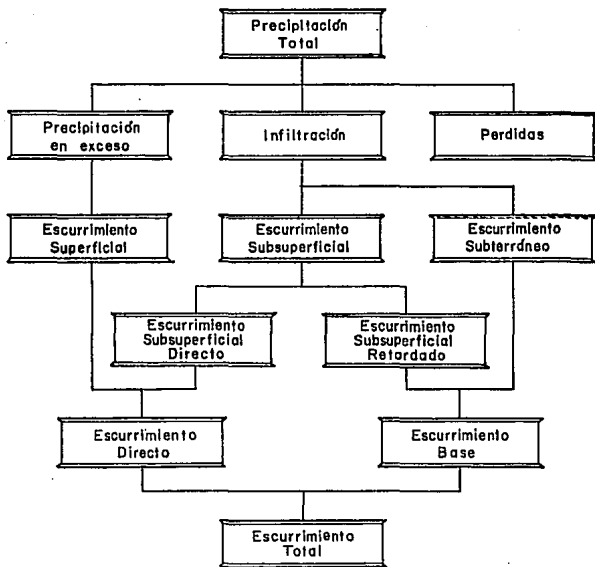
a) Los factores climáticos incluyen principalmente los efectos de varias formas y tipos de precipitación, interceptación, evaporación y transpiración, todos los cuales varían con las estaciones.

b) Los factores fisiográficos pueden dividirse en dos clases: características de la cuenca y características del cauce. Las primeras involucran principalmente el tamaño, forma y pendiente de la cuenca, permeabilidad y capacidad de formaciones subterráneas, presencia de lagos y pantanos, uso de la tierra, etc. Las segundas se relacionan principalmente con las propiedades hidráulicas del cauce, las cuales gobiernan el movimiento de las corrientes y determinan la capacidad de almacenaje del canal.

Dentro del escurrimiento no se sabe con exactitud el camino que recorre una gota de agua desde que cae sobre la superficie de la tierra hasta cuando llega al cauce de una corriente. Sin embargo, es conveniente imaginar tres caminos principales: el escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y el flujo de agua subterránea.

El diagrama (ver figura 2.5, pág. 32) nos da una idea general de como está compuesto el escurrimiento total. Esta distinción entre los tres componentes del flujo que forman al total es arbitraria, puesto que muchos factores pueden interrelacionarlos.

Un aspecto importante que hay que considerar es que el escurrimiento origina fluctuaciones de gasto en las corrientes que drenan las cuencas y estas fluctuaciones pueden registrarse por medio de un hidrograma. El hidrograma es la representación gráfica de la variación del gasto respecto al tiempo.



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

RELACION LLUVIA - ESCURRIMIENTO

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 2.5

II.3.1. ANALISIS DE HIDROGRAMAS

Se le denomina análisis de hidrogramas a la división de éste en sus componentes (escurrimiento directo y escurrimiento base). En virtud de que no existe una base real para la distinción entre el escurrimiento directo y el que es aportado por el agua subterránea en el caudal de una corriente y además de que sus definiciones son relativamente arbitrarias, los métodos más usuales de separación de corrientes son igualmente arbitrarios.

En lo que corresponde al inicio del escurrimiento directo es fácil de determinar, puesto que el hidrograma sufre un incremento muy marcado. El problema es definir donde termina el escurrimiento directo y la frontera con el escurrimiento base.

Básicamente existen dos formas para determinar esta frontera. En una primera tentativa se puede considerar a una línea recta horizontal como la frontera, la cual se inicia desde el punto de inflexión que indica el inicio de escurrimiento directo. La segunda opción y tal vez la más exacta es donde se utiliza la curva de vaciado de la cuenca (esto es la variación del gasto base respecto al tiempo).

La curva de vaciado nos indica el punto aproximado donde termina el escurrimiento directo en una tormenta. Esta se puede obtener de la siguiente manera: analizando una serie de hidrogramas en época de secas y con la cual haciendo una superposición podrá obtenerse una variación bastante completa de esta curva. Otra forma es la que propone Barnes, el cual considera que la curva de vaciado puede expresarse como:

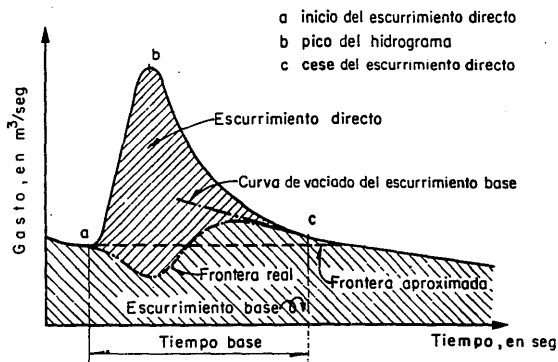
$$Q_t = Q_0 K_r^t$$

donde:

K_r = constante de recesión

t = tiempo entre la ocurrencia del gasto Q_0 y Q_t
en (seg).

La frontera entre los dos escurrimientos (base y directo) se define ligando el punto de inicio con el punto de terminación del escurrimiento directo por medio de una línea curva, como se observa en la figura (ver figura 2.6, pág. 34).



Universidad Nacional Autónoma de México
 Escuela Nacional de Estudios Profesionales
 Acajón

Ingeniería Civil

CARACTERÍSTICAS DEL HIDROGRAMA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 2.6

Cuando se tenga un hidrograma de tormentas consecutivas y se quiera separar el escurrimiento, se necesitará también conocer la curva de abatimiento del escurrimiento directo.

II.4. RELACION ENTRE ESCURRIMIENTO Y PRECIPITACION

La relación entre el escurrimiento y la precipitación es de gran importancia, debido a que permite inferir uno a partir del otro. Además, se puede conocer la tormenta de diseño optimizando los registros de precipitación y, si se conoce la liga entre la precipitación y el escurrimiento, se podrá calcular la avenida máxima. Esta liga entre la precipitación y el escurrimiento tiene diferentes aplicaciones según su intervalo de relación, los cuales son:

a) Relación con períodos grandes de tiempo. Son relaciones entre precipitación y escurrimiento mensuales o anuales. Este tipo de relación conviene, ya que generalmente se cuenta con registros más grandes de precipitación que de escurrimiento. El ampliar el registro de escurrimiento puede servir para comprobar funcionamientos de vasos.

b) Relación con períodos cortos de tiempo. Aquí se trata de relaciones horarias o diarias entre precipitación y escurrimiento. Este tipo de relaciones puede servir para: inferir sobre la tormenta de diseño optimizando el registro de precipitaciones, y la predicción inmediata, a fin de saber la magnitud de una avenida que pueda ocurrir en determinado sitio por una tormenta.

Debido a los factores que afectan al escurrimiento, una relación directa entre la precipitación y el escurrimiento podría originar errores grandes. Conviene tomar en cuenta diversos parámetros como son: la condición de humedad del suelo antes de la precipitación, duración de la tormenta, época del año, etc. Cuanto mayor sea el intervalo de relación, menos parámetros se requerirán. Por lo tanto será preciso un registro continuo de precipitaciones y escurrimiento.

Los registros de gastos máximos al igual que el de precipitaciones máximas que se tienen en la estación hidrométrica de Tlaxcala comprende de 1962 a 1977 y en la estación Echeverría abarca de 1942 a 1948 y 1962 a 1977; en el período de 1949 a 1961 se mantuvo fuera de servicio esta última estación.

CAPITULO III

ANALISIS HIDROLOGICO DEL RIO

La finalidad de un análisis hidrológico es la de obtener los gastos asociados a diferentes períodos de retorno. Para este fin se han realizado diferentes formas de estudio, de los que se pueden mencionar los Métodos Empíricos, Históricos, de Correlación Hidrológica de Cuencas, Directos o Hidráulicos, Estadísticos o Probabilísticos y de Relación Lluvia-Escurrecimiento.

III.1. JUSTIFICACION DE LOS METODOS EMPLEADOS

Dependiendo de las características de la cuenca en estudio, es preciso seleccionar los métodos de análisis que se aplicarán. A continuación se mencionan las diferentes formas de métodos hidrológicos y sus características.

METODOS EMPIRICOS

Están fundamentados en Fórmulas Empíricas, lo que conlleva a diversos errores si son aplicados a cuencas distintas de las que fueron deducidas. Los factores que no se toman en cuenta en ellas son: climatológicos, geológicos, morfológicos y geográficos, esto aunado a que existen varios procedimientos de estimación de las avenidas máximas que manejan mayor información y toman en cuenta un gran número de factores (como los ya mencionados), es lo que han provocado que sean poco utilizados en la actualidad.

METODOS HISTORICOS

Estos métodos se basan en la investigación y recopilación de los datos de avenidas que se presentaron en un río o

embalse. El inconveniente es que solamente dan a conocer una gran avenida que se presentó en determinado período de tiempo, por lo que no se puede prever una avenida mayor a la máxima conocida, lo cual es muy probable que ocurra. Además de la posible carencia de datos en los registros y el hecho de realizar el cálculo numérico de la avenida a partir de niveles y no de gastos, es lo que ha provocado su poco uso.

METODOS DIRECTOS O HIDRAULICOS

Este método consiste en fijar en un tramo de río las elevaciones máximas alcanzadas por el agua y calcular a partir de ellas, el gasto máximo que las produjo. Este procedimiento no cuenta con una metodología hidrológica, sin embargo, es bueno debido a que brinda información útil como el gasto máximo instantáneo.

Los métodos restantes que se mencionen serán de gran ayuda para la obtención del resultado final. El análisis hidrológico se realizará básicamente con los métodos estadísticos o probabilísticos. La utilización de los métodos que se fundamentan en la relación lluvia-escorrentamiento ayudarán a dar una visión más clara del fenómeno en estudio.

Con respecto al método de correlación hidrológica de cuencas, es definitiva su aplicación, debido a que en la región de estudio no se cuenta con un registro amplio en las estaciones hidrométricas. Con la ayuda de la envolvente de la región hidrológica se encontrará el gasto de diseño.

III.2. METODOS ESTADISTICOS O PROBABILISTICOS

Estos métodos consisten en estimar la magnitud de la avenida máxima a partir de una serie de gastos o precipitaciones máximos anuales instantáneos conocidos, por su extrapolación, mediante su probable distribución de probabilidades a diversos períodos de retorno.

Para poderlos aplicar deben conocerse los gastos máximos anuales o precipitaciones. Cuanto más amplio sea el número de datos que se tenga, mayor será su aproximación. Estos métodos nos permiten conocer el gasto máximo o precipitaciones máximas, según sea el caso.

Como inicio del análisis se tiene que la magnitud de la avenida es función directa del período de retorno que se le asigne. El período de retorno de una avenida es el intervalo de recurrencia promedio de que esa avenida sea igualado o superado en un determinado lapso de tiempo.

Para escoger el período de retorno que se le debe asignar a una tormenta se aplica la siguiente fórmula:

$$Tr = (1 + N) / m_1$$

en donde:

Tr = Período de retorno para el dato registrado

N = Número de registros en la estación hidrométrica

m_1 = Número de orden en forma decreciente de los datos registrados

En cuanto a la probabilidad de que un evento (gasto máximo o precipitación) se presente en período de retorno previamente determinado, se calcula a partir de las fórmulas establecidas por Gumbel, estas son:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x_i - \beta)}}$$

$$P(x) = 1 - F(x)$$

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45 S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

en donde:

$F(x)$ = Función de distribución de probabilidad del gasto X_i

$P(x)$ = Probabilidad de Gumbel de que el gasto X_i se presente en el período de retorno Tr.

α y β = Parámetros de la función

S = Desviación estándar

- \bar{x} = Gasto medio de los registros
 X_i = Gasto máximo anual registrado
 N = Número de gastos máximos registrados

Con los resultados de probabilidad y período de retorno (ver cuadros 3.1, pág. 63; 3.2, pág. 64; 3.3, pág. 65; 3.4, pág. 66) y trabajando en el papel de probabilidad semilogarítmico de Gastos o Precipitaciones Máximos Anuales - Período de Retorno, se grafican estos valores. La gráfica nos marcará la tendencia que tienen los registros.

Entre los métodos estadísticos se encuentran: Gumbel y Gumbel I, Nash, Lebediev, Log-Pearson Tipo III, Pearson Tipo III, Hazen, Foster Tipo I y Tipo III, Frechet, Galton, etc. En este capítulo solo se utilizará los seis primeros métodos, además del de Mínimos Cuadrados (el cual no es un método hidrológico) como auxiliar en el ajuste de curvas.

M E T O D O D E G U M B E L

Este método supone que el gasto tiene una distribución estadística de valores extremos. La base de este método es totalmente matemática.

Expresión general:

$$Q_{\max} = Q_m [1 + k C_v]$$

$$Q_m = \frac{\sum_1^n Q_i}{n}$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_1^n (Q_i/Q_m - 1)^2}{(n - 1)}}$$

$$k = - \frac{1}{S_n} \ln \left[- \ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right] - \frac{Y_n}{S_n}$$

En donde:

- Q_{MAX} Precipitación o gasto máximo probable para una frecuencia determinada.
- Q_m Precipitación o gasto medio.
- Q_i Precipitación o gasto máximo observado en el año (i).
- n Número de años de registro.
- Cv Coeficiente de variación.
- k Coeficiente de frecuencia.
- Tr Período de retorno escogido, en años.
- Yn y Sn Parámetros que dependen del tamaño de la muestra (ver tabla 3.1, pág. 93).
- ln Logaritmo natural.

M E T O D O D E G U M B E L I

Expresión General:

$$Q_{MAX} = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \ln \left[\frac{Tr}{Tr - 1} \right]$$

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = Q_m - 0.45 S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (Q_i - Q_m)^2}{(n - 1)}}$$

En donde:

- Q_{MAX} Precipitación o gasto máximo probable para una frecuencia determinada.
- Tr Período de retorno escogido, en años

- ln Logaritmo natural.
- α y β Parámetros de estimación
- S Desviación Estándar
- Q_m Precipitación o gasto medio.
- Q_i Precipitación o gasto máximo observado en el año (i).
- n Número de años de registro.

M E T O D O D E N A S H

Este método al igual que el de Gumbel considera una distribución de valores extremos, con la única diferencia de que este procedimiento es menos rígido que el de Gumbel, debido a que permite ajustar la distribución por mínimos cuadrados.

Expresión General:

$$Q_d = Q_{\max} + \Delta z$$

$$Q_{\max} = a + c \log \log \left[\frac{T_r}{T_r - 1} \right]$$

$$a = Q_m - c Y_m$$

$$c = \frac{\sum_i^n Q_i Y_i - n Q_m Y_m}{\sum_i^n Y_i^2 - n (Y_m)^2}$$

$$Y_i = \log \log \left[\frac{T_r}{T_r - 1} \right]$$

$$Y_m = \sum_i^n \frac{Y_i}{n}$$

$$\Delta z = \pm 2 \sqrt{\frac{S_{qq}}{n^2(n-1)} + (Y - Y_m)^2 \frac{1}{n-2} \frac{1}{S_{yy}} \left(S_{qq} - \frac{S_{yq}^2}{S_{yy}} \right)}$$

$$S_{yy} = n \sum_i^n Y_i^2 - \left(\sum_i^n Y_i \right)^2$$

$$S_{qq} = n \sum_i^n Q_i^2 - \left(\sum_i^n Q_i \right)^2$$

$$S_{yq} = n \sum_i^n Q_i Y_i - \left(\sum_i^n Q_i \right) \left(\sum_i^n Y_i \right)$$

en donde:

| | |
|------------|--|
| Q_d | Precipitación o gasto de diseño |
| Q_{max} | Precipitación o gasto máximo para una frecuencia determinada |
| Δz | Intervalo de confianza |
| a y c | Constante para cada valor de precipitación o gasto registrado en función del período de retorno |
| Tr | Período de retorno escogido |
| Q_m | Precipitación o gasto medio |
| Y_m | Valor medio de las Y |
| Q_i | Precipitación o gasto máximo observado en el año (i) |
| Y_i | Constante para cada valor de precipitación o gasto registrado en función del período correspondiente |

M E T O D O D E L E B E D I E V

Este método considera que los gastos tienen una distribución estadística del tipo III de Pearson; su distribución se ajusta a las experiencias tenidas en ríos soviéticos.

Expresión General:

$$Q_d = Q_{\max} + \Delta z$$

$$Q_{\max} = Q_m (k C_v + 1)$$

$$\Delta z = \frac{+ A E_r Q_{\max}}{\sqrt{n}}$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_1^n (Q_i/Q_m - 1)^2}{n}}$$

$$C_s = \frac{\sum_1^n (Q_i/Q_m - 1)^3}{n C_v^3}$$

En donde :

- Q_d Precipitación o gasto de diseño.
- Q_{\max} Precipitación o gasto máximo probable para una frecuencia determinada.
- Δz Intervalo de confianza.
- Q_m Precipitación o gasto medio.
- Q_i Precipitación o gasto máximo observado en el año (i)
- n Número de años de registro.
- A Coeficiente que varía de 0.7 a 1.5 dependiendo del número de años de registro. Cuantos más años de registro existan, menor será el valor del coeficiente. Si n es mayor de 40 años se toma el valor de 0.7.

- Er Coeficiente que depende de Cv y de la probabilidad de que ocurra esa avenida en un año en particular. Se encuentra en forma gráfica (ver gráfica 3.5, pág. 86).
- Cs Coeficiente de asimetría.
Se recomienda tomar los valores siguientes
- Cs = 2 Cv para avenidas producidas por deshielo
Cs = 3 Cv para avenidas producidas por tormentas
Cs = 5 Cv para avenidas producidas por tormentas cuencas ciclónicas
- Entre estos valores y el de la ecuación de Cs se escoge el mayor
- Cv Coeficiente de variación.
- k Coeficiente que depende de la probabilidad de que ocurra esa avenida en un año en particular, expresada en porcentaje de que se repita la precipitación o gasto de diseño y dependiendo del coeficiente de asimetría. (ver tabla 3.2, pág. 94)

M E T O D O D E L O G - P E A R S O N T I P O I I I

Esta distribución forma parte de las desarrolladas por Karl Pearson y a pesar de que sus bases teóricas son escasas, es popular, porque cuando su coeficiente de asimetría (Cs) vale cero, se obtiene una distribución Log - Normal. Es decir, la distribución Log - Pearson Tipo III será una línea recta en el papel de probabilidad log - normal.

La obtención por medio de Log-Pearson Tipo III, se basa en transformar los eventos en sus logaritmos de la forma siguiente.

Expresión General:

$$\text{Log } Q_{\text{max}} = \text{Log } Q_m + k S \text{ Log } X$$

$$Q_{\text{max}} = \text{Anti Log} \left[\text{Log } Q_m + k S \text{ Log } X \right]$$

Para el cálculo de Log Q y S Log X con los siguientes logaritmos:

$$\text{Log } Q_m = \frac{\sum_1^n \text{Log } Q_i}{n}$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\text{Log } Q_i - \text{Log } Q_m)^2}{n-1}}$$

$$C_s = \frac{n \sum_1^n (\text{Log } Q_i - \text{Log } Q_m)^3}{(n-1)(n-2)(S \text{ Log } X)^3}$$

En donde:

- Log Q_{max} Logaritmo de precipitación o gasto máximo para una frecuencia determinada.
- Log Q_m Logaritmo de precipitación o gasto medio.
- S Log X Logaritmo de desviación estándar.
- k Factor de frecuencia, función del período de retorno y del coeficiente de asimetría (ver Tabla 3.3, pág. 97).
- Cs Coeficiente de asimetría.
- n Número de años registrados.

M E T O D O D E P E A R S O N T I P O I I I

La descripción del método Log-Pearson Tipo III y todo lo que se diga puede ser aplicado al Pearson Tipo III con una sola observación; lo que se refiere en el primer método a los logaritmos de las precipitaciones o gastos se referirá a los valores naturales de los mismos en el segundo método.

Expresión General:

$$Q_{\text{max}} = Q_m + k S X$$

Para el cálculo de Q_m y $S X$ con las siguientes expresiones:

$$Q_m = \frac{\sum_1^n Q_i}{n}$$

$$S X = \sqrt{\frac{\sum_1^n (Q_i - Q_m)^2}{n - 1}}$$

$$C_s = \frac{n \sum_1^n (Q_i - Q_m)^3}{(n-1)(n-2)(S X)^3}$$

En donde:

- Q_{max} Precipitación o gasto máximo para una frecuencia determinada.
- Q_m Precipitación o gasto medio.
- SX Desviación estándar.
- k Factor de frecuencia, función del periodo de retorno y del coeficiente de asimetría (ver Tabla 3.3, pág. 97).
- C_s Coeficiente de asimetría.
- n Número de años registrados.

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

La obtención de los gastos o precipitaciones por medio de este método, se basa en la siguiente ecuación de la forma logarítmica:

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

Para el cálculo de a, b y Tr con las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{(\sum_1^n q_1)(\sum_1^n z_1^2) - (\sum_1^n z_1)(\sum_1^n q_1 z_1)}{n(\sum_1^n z_1^2) - (\sum_1^n z_1)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum_1^n q_1 z_1) - (\sum_1^n z_1)(\sum_1^n q_1)}{n(\sum_1^n z_1^2) - (\sum_1^n z_1)^2}$$

$$R_{xz} = \frac{n(\sum_1^n q_1 z_1) - (\sum_1^n z_1)(\sum_1^n q_1)}{\sqrt{[n(\sum_1^n z_1^2) - (\sum_1^n z_1)^2][n(\sum_1^n q_1^2) - (\sum_1^n q_1)^2]}} \approx 1$$

$$Tr_1 = \frac{n+1}{n!}$$

$$Z_1 = \text{Log } Tr_1$$

En donde:

Q_{wax} Precipitación o gasto máximo para una frecuencia determinada.

a, b Constante en función del registro de precipitaciones o gastos máximos anuales.

R_{xz} Coeficiente de correlación lineal, siempre se aproximará a 1, siendo la ecuación que gobierna a la recta que tiende a 1, lo que es correcto para aplicar este método como auxiliar.

III.2.5.1. AJUSTE DE CURVAS

Este proceso sirve para obtener la mejor regresión entre las variables (gasto - período de retorno) con respecto a cada método. El problema consiste en encontrar el polinomio del menor grado posible que se apegue adecuadamente a los datos. Por comodidad se utilizará una ecuación de primer grado, que es la recta representada en el método de mínimos cuadrados.

Antes de efectuar el ajuste de curvas, se puede calcular el coeficiente de correlación lineal, con el cual se conoce si existe relación entre las variables.

Para extrapolar fuera del rango de los datos, usando una relación lineal, se debe tener presente el intervalo de confianza con que esa extrapolación se puede hacer. Es probable obtener errores bastante grandes según el problema.

Con respecto al proceso de cálculo se realizará lo siguiente. De los resultados obtenidos con los criterios antes mencionados (ver cuadros 3.5, pág. 67; 3.6, pág. 68; 3.7, pág. 69; 3.8, pág. 70), se obtendrán las curvas gasto y/o precipitaciones-período de retorno hasta el punto donde se ubica la estación hidrométrica. Dichas curvas se analizarán y compararán con las curvas de los registros aforados y se definirá cual es el criterio al que se apegará más.

III.3. OBTENCION DE CURVAS GASTO-PERÍODO DE RETORNO (Q-TR) Y PRECIPITACION-PERÍODO DE RETORNO

En este apartado se presentan las curvas de gasto y precipitación-período de retorno de los resultados del análisis hidrológico por diversos métodos. La finalidad de estas es seleccionar el método más conveniente, y así determinar el gasto de diseño para diferentes períodos de retorno (ver gráficas 3.1, pág. 78; 3.2, pág. 80; 3.3, pág. 82; 3.4, pág. 84).

Después de realizar las gráficas se observa que el análisis que más se apegará a la secuencia de los registros es el método de Gumbel en ambas estaciones y para los dos tipos de datos (gastos y precipitaciones). El cual además guarda una tendencia muy semejante a la gráfica del método de Mínimos Cuadrados, la que se utiliza como auxiliar. Por consecuencia

tenemos que los gastos y precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno son los siguientes.

Para la estación Tlaxcala:

| Per. de Ret. años | Gasto Máximo m ³ / seg | Precip. Máx mm |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 1.1 | 78.89 | 49.23 |
| 5 | 181.55 | 79.94 |
| 10 | 214.00 | 89.65 |
| 25 | 254.99 | 101.91 |
| 50 | 285.40 | 111.01 |
| 100 | 315.59 | 120.04 |
| 250 | 355.33 | 131.94 |
| 500 | 385.34 | 140.91 |
| 1000 | 415.34 | 149.89 |

Para la estación Echeverría:

| Per. de Ret. años | Gasto Máximo m ³ / seg | Precip. Máx mm |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 1.1 | 103.93 | 55.25 |
| 5 | 257.92 | 78.76 |
| 10 | 306.58 | 86.19 |
| 25 | 368.07 | 95.58 |
| 50 | 413.68 | 102.54 |
| 100 | 458.96 | 109.46 |
| 250 | 518.57 | 118.56 |
| 500 | 563.59 | 125.43 |
| 1000 | 608.57 | 132.30 |

III.4. METODO DE CORRELACION HIDROLOGICA DE CUENCAS

La aplicación de este procedimiento de cálculo es necesaria, debido a que en la cuenca de estudio no se tiene estación hidrométrica ni climatológica, por lo que no se tienen registros para el análisis. Este método se basa en estimar la avenida máxima por medio de la correlación de gastos o precipitaciones máximos de una cuenca próxima, cuyas características climáticas, topográficas, geológicas, edafológicas y de cobertura vegetal, sean lo más similar posible a la cuenca de estudio.

Se utilizará la envolvente de Lowry, que presenta una familia de curvas envolventes para cada Región Hidrológica, con lo que se puede estimar de una manera tentativa la avenida de diseño con un período de retorno de 1.1, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500 y 1000 años.

De acuerdo al área de cuenca drenada hasta las estaciones hidrométricas, se obtendrán los gastos o precipitaciones unitarias para cada período de retorno correspondiente en las dos estaciones.

Con la ayuda de los datos anteriores y de la envolvente regional de la zona, se trazarán curvas análogas al de la general con la finalidad de obtener los gastos y precipitaciones unitarios del Río Atoyac y que pertenece a la zona de estudio. El procedimiento de utilizar gráficas para trazar la envolvente se puede sustituir por el empleo de la ecuación de Lowry ya citada; el uso de la ecuación da resultados más exactos, lo que se pierde en el empleo de las gráficas. Posteriormente el gasto o precipitación unitario se multiplica por el área correspondiente para así obtener los datos definitivos de diseño, como se observa en los cuadros (ver cuadros 3.9, pág. 71; 3.10, pág. 72; 3.11, pág. 73; 3.12, pág. 74).

Como se están utilizando dos cuencas auxiliares en el estudio, se obtendrán dos gastos de diseño para cada período de retorno. La selección del gasto y precipitación de diseño dependerá del criterio de la persona que realiza el análisis.

Los datos de diseño finales para la cuenca de estudio (hasta la estación San Jacinto) son los siguientes:

| Per. de Ret. años | Gasto Máximo m ³ / seg | Precip. Máx mm |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 1.1 | 82.051 | 52.818 |
| 5 | 203.623 | 85.766 |
| 10 | 242.039 | 96.184 |
| 25 | 290.584 | 109.337 |
| 50 | 326.592 | 119.100 |
| 100 | 362.339 | 128.788 |
| 250 | 409.400 | 141.556 |
| 500 | 444.943 | 151.179 |
| 1000 | 480.453 | 160.814 |

III.5. METODOS BASADOS EN LA RELACION LLUVIA-ESCURRIMIENTO

Estos métodos poseen la ventaja de permitir determinar la avenida máxima en una cuenca sin datos hidrológicos, con solo conocer la de las adyacentes. De la cuenca en estudio solo basta conocer su área, el tipo y uso del suelo, longitud del cauce principal y pendiente. Otra ventaja es que permite reproducir aceptablemente el fenómeno, en base a diversos parámetros como las lluvias máximas y las características físicas de la cuenca.

El método que se utilizará en este apartado es el del Hidrograma Unitario Triangular, el cual se describe a continuación.

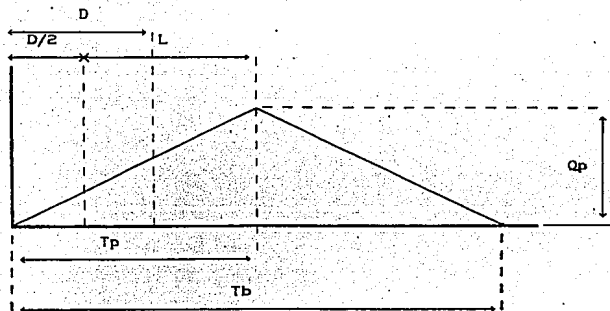
III.5.1. HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Este método fue creado por la U. S. Soil Conservation Service (S. C. S.) dependiente del U. S. Department of Agriculture en 1957. Se basa fundamentalmente en representar el hidrograma de una cuenca por medio de una figura geométrica triangular.

El hidrograma total de la avenida se obtendrá de sumar los hidrogramas parciales originados por la precipitación ocurrida en cada uno de los intervalos en que se divide la duración de

la tormenta. El resultado dará una idea general del desarrollo del fenómeno y de su variación con respecto al período de retorno.

Las características del Hidrograma Unitario Triangular se dan a continuación, así como las fórmulas que se aplican para el desarrollo del método.



En donde:

- D Duración de la tormenta en horas.
- L Retraso, tiempo en horas, del centro del exceso del volumen de precipitación, a la hora pico del hidrograma.
- Q_p Gasto máximo unitario, en m^3/seg .
- T_p Tiempo en horas, medido desde el principio hasta el final del hidrograma.
- T_b Tiempo total del escurrimiento.

Para el método del Hidrograma Unitario Triangular se utilizan los parámetros y ecuaciones siguientes:

$$D = 2 \sqrt{T_c}$$

Para los factores de reducción, se utilizarán las figuras correspondientes de Altura de Precipitación-Duración tipo para una tormenta Convectiva y Reducción por área de Tormenta (ver gráficas 3.6, pág. 87 y 3.7, pág. 88).

Para el cálculo del Tiempo Pico se utilizará la siguiente ecuación,

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.5 T_c$$

el cálculo del Tiempo Base se realizará con la siguiente ecuación,

$$T_b = 2.67 T_p$$

Finalmente el cálculo del Gasto Pico Unitario se hará con la siguiente ecuación,

$$Q_p = \frac{0.208 A P_e}{T_p}$$

donde:

- Qp Esgurrimiento total (m³/seg)
- A Area de la cuenca en estudio (km²)
- Pe Precipitación (mm)
- Tp Tiempo pico (hr)
- Tc Tiempo de concentración. (hr)

METODOS PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION

Tiempo de concentración: tiempo que demora el agua en su viaje desde el punto hidráulico más distante de una cuenca hasta el punto considerado para el paso de la avenida.

Para el cálculo del tiempo de concentración (Tc), se considerarán las siguientes fórmulas, que para tal fin han sido propuestas por sus autores, las cuales se describen a continuación:

- METODO DE KIRPICH 1 (en base a la pendiente)

$$T_c = 0.0195 (1000 L)^{1.155} (H/0.3048)^{-0.385} / 60$$

- METODO EMPIRICO 1

$$T_c = 0.01 [1000 L / (100 P)^{0.5}]^{0.64}$$

- METODO KIRPICH 2

$$T_c = 0.0667 L^{0.77} [H / (1000 L)]^{-0.385}$$

- METODO FAA (Agencia Federal de Aviación de los E.U.A.)

$$T_c = 1.3 (1.1 - C) (1000 L/0.3048)^{0.5} (100 P)^{-0.333} / 60$$

- METODO DE E. BASSO

$$T_c = 0.0667 L^{1.155} (1000 H)^{-0.385}$$

- METODO DE ROWE (California Highways and Public Works)

$$T_c = [0.8707 L^3 / H]^{0.385}$$

donde:

- L Longitud del cauce principal, en kilómetros.
- H Desnivel total del cauce principal, en metros.
- S pendiente del cauce principal, en decimales
- C Coeficiente de escurrimiento (FAA)

Los resultados del cálculo del tiempo de concentración para la cuenca estudiada y las auxiliares se presentan en el cuadro correspondiente (ver cuadro 3.13, pág. 75). Como datos finales tenemos que el tiempo de concentración es el siguiente:

Hasta la estación San Jacinto es de 9.00 hr.
Hasta la estación Tlaxcala es de 8.66 hr.
Hasta la estación Echeverría es de 14.05 hr.

III.5.1.1. OBTENCION DE HIDROGRAMAS

Con los resultados obtenidos de la precipitación de diseño, se procede a aplicarles los factores de reducción de acuerdo con las gráficas correspondientes (ver gráficas 3.6, pág. 87 y 3.7, pág. 88), para así calcular los hidrogramas de la corriente en los períodos de retorno de 10, 50 y 100 años.

| Tr | Factor de reducción | Precipitación |
|-----|-----------------------|---------------|
| 10 | 96.184 (0.83) (0.76) | 60.673 |
| 50 | 119.100 (0.83) (0.76) | 75.128 |
| 100 | 128.788 (0.83) (0.76) | 81.239 |

A continuación se muestra el desarrollo de cálculo de la teoría del Hidrograma Unitario Triangular, así como las gráficas (ver gráficas 3.8, pág. 89; 3.9, pág. 90 y 3.10, pág. 91).

METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR
DEL U. S. RECLAMATION

NOMBRE DE LA CORRIENTE ATOYAC
 PERIODO DE RETORNO (AÑOS) = 10
 PRECIPITACION MAXIMA (mm.) = 60.673
 AREA DE LA CUENCA km2) = 1304.5
 NUMERO DE CURVA = 69.09
 TIEMPO DE CONCENTRACION (Hr.) = 9

| TIEMPO HORAS | LLUVIA TOTAL (mm.) | INCREMENTO LLUVIA (mm.) | INCREMENTO ORDENADO (mm.) | LLUVIA ACUMULADA (mm.) | ESCURRIMIENTO ACUMULADO (mm.) | INCREMENTO INCREMENTO (mm.) |
|-----------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 0 - 1 | 20.02 | 20.02 | 2.43 | 2.43 | 0.00 | 0.00 |
| 1 - 2 | 33.37 | 13.35 | 3.64 | 6.07 | 0.00 | 0.00 |
| 2 - 3 | 41.26 | 7.89 | 7.89 | 13.95 | 0.00 | 0.00 |
| 3 - 4 | 44.90 | 3.64 | 20.02 | 33.98 | 1.01 | 1.01 |
| 4 - 5 | 48.54 | 3.64 | 13.35 | 47.32 | 4.38 | 3.36 |
| 5 - 6 | 50.97 | 2.43 | 3.64 | 50.97 | 5.62 | 1.24 |
| 6 - 12 | 57.64 | 6.67 | 6.67 | 57.64 | 8.21 | 2.58 |
| 12 - 24 | 60.67 | 3.03 | 3.03 | 60.67 | 9.50 | 1.29 |

| TIEMPO HORAS | INCREMENTO DE LLUVIA PARA 1 mm. EN EXCESO Fe (mm.) | Qp M3/S/mm. | Q1 = Pe * Qp (M3/SEG.) | HIDROGRAMA UNITARIO DEL INCREMENTO | | |
|-----------------|---|----------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | | | | HORA DE INICIO | HORA DEL MAXIMA | HORA DEL FINAL |
| 0 - 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.90 | 15.75 |
| 1 - 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 6.90 | 16.75 |
| 2 - 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 7.90 | 17.75 |
| 3 - 4 | 1.01 | 45.99 | 46.60 | 3.00 | 8.90 | 18.75 |
| 4 - 5 | 3.36 | 45.99 | 154.69 | 4.00 | 9.90 | 19.75 |
| 5 - 6 | 1.24 | 45.99 | 57.18 | 5.00 | 10.90 | 20.75 |
| 6 - 12 | 2.58 | 32.30 | 83.49 | 6.00 | 14.40 | 28.43 |
| 12 - 24 | 1.29 | 23.80 | 30.80 | 12.00 | 23.40 | 42.44 |

RESULTADO DEL METODO

EL CALCULO PARA EL HIDROGRAMA DE INCREMENTOS
 PARA UN PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS
 CON UNA PRECIPITACION DE 60.673 mm.
 GASTO MAXIMO CALCULADO 282.2176 M3/SEG.

TABLA 1

METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR
DEL U. S. RECLAMATION

NOMBRE DE LA CORRIENTE ATOYAC
 PERIODO DE RETORNO (AÑOS) = 50
 PRECIPITACION MAXIMA (mm.) = 75.128
 AREA DE LA CUENCA Km2 = 1304.5
 NUMERO DE CURVA = 67.09
 TIEMPO DE CONCENTRACION (Hr.) = 9

| TIEMPO HORAS | LLUVIA TOTAL | INCREMENTO LLUVIA | INCREMENTO ORDENADO | LLUVIA ACUMULADA | ESCURRIMIENTO | |
|-----------------|--------------|-------------------|---------------------|------------------|---------------|-------|
| | (mm.) | (mm.) | (mm.) | (mm.) | (mm.) | (mm.) |
| 0 - 1 | 24.79 | 24.79 | 3.01 | 3.01 | 0.00 | 0.00 |
| 1 - 2 | 41.32 | 16.53 | 4.51 | 7.51 | 0.00 | 0.00 |
| 2 - 3 | 51.09 | 9.77 | 9.77 | 17.28 | 0.00 | 0.00 |
| 3 - 4 | 55.59 | 4.51 | 24.79 | 42.07 | 2.81 | 2.81 |
| 4 - 5 | 60.10 | 4.51 | 16.53 | 58.60 | 8.61 | 5.79 |
| 5 - 6 | 63.11 | 3.01 | 4.51 | 63.11 | 10.59 | 1.96 |
| 6 - 12 | 71.37 | 8.26 | 8.26 | 71.37 | 14.58 | 3.99 |
| 12 - 24 | 75.13 | 3.76 | 3.76 | 75.13 | 16.54 | 1.96 |

| TIEMPO HORAS | INCREMENTO DE LLUVIA PARA 1 mm. EN EXCESO Pe (mm.) | Qp M3/S/mm. | Qi=Pe*Qp (M3/SEG.) | HIDROGRAMA UNITARIO DEL INCREMENTO | | |
|-----------------|--|-------------|--------------------|------------------------------------|-----------------|----------------|
| | | | | HORA DE INICIO | HORA DEL MAXIMA | HORA DEL FINAL |
| 0 - 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.90 | 15.75 |
| 1 - 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 6.90 | 16.75 |
| 2 - 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 7.90 | 17.75 |
| 3 - 4 | 2.31 | 45.99 | 129.41 | 3.00 | 8.90 | 18.75 |
| 4 - 5 | 5.79 | 45.99 | 265.42 | 4.00 | 9.90 | 19.75 |
| 5 - 6 | 1.98 | 45.99 | 91.05 | 5.00 | 10.90 | 20.75 |
| 6 - 12 | 3.99 | 32.30 | 129.03 | 6.00 | 14.40 | 28.43 |
| 12 - 24 | 1.76 | 23.80 | 46.56 | 12.00 | 23.40 | 42.44 |

RESULTADO DEL METODO

EL CALCULO PARA EL HIDROGRAMA DE INCREMENTOS
 PARA UN PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS
 CON UNA PRECIPITACION DE 75.128 mm.
 GASTO MAXIMO CALCULADO 518.2224 M3/SEG.

TABLA 2

METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR
DEL U. S. RECLAMATION

NOMBRE DE LA CORRIENTE ATOYAC
 PERIODO DE RETORNO (AÑOS) = 100
 PRECIPITACION MAXIMA (mm.) = 61.239
 AREA DE LA CUENCA Km2 = 1304.5
 NUMERO DE CURVA = 69.09
 TIEMPO DE CONCENTRACION (Hr.) = 9

| TIEMPO HORAS | LLUVIA TOTAL (mm.) | INCREMENTO LLUVIA (mm.) | INCREMENTO ORDENADO (mm.) | LLUVIA ACUMULADA (mm.) | ESCURRIMIENTO ACUMULADO (mm.) | INCREMENTO (mm.) |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|
| 0 - 1 | 26.81 | 26.81 | 3.25 | 3.25 | 0.00 | 0.00 |
| 1 - 2 | 44.68 | 17.87 | 4.87 | 8.12 | 0.00 | 0.00 |
| 2 - 3 | 55.24 | 10.56 | 10.56 | 18.68 | 0.00 | 0.00 |
| 3 - 4 | 60.12 | 4.87 | 26.81 | 45.49 | 3.80 | 3.80 |
| 4 - 5 | 64.95 | 4.87 | 17.87 | 63.37 | 10.71 | 6.91 |
| 5 - 6 | 68.24 | 3.25 | 4.87 | 68.24 | 13.02 | 2.31 |
| 6 - 12 | 77.16 | 8.94 | 8.94 | 77.16 | 17.64 | 4.62 |
| 12 - 24 | 81.24 | 4.06 | 4.06 | 81.24 | 19.89 | 2.25 |

| TIEMPO HORAS | INCREMENTO DE LLUVIA EN EXCESO P_e (mm.) | Q_p M3/S/mm. | $Q_1 = P_e \times C_p$ (M3/SEG.) | HIDROGRAMA UNITARIO DE INCREMENTO | | |
|--------------|--|----------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|
| | | | | HORA DE INICIO | HORA DEL MAXIMA | HORA DEL FINAL |
| 0 - 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.90 | 15.75 |
| 1 - 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 5.90 | 16.75 |
| 2 - 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 7.90 | 17.75 |
| 3 - 4 | 3.80 | 45.99 | 174.75 | 3.00 | 8.70 | 16.75 |
| 4 - 5 | 6.91 | 45.99 | 317.57 | 4.00 | 9.70 | 17.75 |
| 5 - 6 | 2.31 | 45.99 | 106.27 | 5.00 | 10.90 | 20.75 |
| 6 - 12 | 4.62 | 32.30 | 149.32 | 6.00 | 14.40 | 26.43 |
| 12 - 24 | 2.25 | 23.80 | 53.53 | 12.00 | 23.40 | 42.44 |

RESULTADO DEL METODO

EL CALCULO PARA EL HIDROGRAMA DE INCREMENTOS
 PARA UN PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS
 CON UNA FRECIPITACION DE 61.239 mm.
 GASTO MAXIMO CALCULADO 632.1671 M3/SEG.

TABLA 3

Los resultados del método del Hidrograma Unitario Triangular para diferentes períodos de retorno son los siguientes:

| Tr | Gasto Máximo |
|------|----------------------|
| años | m ³ / seg |
| 10 | 282.811 |
| 50 | 518.217 |
| 100 | 632.164 |

III.6. ANALISIS GENERAL DE RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos por los métodos de análisis de gastos, tenemos que los más recomendables son los estadísticos o probabilísticos.

| Tr | Métodos Probabilísticos | H. U. T. |
|------|-------------------------|----------------------|
| años | m ³ / seg | m ³ / seg |
| 10 | 242.039 | 282.811 |
| 50 | 326.592 | 518.217 |
| 100 | 362.339 | 632.164 |

El incremento que muestra el método de relación Lluvia - Esguerramiento, con respecto a los Estadísticos, da origen a que no se seleccionen como gastos de diseño. Sin embargo, con los métodos estadísticos se tienen valores más razonables dependiendo del período de retorno. Para la finalidad de este estudio, estos últimos datos son los definitivos de diseño.

III.7. APLICACION DE RESULTADOS EN UNA SECCION TRANSVERSAL

Una de las aplicaciones del análisis hidrológico del río es el de hacer circular los gastos de diseño de cada período de retorno a través de la sección transversal del mismo para saber como se comportaría. En caso de no soportar los gastos máximos, se procederá a realizar la obra de protección del río.

En este apartado se presentan en forma simple el funcionamiento hidráulico de una parte del río (mediante dos secciones transversales de éste) con los gastos máximos asociados a un período de retorno de 10, 50 y 100 años del análisis hidrológico (ver figuras 3.1, pág. 98; 3.2, pág. 99; 3.3, pág. 100 y 3.4, pág. 101).

En ocasiones el río no tiene la suficiente capacidad para soportar los gastos de diseño. Por lo que es conveniente colocar bordos de protección en las márgenes del río. El diseño de estos bordos requiere de un análisis hidráulico bastante extenso lo que nos llevaría a realizar el proyecto de la obra, por lo cual solo se dará la altura de ellos para contener el gasto de diseño asociado a un período de retorno seleccionado previamente, de acuerdo a la protección que se vaya a dar a la zona.

Al observar los resultados de la aplicación de cada uno de los gastos (para un período de retorno de 10, 50 y 100 años), la superficie libre del agua que muestra cada gasto en el río no sobrepasa la altura de diseño de los bordos ya construidos. El bordo libre que se tiene en el gasto para el período de retorno de 100 años es de 0.18 m, lo que marca un funcionamiento adecuado como obra de protección.

CUADROS
Y
GRAFICAS

RESULTADOS DE LA PROBABILIDAD POR MEDIO DE LA
DISTRIBUCION DE GUMBEL
CON DATOS DE LA ESTACION TLAXCALA
GASTO EN M³/SEG.

| ARO | DATOS | ORDEN | DECRE- CIENTE | m1/N | (m1+1)/N | TR AROS | PROBABIL. DE G. (%) |
|------|--------|-------|------------------|--------|----------|------------|------------------------|
| 1962 | 227.41 | 1 | 227.41 | 0.0625 | 0.1250 | 17.000 | 4.32 |
| 1963 | 193.44 | 2 | 201.00 | 0.1250 | 0.1875 | 9.500 | 9.01 |
| 1964 | 183.50 | 3 | 193.44 | 0.1875 | 0.2500 | 5.667 | 11.07 |
| 1965 | 133.65 | 4 | 183.50 | 0.2500 | 0.3125 | 4.250 | 14.46 |
| 1966 | 110.30 | 5 | 169.60 | 0.3125 | 0.3750 | 3.400 | 20.78 |
| 1967 | 86.00 | 6 | 158.00 | 0.3750 | 0.4375 | 2.633 | 27.76 |
| 1968 | 124.87 | 7 | 133.65 | 0.4375 | 0.5000 | 2.429 | 48.05 |
| 1969 | 106.80 | 8 | 124.87 | 0.5000 | 0.5625 | 2.125 | 56.96 |
| 1970 | 169.60 | 9 | 123.70 | 0.5625 | 0.6250 | 1.889 | 58.15 |
| 1971 | 83.60 | 10 | 123.30 | 0.6250 | 0.6875 | 1.700 | 58.60 |
| 1972 | 201.00 | 11 | 112.72 | 0.6875 | 0.7500 | 1.545 | 69.74 |
| 1973 | 123.70 | 12 | 110.30 | 0.7500 | 0.8125 | 1.417 | 72.24 |
| 1974 | 112.72 | 13 | 106.80 | 0.8125 | 0.8750 | 1.308 | 75.76 |
| 1975 | 158.00 | 14 | 86.10 | 0.8750 | 0.9375 | 1.214 | 92.35 |
| 1976 | 123.30 | 15 | 86.00 | 0.9375 | 1.0000 | 1.133 | 92.40 |
| 1977 | 86.10 | 16 | 83.60 | 1.0000 | 1.0625 | 1.063 | 93.68 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

PROBABILIDAD DE GUMBEL Y PERIODO DE RETORNO

TESIS PROFESIONAL

ESTACION TLAXCALA

CUADRO 3.1

RESULTADOS DE LA PROBABILIDAD POR MEDIO DE LA
DISTRIBUCION DE GUMBEL
CON DATOS DE LA ESTACION ECHEVERRIA
GASTO EN M3/SEG.

| ANO | DATOS | ORDEN | DECRE- CIENTE | mi/N | (mi+1)/N | TR AROS | PROBABIL. DE G. (%) |
|------|--------|-------|------------------|--------|----------|------------|------------------------|
| 1962 | 114.20 | 1 | 343.67 | 0.0625 | 0.1250 | 17.000 | 3.14 |
| 1963 | 130.40 | 2 | 294.64 | 0.1250 | 0.1875 | 8.500 | 7.84 |
| 1964 | 140.64 | 3 | 255.00 | 0.1875 | 0.2500 | 5.667 | 16.03 |
| 1965 | 168.48 | 4 | 247.50 | 0.2500 | 0.3125 | 4.250 | 18.26 |
| 1966 | 177.57 | 5 | 235.20 | 0.3125 | 0.3750 | 3.400 | 22.53 |
| 1967 | 137.05 | 6 | 220.50 | 0.3750 | 0.4375 | 2.833 | 28.71 |
| 1968 | 343.67 | 7 | 197.00 | 0.4375 | 0.5000 | 2.429 | 41.20 |
| 1969 | 294.64 | 8 | 177.57 | 0.5000 | 0.5625 | 2.125 | 53.73 |
| 1970 | 175.20 | 9 | 175.20 | 0.5625 | 0.6250 | 1.889 | 55.36 |
| 1971 | 255.00 | 10 | 168.48 | 0.6250 | 0.6875 | 1.700 | 60.05 |
| 1972 | 247.50 | 11 | 152.60 | 0.6875 | 0.7500 | 1.545 | 71.18 |
| 1973 | 220.50 | 12 | 140.64 | 0.7500 | 0.8125 | 1.417 | 79.08 |
| 1974 | 197.00 | 13 | 137.05 | 0.8125 | 0.8750 | 1.308 | 81.29 |
| 1975 | 152.60 | 14 | 130.40 | 0.8750 | 0.9375 | 1.214 | 85.10 |
| 1976 | 235.20 | 15 | 115.80 | 0.9375 | 1.0000 | 1.133 | 91.94 |
| 1977 | 115.80 | 16 | 114.20 | 1.0000 | 1.0625 | 1.063 | 92.55 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

PROBABILIDAD DE GUMBEL Y PERÍODO DE RETORNO

TESIS PROFESIONAL

ESTACION ECHEVERRIA

CUADRO 3.2

RESULTADOS DE LA PROBABILIDAD POR MEDIO DE LA
DISTRIBUCION DE GUMBEL
CON DATOS DE LA ESTACION TLAXCALA
PRECIPITACION EN MM.

| AÑO | DATOS | ORDEN | DECRE- CIENTE | mi/N | (mi+1)/N | TR AÑOS | PROBABIL. DE G. (%) |
|------|-------|-------|------------------|--------|----------|------------|------------------------|
| 1962 | 97.34 | 1 | 97.34 | 0.0625 | 0.1250 | 17.000 | 3.05 |
| 1963 | 75.68 | 2 | 88.34 | 0.1250 | 0.1875 | 8.500 | 7.10 |
| 1964 | 65.33 | 3 | 77.68 | 0.1875 | 0.2500 | 5.667 | 18.56 |
| 1965 | 49.66 | 4 | 76.00 | 0.2500 | 0.3125 | 4.250 | 21.44 |
| 1966 | 57.68 | 5 | 75.68 | 0.3125 | 0.3750 | 3.400 | 22.03 |
| 1967 | 54.67 | 6 | 68.68 | 0.3750 | 0.4375 | 2.833 | 38.59 |
| 1968 | 68.68 | 7 | 68.00 | 0.4375 | 0.5000 | 2.429 | 40.58 |
| 1969 | 60.00 | 8 | 67.33 | 0.5000 | 0.5625 | 2.125 | 42.60 |
| 1970 | 76.00 | 9 | 65.33 | 0.5625 | 0.6250 | 1.889 | 48.97 |
| 1971 | 52.00 | 10 | 64.00 | 0.6250 | 0.6875 | 1.700 | 53.45 |
| 1972 | 88.34 | 11 | 60.00 | 0.6875 | 0.7500 | 1.545 | 67.47 |
| 1973 | 68.00 | 12 | 57.68 | 0.7500 | 0.8125 | 1.417 | 75.43 |
| 1974 | 67.33 | 13 | 54.67 | 0.8125 | 0.8750 | 1.308 | 84.66 |
| 1975 | 77.68 | 14 | 53.00 | 0.8750 | 0.9375 | 1.214 | 88.93 |
| 1976 | 64.00 | 15 | 52.00 | 0.9375 | 1.0000 | 1.133 | 91.13 |
| 1977 | 53.00 | 16 | 49.66 | 1.0000 | 1.0625 | 1.063 | 95.19 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

PROBABILIDAD DE GUMBEL Y PERIODOS DE RETORNO

TESIS PROFESIONAL

ESTACION TLAXCALA

CUADRO 3.3

RESULTADOS DE LA PROBABILIDAD POR MEDIO DE LA
DISTRIBUCION DE GUMBEL
CON DATOS DE LA ESTACION ECHEVERRIA
PRECIPITACION EN MM.

| AÑO | DATOS | ORDEN | DECRE- CIENTE | m_i/N | $(m_i+1)/N$ | TR AÑOS | PROBABIL. DE G. (%) |
|------|-------|-------|------------------|---------|-------------|------------|------------------------|
| 1962 | 50.00 | 1 | 88.00 | 0.0625 | 0.1250 | 17.000 | 5.05 |
| 1963 | 60.00 | 2 | 85.34 | 0.1250 | 0.1875 | 8.500 | 6.98 |
| 1964 | 62.00 | 3 | 78.66 | 0.1875 | 0.2500 | 5.667 | 15.41 |
| 1965 | 84.00 | 4 | 77.00 | 0.2500 | 0.3125 | 4.250 | 18.62 |
| 1966 | 65.67 | 5 | 74.34 | 0.3125 | 0.3750 | 3.400 | 25.01 |
| 1967 | 63.33 | 6 | 72.65 | 0.3750 | 0.4375 | 2.833 | 29.94 |
| 1968 | 71.00 | 7 | 72.32 | 0.4375 | 0.5000 | 2.429 | 30.99 |
| 1969 | 74.34 | 8 | 71.00 | 0.5000 | 0.5625 | 2.125 | 35.45 |
| 1970 | 59.32 | 9 | 65.67 | 0.5625 | 0.6250 | 1.889 | 57.47 |
| 1971 | 60.66 | 10 | 64.00 | 0.6250 | 0.6875 | 1.700 | 65.16 |
| 1972 | 77.00 | 11 | 63.33 | 0.6875 | 0.7500 | 1.545 | 68.24 |
| 1973 | 72.32 | 12 | 62.00 | 0.7500 | 0.8125 | 1.417 | 74.22 |
| 1974 | 85.34 | 13 | 60.66 | 0.8125 | 0.8750 | 1.308 | 79.89 |
| 1975 | 78.66 | 14 | 60.00 | 0.8750 | 0.9375 | 1.214 | 82.49 |
| 1976 | 88.00 | 15 | 59.32 | 0.9375 | 1.0000 | 1.133 | 85.01 |
| 1977 | 72.65 | 16 | 50.00 | 1.0000 | 1.0625 | 1.063 | 99.78 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

PROBABILIDAD DE GUMBEL Y PERIODOS DE RETORNO

TESIS PROFESIONAL

ESTACION ECHEVERRIA

CUADRO 3.4

.....RESULTADOS DE LOS METODOS.....

ESTACION HIDROMETRICA TLAXCALA
ZAHUAPAN
GASTO M3/SEG.

| TR (AÑOS) | NASH | GUMBEL | GUMBEL 1 | LEBEDIEV | LOB-PEAR TIPO III | PEARSON T. III | MINIMOS CUADRADOS |
|--------------|--------|--------|----------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 1.10 | 104.42 | 78.89 | 88.51 | 89.77 | 88.70 | 85.17 | 93.70 |
| 5.00 | 202.29 | 181.55 | 171.09 | 171.82 | 172.74 | 174.81 | 177.25 |
| 10.00 | 233.91 | 214.00 | 197.19 | 196.87 | 199.96 | 198.14 | 215.49 |
| 25.00 | 274.29 | 254.99 | 230.16 | 227.53 | 234.64 | 224.94 | 266.05 |
| 50.00 | 304.52 | 285.40 | 254.62 | 247.82 | 260.64 | 243.28 | 304.30 |
| 100.00 | 334.72 | 315.59 | 278.91 | 267.26 | 286.58 | 260.63 | 342.54 |
| 250.00 | 374.74 | 355.33 | 310.88 | 287.99 | 320.35 | 281.28 | 393.10 |
| 500.00 | 405.12 | 385.34 | 335.02 | 329.44 | 347.91 | 298.67 | 431.34 |
| 1000.00 | 435.59 | 415.34 | 359.14 | 330.31 | 375.45 | 313.39 | 469.59 |

67



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

RESULTADOS DE ANALISIS HIDROLOGICO

TESIS PROFESIONAL

ESTACION

TLAXCALA

CUADRO 3.5

.....RESULTADOS DE LOS METODOS.....

ESTACION HIDROMETRICA ECHEVERRIA
 ATOYAC
 GASTO M3/SEG.

| TR (AROS) | NASH | GUMBEL | GUMBEL I | LEBEDIEV | LOG-PEAR TIPO III | PEARSON T. III | MINIMOS CUADRADOS |
|--------------|--------|--------|----------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 1.10 | 141.18 | 103.93 | 118.37 | 118.31 | 121.29 | 116.16 | 125.06 |
| 5.00 | 289.23 | 257.92 | 242.23 | 243.32 | 242.47 | 246.27 | 252.36 |
| 10.00 | 336.53 | 306.58 | 281.37 | 280.89 | 284.50 | 283.47 | 310.63 |
| 25.00 | 396.62 | 368.07 | 330.83 | 327.52 | 339.53 | 327.42 | 387.65 |
| 50.00 | 441.44 | 413.68 | 367.52 | 358.61 | 381.84 | 358.19 | 445.92 |
| 100.00 | 486.09 | 458.96 | 403.94 | 389.71 | 425.30 | 387.49 | 504.18 |
| 250.00 | 545.13 | 518.57 | 451.89 | 436.99 | 477.98 | 422.21 | 581.21 |
| 500.00 | 589.88 | 563.59 | 488.10 | 470.67 | 533.62 | 449.64 | 639.47 |
| 1000.00 | 634.72 | 606.57 | 524.28 | 487.51 | 583.92 | 475.73 | 697.74 |



Universidad Nacional Autónoma de México
 Escuela Nacional de Estudios Profesionales
 Acatlán

| | |
|-------------------|------------------------------------|
| Ingeniería Civil | RESULTADOS DE ANALISIS HIDROLOGICO |
| TESIS PROFESIONAL | ESTACION ECHEVERRIA CUADRO 3.6 |

.....RESULTADOS DE LOS METODOS.....

ESTACION HIDROMETRICA TLAXCALA
ZAHUAPAN
PRECIPITACION MM.

| TR (AÑOS) | NASH | GUMBEL | GUMBEL I | LEBEDIEV | LOG-PEAR TIPO III | PEARSON T. III | MINIMDE CUADRADOS |
|--------------|--------|--------|----------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 1.10 | 56.69 | 49.23 | 52.11 | 51.32 | 52.16 | 51.60 | 53.53 |
| 5.00 | 86.18 | 79.94 | 76.81 | 77.42 | 77.28 | 77.66 | 78.76 |
| 10.00 | 95.62 | 89.65 | 84.62 | 84.40 | 84.98 | 85.03 | 90.32 |
| 25.00 | 107.62 | 101.91 | 94.49 | 92.92 | 94.62 | 93.73 | 105.59 |
| 50.00 | 116.58 | 111.01 | 101.81 | 98.22 | 101.73 | 99.80 | 117.14 |
| 100.00 | 125.51 | 120.04 | 109.07 | 103.65 | 108.76 | 105.56 | 126.69 |
| 250.00 | 137.33 | 131.94 | 118.63 | 111.66 | 116.84 | 112.31 | 143.96 |
| 500.00 | 146.28 | 140.91 | 125.86 | 117.34 | 124.49 | 104.84 | 155.51 |
| 1000.00 | 155.26 | 149.89 | 133.07 | 120.18 | 130.87 | 123.25 | 167.06 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

RESULTADOS DE METODOS HIDROLOGICOS

TESIS PROFESIONAL

ESTACION TLAXCALA

CUADRO 3.7

.....RESULTADOS DE LOS METODOS.....

ESTACION HIDROMETRICA ECHEVERRIA
ATOYAC
PRECIPITACION MM.

| TR (AÑOS) | NASH | GUMBEL | GUMBEL 1 | LEBEDIEV | LOG-PEAR TIPO III | PEARSON T. III | MINIMOS CUADRADOS |
|--------------|--------|--------|----------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 1.10 | 61.17 | 55.25 | 57.46 | 56.36 | 56.33 | 56.20 | 58.86 |
| 5.00 | 83.50 | 78.76 | 76.37 | 77.13 | 77.49 | 77.48 | 77.60 |
| 10.00 | 90.75 | 86.19 | 82.34 | 82.07 | 82.48 | 82.33 | 86.18 |
| 25.00 | 100.02 | 95.58 | 89.89 | 87.81 | 88.04 | 87.65 | 97.52 |
| 50.00 | 106.97 | 102.54 | 95.50 | 91.47 | 91.77 | 91.17 | 106.10 |
| 100.00 | 113.92 | 109.46 | 101.06 | 95.03 | 95.18 | 94.41 | 114.68 |
| 250.00 | 123.14 | 118.56 | 108.38 | 100.17 | 99.27 | 97.82 | 126.02 |
| 500.00 | 130.14 | 125.43 | 113.90 | 103.83 | 102.12 | 101.50 | 134.60 |
| 1000.00 | 137.16 | 132.30 | 119.43 | 105.61 | 105.06 | 103.64 | 143.18 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

RESULTADOS DE METODOS HIDROLOGICOS

TESIS PROFESIONAL

ESTACION ECHEVERRIA

CUADRO 3.8

| ESTACION TLAXCALA | | | ESTACION SAN JACINTO | |
|----------------------|--------------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| PER. DE RET- AÑOS | GASTO MAXIMO m ³ / seg | GASTO UNITAR- m ³ /seg/ km ² | GASTO UNITAR- m ³ /seg/ km ² | GASTO MAXIMO m ³ / seg |
| 1-1 | 78.89 | 0.07541 | 0.05488 | 84.539 |
| 5 | 181.55 | 0.17584 | 0.14931 | 194.781 |
| 10 | 214.00 | 0.20726 | 0.17500 | 229.596 |
| 25 | 254.99 | 0.24096 | 0.20972 | 273.573 |
| 50 | 285.40 | 0.27642 | 0.23473 | 305.200 |
| 100 | 315.59 | 0.30566 | 0.25956 | 336.590 |
| 250 | 355.33 | 0.34415 | 0.29224 | 381.226 |
| 500 | 385.34 | 0.37321 | 0.31692 | 413.423 |
| 1000 | 415.34 | 0.40227 | 0.34159 | 445.609 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

TRANSPOSICION DE CUENCAS

TESIS PROFESIONAL

TLAXCALA - SAN JACINTO

CUADRO 3.9

| ESTACION ECHEVERRIA | | | ESTACION SAN JACINTO | |
|----------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------------------|
| PER. DE RET- AÑOS | GASTO MAXIMO m ³ / eeg | GASTO UNITAR. m ³ /eeg/km ² | GASTO UNITAR. m ³ /eeg/km ² | GASTO MAXIMO m ³ / eeg |
| 1-1 | 103-93 | 0-02999 | 0-06290 | 82-051 |
| 5 | 257-92 | 0-07443 | 0-15609 | 203-623 |
| 10 | 308-58 | 0-08847 | 0-18554 | 242-039 |
| 25 | 368-07 | 0-10621 | 0-22275 | 290-584 |
| 50 | 413-68 | 0-11937 | 0-25036 | 328-592 |
| 100 | 458-98 | 0-13244 | 0-27776 | 362-339 |
| 250 | 518-57 | 0-14964 | 0-31384 | 409-400 |
| 500 | 583-59 | 0-16263 | 0-34108 | 444-943 |
| 1000 | 608-57 | 0-17561 | 0-36830 | 480-453 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

TRANSPOSICION DE CUENCAS

TESIS PROFESIONAL

ECHEVERRIA-SAN JACINTO

CUADRO 3.10

| ESTACION TLAXCALA | | | ESTACION SAN JACINTO | |
|----------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| PER. DE RET- AÑOS | PREC. MAXIMA MILIMETROS | PREC. UNITAR- mm/km ² | PREC. UNITAR- mm/km ² | PREC. MAXIMA MILIMETROS |
| 1-1 | 49.23 | 0.04768 | 0.04049 | 52.818 |
| 5 | 79.94 | 0.07742 | 0.06575 | 85.765 |
| 10 | 89.65 | 0.08883 | 0.07373 | 96.184 |
| 25 | 101.91 | 0.09870 | 0.08382 | 109.337 |
| 50 | 111.01 | 0.10752 | 0.09130 | 119.100 |
| 100 | 120.04 | 0.11628 | 0.09873 | 129.768 |
| 250 | 131.94 | 0.12779 | 0.10851 | 141.558 |
| 500 | 140.91 | 0.13647 | 0.11589 | 151.179 |
| 1000 | 149.89 | 0.14517 | 0.12328 | 160.814 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

TRANSPOSICION DE CUENCAS (PRECIPITACION)

TESIS PROFESIONAL

TLAXCALA-SAN JACINTO

CUADRO 3.11

| ESTACION ECHEVERRIA | | | ESTACION SAN JACINTO | |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| PER. DE RET. AÑOS | PREC. MAXIMA MILIMETROS | PREC. UNITAR. mm/km ² | PREC. UNITAR. mm/km ² | PREC. MAXIMA MILIMETROS |
| 1-1 | 52.25 | 0.01594 | 0.03344 | 43.619 |
| 5 | 78.76 | 0.02273 | 0.04767 | 62.179 |
| 10 | 86.19 | 0.02497 | 0.05216 | 68.045 |
| 25 | 95.58 | 0.02758 | 0.05784 | 75.458 |
| 50 | 102.54 | 0.02959 | 0.06206 | 80.853 |
| 100 | 109.46 | 0.03159 | 0.06624 | 86.416 |
| 250 | 118.56 | 0.03421 | 0.07175 | 93.601 |
| 500 | 125.43 | 0.03619 | 0.07591 | 99.024 |
| 1000 | 132.30 | 0.03818 | 0.08007 | 104.448 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acañán

Ingeniería Civil

TRANSPOSICION DE CUENCAS (PRECIPITACION)

TESIS PROFESIONAL

ECHEVERRIA - SAN JACINTO

CUADRO 3.12

JATCS PARA CALCULAR POR DIFERENTES
METODOS EL TIEMPO DE CONCENTRACION
EST SN JACINTO

| | | |
|---------------------------------------|--------|---------|
| LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL EN (Km.) | L = | 59.95 |
| DESNIVEL DEL CAUCE PRINCIPAL EN (m.) | H = | 620 |
| PENDIENTE EN DECIMALES | S = | .002522 |
| NUMERO DE CURVA DE ESCURRIMIENTO | (CN) = | 0 |

RESULTADOS DE TIEMPO DE CONCENTRACION

| | | |
|---------------------|-------|-----|
| METODO DE KIRPICH 1 | 5.70 | HR. |
| METODO EMPIRICO 1 | 17.73 | HR. |
| METODO DE KIRPICH 2 | 8.98 | HR. |
| METODO FAA (1) | 13.67 | HR. |
| METODO DE BASSO | 9.05 | HR. |
| METODO DE ROWE | 9.00 | HR. |

TABLA 1

JATCS PARA CALCULAR POR DIFERENTES
METODOS EL TIEMPO DE CONCENTRACION
EST TLAXCALA

| | | |
|---------------------------------------|--------|---------|
| LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL EN (Km.) | L = | 41.6 |
| DESNIVEL DEL CAUCE PRINCIPAL EN (m.) | H = | 230 |
| PENDIENTE EN DECIMALES | S = | .004103 |
| NUMERO DE CURVA DE ESCURRIMIENTO | (CN) = | 0 |

RESULTADOS DE TIEMPO DE CONCENTRACION

| | | |
|---------------------|-------|-----|
| METODO DE KIRPICH 1 | 5.48 | HR. |
| METODO EMPIRICO 1 | 12.02 | HR. |
| METODO DE KIRPICH 2 | 8.64 | HR. |
| METODO FAA (1) | 9.69 | HR. |
| METODO DE BASSO | 8.71 | HR. |
| METODO DE ROWE | 8.66 | HR. |

TABLA 2



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

TIEMPO DE CONCENTRACION

TESIS PROFESIONAL

CUADRO 3.13

DATOS PARA CALCULAR POR DIFERENTES
MÉTODOS EL TIEMPO DE CONCENTRACION
EST ECHEVERRÍA

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL EN (Km.) | L = 93.75 |
| DESNIVEL DEL CAUCE PRINCIPAL EN (m.) | H = 750 |
| PENDIENTE EN DECIMALES | S = .002933 |
| NUMERO DE CURVA DE ESCURRIMIENTO | (CN) = 0 |

RESULTADOS DE TIEMPO DE CONCENTRACION

| | |
|---------------------|-----------|
| MÉTODO DE KIRPICH 1 | 8.89 HR. |
| MÉTODO EMPÍRICO 1 | 22.52 HR. |
| MÉTODO DE KIRPICH 2 | 14.01 HR. |
| MÉTODO FAA (1) | 16.27 HR. |
| MÉTODO DE BASSO | 14.12 HR. |
| MÉTODO DE ROWE | 14.05 HR. |

TABLA 3



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

TIEMPO DE CONCENTRACION. RESULTADOS

TESIS PROFESIONAL

CUADRO 3.13

CALCULO DEL NUMERO DE ESCURRIMIENTO

| USO DEL SUELO | CONDICION HIDROLOGICA | TIPO DE SUELO | % DE AREA | N PARCIAL | C |
|------------------------|-----------------------|---------------|-----------|-----------|-------|
| BOSQUE | MUY ESPESO | C | 0.284 | 54 | 15.34 |
| USO AGRICOLA | NORMAL | C | 0.596 | 73 | 43.51 |
| DESCANSO (SIN CULTIVO) | SURCOS RECTOS | C | 0.055 | 91 | 5.01 |
| PASTIZAL | NORMAL | C | 0.056 | 79 | 4.42 |
| CAMINOS | SUPERFICIE DURA | C | 0.009 | 90 | 0.81 |
| Σ | | | 1.000 | | 69.09 |

VALOR FINAL DE N = 69.09



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

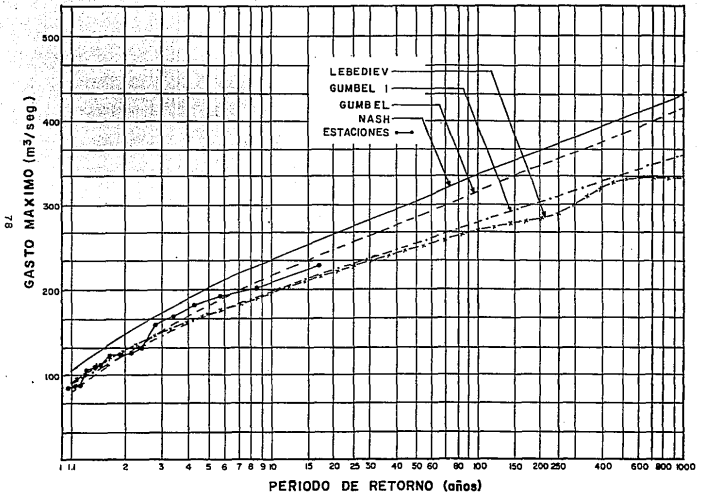
Ingeniería Civil

CALCULO DE LA CURVA "N"

TESIS PROFESIONAL

CUADRO 3.14

PAPEL DE PROBABILIDAD

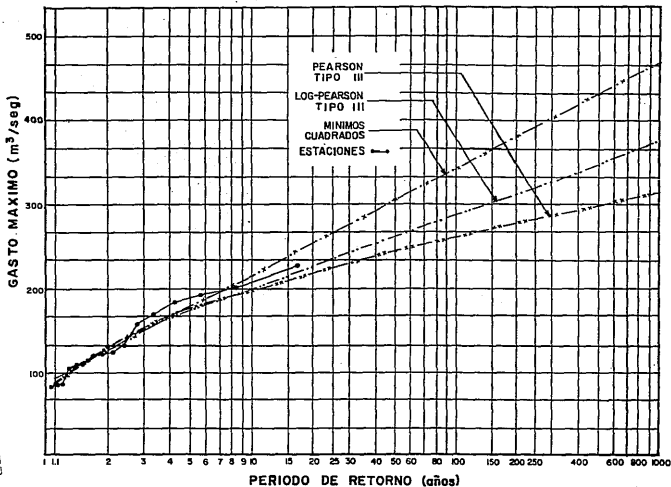


GRAFICA 3.1 GASTOS MAXIMOS-PERIODOS DE RETORNO. ESTACION TLAXCALA

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

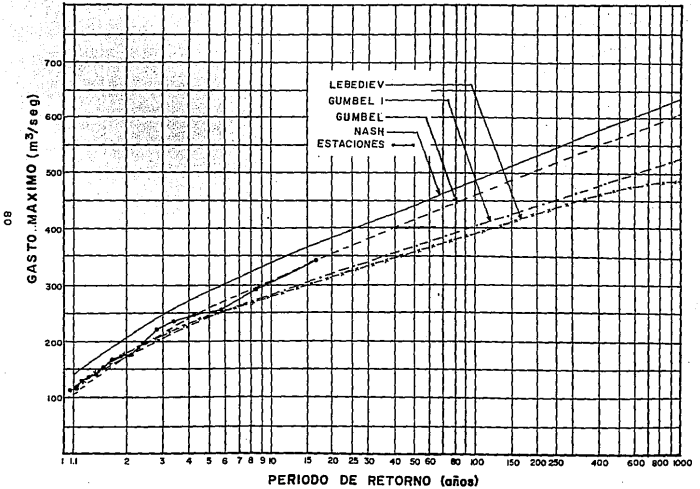
79

PAPEL DE PROBABILIDAD

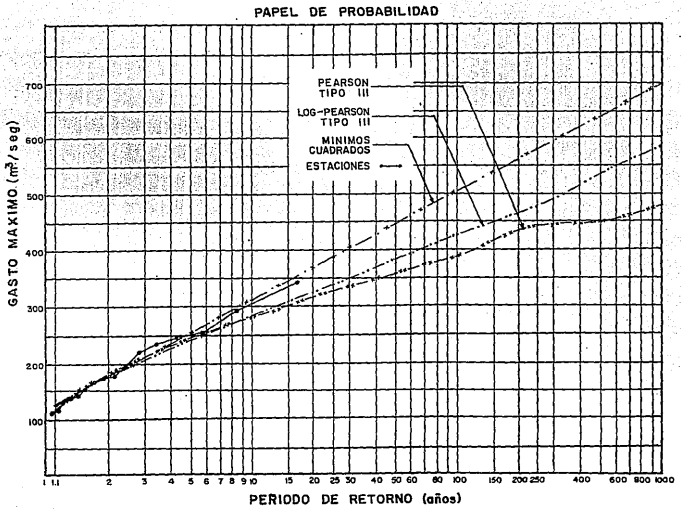


GRAFICA 3.1 GASTOS MAXIMOS-PERIODOS DE RETORNO. ESTACION. TLAXCALA

PAPEL DE PROBABILIDAD

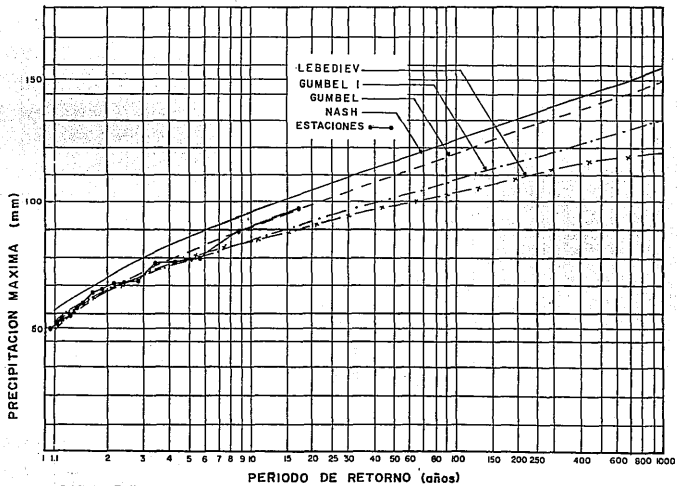


GRAFICA 3.2 GASTOS MAXIMOS - PERIODO DE RETORNO. ESTACION ECHEVERRIA



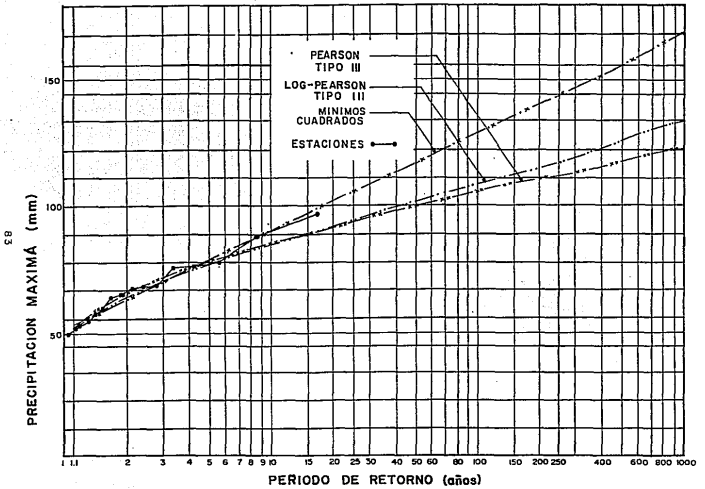
GRAFICA 3.2 GASTOS MAXIMOS - PERIODOS DE RETORNO. ESTACION ECHEVERRIA

PAPEL DE PROBABILIDAD



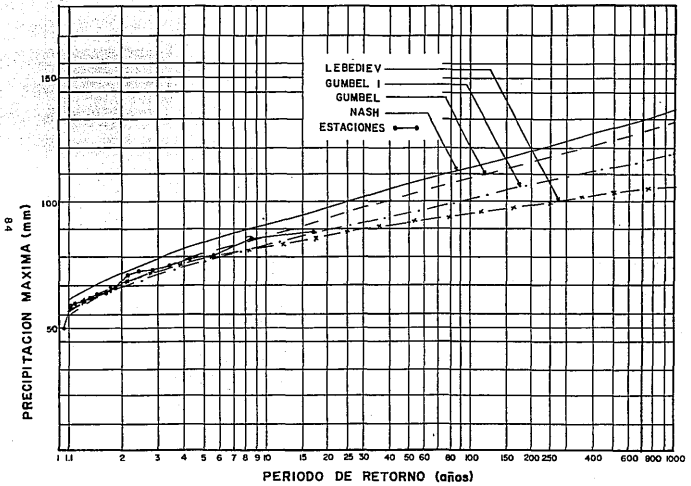
GRAFICA 3.3 PRECIPITACIONES - PERIODOS DE RETORNO. ESTACION TLAXCALA.

PAPEL DE PROBABILIDAD



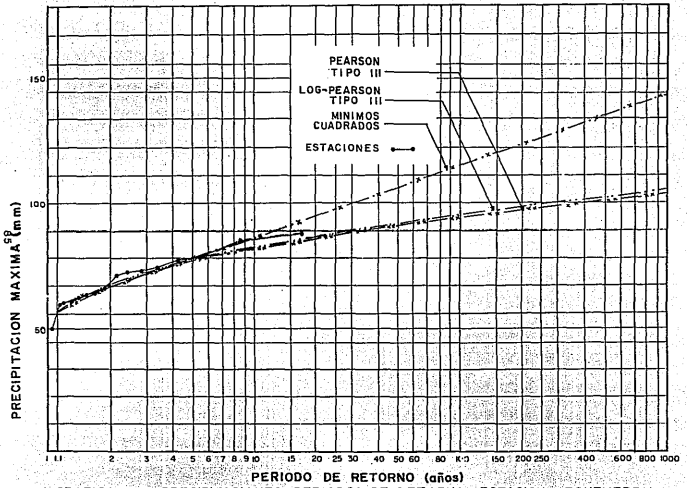
GRAFICA 3.3 PRECIPITACIONES-PERIODOS DE RETORNO. ESTACION TLAXCALA.

PAPEL DE PROBABILIDAD

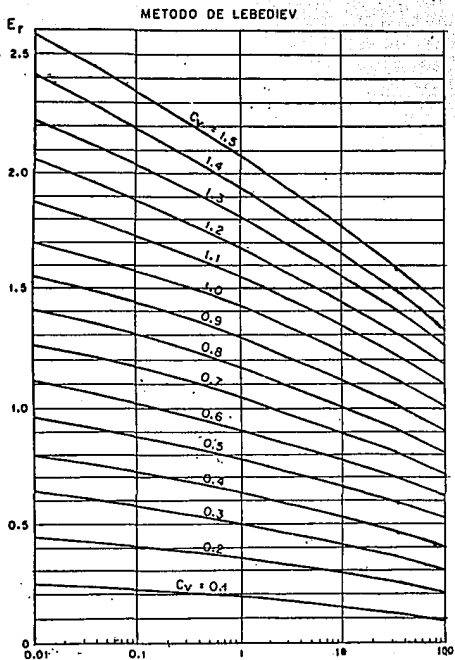


GRAFICA 3.4 PRECIPITACIONES - PERIODOS DE RETORNO. ESTACION ECHEVERRIA.

PAPEL DE PROBABILIDAD

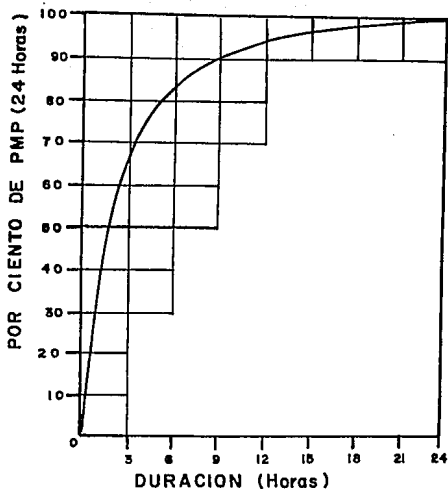


GRAFICA 3.4 PRECIPITACIONES-PERIODOS DE RETORNO. ESTACION ECHEVERRIA.



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

| | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Ingeniería Civil | METODO DE LEBEDIEV | |
| TESIS PROFESIONAL | COEFICIENTE E_r | GRAFICA 3.5 |



**CURVA DE ALTURA DE PRECIPITACION-DURACION
TIPO PARA UNA TORMENTA CONVECTIVA**



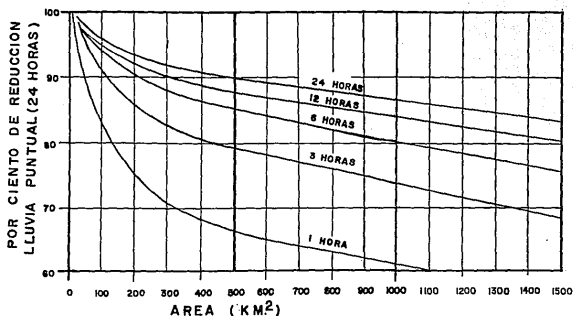
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

ALTURA DE PRECIPITACION-DURACION

TESIS PROFESIONAL

GRAFICA 3.6



CURVAS DE REDUCCION POR AREA Y REDUCCION DE LA TORMENTA.



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

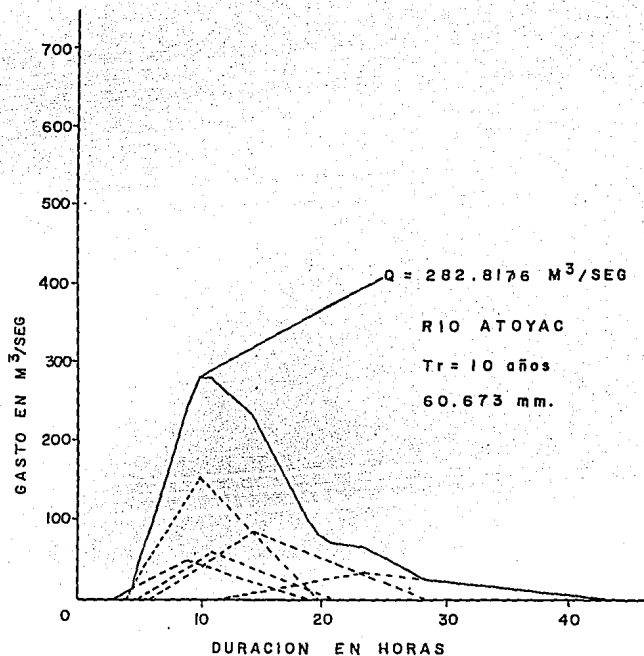
Ingeniería Civil

CURVAS REDUCCION POR AREA Y DE LA LLUVIA

TESIS PROFESIONAL

GRAFICA 3.7

HIDROGRAMA DE INCREMENTOS



Universidad Nacional Autónoma de México
 Escuela Nacional de Estudios Profesionales
 Acatlán

Ingeniería Civil

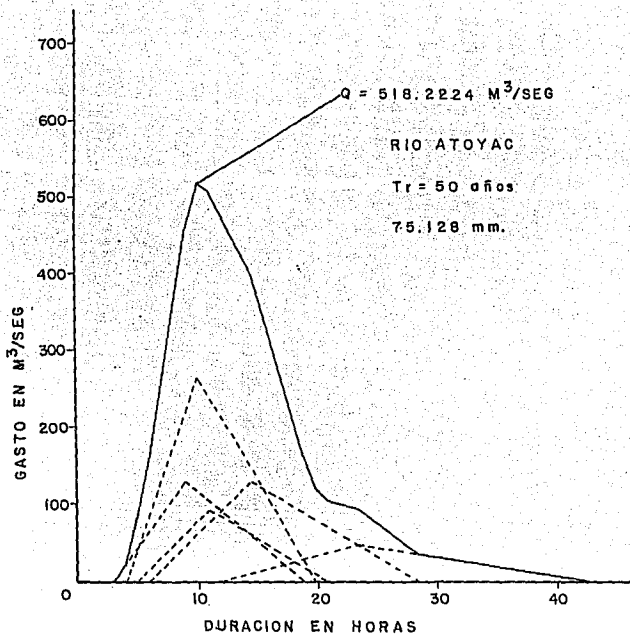
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

TESIS PROFESIONAL

$T_r = 10 \text{ años}$

GRAFICA 3.8

HIDROGRAMA DE INCREMENTOS



Universidad Nacional Autónoma de México
 Escuela Nacional de Estudios Profesionales
 Acatlán

Ingeniería Civil

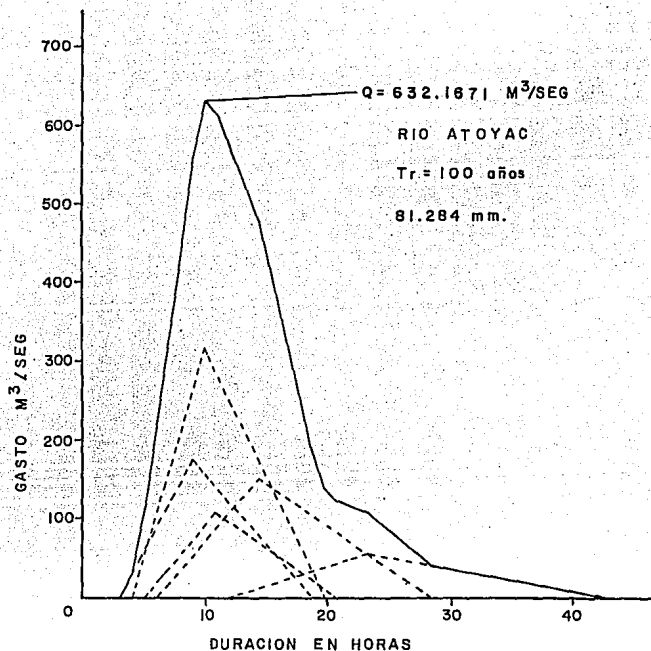
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

TESIS PROFESIONAL

$T_r = 50 \text{ años}$

GRAFICA 3.9

HIDROGRAMA DE INCREMENTOS



Universidad Nacional Autónoma de México
 Escuela Nacional de Estudios Profesionales
 Acatlán

Ingeniería Civil

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

TESIS PROFESIONAL

$Tr = 100 \text{ años}$

GRAFICA 3.10

TABLAS
Y
FIGURAS

| N | \bar{V}_N | σ_N | N | \bar{V}_N | σ_N |
|----|-------------|------------|----------|-------------|------------|
| 8 | .4843 | .9043 | 49 | .5481 | 1.1590 |
| 9 | .4902 | .9288 | 50 | .54854 | 1.16068 |
| 10 | .4952 | .9487 | 51 | .5489 | 1.1623 |
| 11 | .4996 | .9676 | 52 | .5493 | 1.1638 |
| 12 | .5035 | .9833 | 53 | .5497 | 1.1653 |
| 13 | .5070 | .9972 | 54 | .5501 | 1.1667 |
| 14 | .5100 | 1.0095 | 55 | .5504 | 1.1681 |
| 15 | .5128 | 1.02057 | 56 | .5508 | 1.1696 |
| 16 | .5157 | 1.0316 | 57 | .5511 | 1.1708 |
| 17 | .5181 | 1.0411 | 58 | .5515 | 1.1721 |
| 18 | .5202 | 1.0493 | 59 | .5518 | 1.1734 |
| 19 | .5220 | 1.0568 | 60 | .55208 | 1.17467 |
| 20 | .52355 | 1.06283 | 62 | .5527 | 1.1770 |
| 21 | .5252 | 1.0696 | 64 | .5533 | 1.1783 |
| 22 | .5268 | 1.0754 | 66 | .5538 | 1.1814 |
| 23 | .5283 | 1.0811 | 68 | .5543 | 1.1834 |
| 24 | .5296 | 1.0864 | 70 | .55477 | 1.18536 |
| 25 | .53086 | 1.09145 | 72 | .5552 | 1.1873 |
| 26 | .5320 | 1.0961 | 74 | .5557 | 1.1890 |
| 27 | .5332 | 1.1004 | 76 | .5561 | 1.1906 |
| 28 | .5343 | 1.1047 | 78 | .5565 | 1.1923 |
| 29 | .5353 | 1.1086 | 80 | .55688 | 1.19382 |
| 30 | .53622 | 1.11238 | 82 | .5572 | 1.1953 |
| 31 | .5371 | 1.1159 | 84 | .5576 | 1.1967 |
| 32 | .5380 | 1.1193 | 86 | .5580 | 1.1980 |
| 33 | .5388 | 1.1226 | 88 | .5583 | 1.1994 |
| 34 | .5396 | 1.1255 | 90 | .55860 | 1.20073 |
| 35 | .54034 | 1.12847 | 92 | .5589 | 1.2020 |
| 36 | .5410 | 1.1313 | 94 | .5592 | 1.2032 |
| 37 | .5418 | 1.1339 | 96 | .5595 | 1.2044 |
| 38 | .5424 | 1.1363 | 98 | .5598 | 1.2055 |
| 39 | .5430 | 1.1388 | 100 | .56002 | 1.20649 |
| 40 | .54362 | 1.14132 | 150 | .56461 | 1.22534 |
| 41 | .5442 | 1.1436 | 200 | .56715 | 1.23598 |
| 42 | .5448 | 1.1458 | 250 | .56878 | 1.24292 |
| 43 | .5453 | 1.1480 | 300 | .56993 | 1.24786 |
| 44 | .5458 | 1.1499 | 400 | .57144 | 1.25450 |
| 45 | .54630 | 1.15185 | 500 | .57240 | 1.25880 |
| 46 | .5468 | 1.1538 | 750 | .57377 | 1.26506 |
| 47 | .5473 | 1.1557 | 1000 | .57450 | 1.26851 |
| 48 | .5477 | 1.1574 | ∞ | .57722 | 1.28255 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

PARAMETROS Y_n y S_n

TESIS PROFESIONAL

METODO DE GUMBEL

TABLA 3.1

| | | p, en porcentaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C ₁ | 0.01 | 0.1 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 90 | 95 | 97 | 99 | 99.9 | |
| 0.0 | 3.72 | 2.09 | 2.58 | 2.33 | 2.03 | 1.88 | 1.64 | 1.28 | 0.84 | 0.67 | 0.52 | 0.25 | 0.00 | -0.23 | -0.52 | -0.67 | -0.84 | -1.28 | -1.64 | -1.88 | -2.33 | -2.09 |
| 0.05 | 2.83 | 3.16 | 2.62 | 2.26 | 2.06 | 1.90 | 1.65 | 1.28 | 0.84 | 0.66 | 0.52 | 0.24 | -0.01 | -0.26 | -0.52 | -0.68 | -0.84 | -1.28 | -1.62 | -1.86 | -2.29 | -2.02 |
| 0.1 | 3.94 | 3.23 | 2.67 | 2.40 | 2.11 | 1.92 | 1.67 | 1.29 | 0.84 | 0.66 | 0.51 | 0.24 | -0.02 | -0.27 | -0.53 | -0.68 | -0.83 | -1.27 | -1.61 | -1.84 | -2.25 | -2.95 |
| 0.15 | 4.05 | 3.21 | 2.71 | 2.44 | 2.13 | 1.94 | 1.68 | 1.30 | 0.84 | 0.66 | 0.50 | 0.23 | -0.02 | -0.28 | -0.54 | -0.68 | -0.83 | -1.26 | -1.60 | -1.82 | -2.22 | -2.88 |
| 0.2 | 4.16 | 3.28 | 2.76 | 2.47 | 2.16 | 1.96 | 1.70 | 1.30 | 0.82 | 0.65 | 0.50 | 0.22 | -0.03 | -0.28 | -0.55 | -0.69 | -0.83 | -1.26 | -1.58 | -1.79 | -2.18 | -2.81 |
| 0.25 | 4.27 | 3.45 | 2.81 | 2.50 | 2.18 | 1.98 | 1.71 | 1.30 | 0.82 | 0.64 | 0.49 | 0.21 | -0.04 | -0.29 | -0.56 | -0.70 | -0.83 | -1.25 | -1.56 | -1.77 | -2.14 | -2.69 |
| 0.3 | 4.38 | 3.52 | 2.86 | 2.54 | 2.21 | 2.00 | 1.72 | 1.31 | 0.82 | 0.64 | 0.48 | 0.20 | -0.05 | -0.30 | -0.56 | -0.70 | -0.83 | -1.24 | -1.55 | -1.75 | -2.10 | -2.67 |
| 0.35 | 4.50 | 3.59 | 2.90 | 2.58 | 2.23 | 2.02 | 1.73 | 1.32 | 0.82 | 0.64 | 0.48 | 0.20 | -0.06 | -0.30 | -0.56 | -0.70 | -0.83 | -1.24 | -1.53 | -1.72 | -2.06 | -2.60 |
| 0.4 | 4.61 | 3.66 | 2.95 | 2.61 | 2.26 | 2.04 | 1.75 | 1.32 | 0.82 | 0.62 | 0.47 | 0.19 | -0.07 | -0.31 | -0.57 | -0.71 | -0.83 | -1.23 | -1.52 | -1.70 | -2.03 | -2.54 |
| 0.45 | 4.72 | 3.74 | 2.99 | 2.64 | 2.28 | 2.06 | 1.76 | 1.32 | 0.82 | 0.62 | 0.46 | 0.18 | -0.08 | -0.32 | -0.58 | -0.71 | -0.83 | -1.22 | -1.51 | -1.68 | -2.00 | -2.47 |
| 0.5 | 4.83 | 3.81 | 3.04 | 2.68 | 2.31 | 2.08 | 1.77 | 1.32 | 0.81 | 0.62 | 0.46 | 0.17 | -0.08 | -0.33 | -0.58 | -0.71 | -0.83 | -1.22 | -1.49 | -1.66 | -1.96 | -2.40 |
| 0.55 | 4.94 | 3.88 | 3.08 | 2.72 | 2.33 | 2.10 | 1.78 | 1.32 | 0.80 | 0.62 | 0.45 | 0.16 | -0.09 | -0.34 | -0.58 | -0.72 | -0.83 | -1.24 | -1.55 | -1.64 | -1.92 | -2.32 |
| 0.6 | 5.05 | 3.96 | 3.13 | 2.75 | 2.35 | 2.12 | 1.80 | 1.33 | 0.80 | 0.61 | 0.44 | 0.16 | -0.10 | -0.34 | -0.59 | -0.72 | -0.83 | -1.20 | -1.45 | -1.61 | -1.88 | -2.27 |
| 0.65 | 5.16 | 4.03 | 3.17 | 2.78 | 2.37 | 2.14 | 1.81 | 1.33 | 0.79 | 0.60 | 0.44 | 0.15 | -0.11 | -0.35 | -0.60 | -0.72 | -0.83 | -1.19 | -1.44 | -1.59 | -1.84 | -2.20 |
| 0.7 | 5.28 | 4.10 | 3.22 | 2.81 | 2.40 | 2.15 | 1.82 | 1.33 | 0.79 | 0.59 | 0.43 | 0.14 | -0.12 | -0.36 | -0.60 | -0.72 | -0.83 | -1.18 | -1.42 | -1.57 | -1.81 | -2.14 |
| 0.75 | 5.39 | 4.17 | 3.26 | 2.86 | 2.42 | 2.16 | 1.83 | 1.34 | 0.78 | 0.58 | 0.42 | 0.13 | -0.12 | -0.36 | -0.60 | -0.72 | -0.86 | -1.18 | -1.40 | -1.54 | -1.78 | -2.08 |
| 0.8 | 5.50 | 4.24 | 3.31 | 2.89 | 2.45 | 2.18 | 1.84 | 1.34 | 0.78 | 0.58 | 0.41 | 0.12 | -0.13 | -0.37 | -0.60 | -0.73 | -0.86 | -1.17 | -1.38 | -1.52 | -1.74 | -2.02 |
| 0.85 | 5.62 | 4.31 | 3.35 | 2.92 | 2.47 | 2.20 | 1.85 | 1.34 | 0.78 | 0.58 | 0.40 | 0.12 | -0.14 | -0.38 | -0.60 | -0.73 | -0.86 | -1.16 | -1.36 | -1.49 | -1.70 | -1.96 |
| 0.9 | 5.73 | 4.38 | 3.40 | 2.96 | 2.50 | 2.23 | 1.85 | 1.34 | 0.77 | 0.57 | 0.40 | 0.11 | -0.15 | -0.38 | -0.61 | -0.73 | -0.85 | -1.15 | -1.35 | -1.47 | -1.66 | -1.90 |
| 0.95 | 5.84 | 4.46 | 3.44 | 2.99 | 2.52 | 2.24 | 1.87 | 1.34 | 0.76 | 0.56 | 0.39 | 0.10 | -0.16 | -0.38 | -0.62 | -0.73 | -0.85 | -1.14 | -1.34 | -1.44 | -1.62 | -1.84 |
| 1.0 | 5.96 | 4.53 | 3.49 | 3.02 | 2.54 | 2.25 | 1.88 | 1.34 | 0.76 | 0.55 | 0.38 | 0.09 | -0.16 | -0.39 | -0.62 | -0.73 | -0.85 | -1.13 | -1.32 | -1.42 | -1.59 | -1.79 |
| 1.05 | 6.07 | 4.60 | 3.53 | 3.06 | 2.56 | 2.26 | 1.88 | 1.34 | 0.75 | 0.54 | 0.37 | 0.08 | -0.17 | -0.40 | -0.63 | -0.74 | -0.85 | -1.12 | -1.30 | -1.40 | -1.56 | -1.74 |
| 1.1 | 6.18 | 4.67 | 3.58 | 3.09 | 2.58 | 2.28 | 1.89 | 1.34 | 0.74 | 0.54 | 0.36 | 0.07 | -0.18 | -0.41 | -0.63 | -0.74 | -0.85 | -1.10 | -1.28 | -1.38 | -1.52 | -1.68 |
| 1.15 | 6.30 | 4.74 | 3.62 | 3.12 | 2.60 | 2.30 | 1.90 | 1.34 | 0.74 | 0.53 | 0.36 | 0.06 | -0.18 | -0.42 | -0.63 | -0.74 | -0.84 | -1.09 | -1.26 | -1.36 | -1.48 | -1.63 |
| 1.2 | 6.41 | 4.81 | 3.66 | 3.15 | 2.62 | 2.31 | 1.92 | 1.34 | 0.73 | 0.52 | 0.35 | 0.05 | -0.19 | -0.42 | -0.63 | -0.74 | -0.84 | -1.08 | -1.24 | -1.33 | -1.45 | -1.58 |
| 1.25 | 6.52 | 4.88 | 3.70 | 3.18 | 2.64 | 2.32 | 1.93 | 1.34 | 0.72 | 0.52 | 0.34 | 0.04 | -0.20 | -0.43 | -0.63 | -0.74 | -0.84 | -1.07 | -1.22 | -1.30 | -1.42 | -1.53 |
| 1.3 | 6.64 | 4.95 | 3.74 | 3.21 | 2.67 | 2.34 | 1.94 | 1.34 | 0.72 | 0.51 | 0.33 | 0.04 | -0.21 | -0.43 | -0.63 | -0.74 | -0.84 | -1.06 | -1.20 | -1.28 | -1.38 | -1.48 |
| 1.35 | 6.74 | 5.02 | 3.78 | 3.24 | 2.69 | 2.36 | 1.94 | 1.34 | 0.72 | 0.50 | 0.32 | 0.03 | -0.22 | -0.44 | -0.64 | -0.74 | -0.84 | -1.05 | -1.18 | -1.26 | -1.35 | -1.44 |
| 1.4 | 6.87 | 5.09 | 3.82 | 3.27 | 2.71 | 2.37 | 1.95 | 1.34 | 0.71 | 0.49 | 0.31 | 0.02 | -0.22 | -0.44 | -0.64 | -0.73 | -0.83 | -1.04 | -1.17 | -1.23 | -1.32 | -1.39 |
| 1.45 | 6.98 | 5.19 | 3.87 | 3.30 | 2.72 | 2.38 | 1.95 | 1.33 | 0.70 | 0.48 | 0.30 | 0.01 | -0.23 | -0.44 | -0.64 | -0.73 | -0.82 | -1.03 | -1.15 | -1.21 | -1.29 | -1.35 |
| 1.5 | 7.09 | 5.28 | 3.91 | 3.32 | 2.74 | 2.39 | 1.95 | 1.32 | 0.69 | 0.47 | 0.30 | 0.00 | -0.24 | -0.45 | -0.64 | -0.73 | -0.82 | -1.02 | -1.13 | -1.19 | -1.26 | -1.31 |
| 1.55 | 7.20 | 5.32 | 3.95 | 3.36 | 2.76 | 2.40 | 1.96 | 1.32 | 0.68 | 0.46 | 0.29 | 0.01 | -0.24 | -0.45 | -0.64 | -0.73 | -0.82 | -1.00 | -1.12 | -1.16 | -1.23 | -1.28 |
| 1.6 | 7.31 | 5.37 | 3.99 | 3.39 | 2.78 | 2.42 | 1.97 | 1.32 | 0.68 | 0.46 | 0.28 | 0.02 | -0.25 | -0.46 | -0.64 | -0.72 | -0.81 | -0.99 | -1.10 | -1.14 | -1.20 | -1.24 |
| 1.65 | 7.42 | 5.44 | 4.02 | 3.43 | 2.80 | 2.43 | 1.97 | 1.32 | 0.67 | 0.45 | 0.27 | 0.02 | -0.26 | -0.46 | -0.64 | -0.72 | -0.81 | -0.98 | -1.08 | -1.12 | -1.17 | -1.20 |
| 1.7 | 7.54 | 5.50 | 4.07 | 3.44 | 2.82 | 2.44 | 1.98 | 1.32 | 0.66 | 0.44 | 0.26 | 0.02 | -0.27 | -0.47 | -0.64 | -0.72 | -0.81 | -0.97 | -1.06 | -1.10 | -1.14 | -1.17 |
| 1.75 | 7.65 | 5.57 | 4.11 | 3.47 | 2.83 | 2.45 | 1.98 | 1.32 | 0.65 | 0.43 | 0.25 | 0.04 | -0.28 | -0.48 | -0.64 | -0.72 | -0.80 | -0.96 | -1.04 | -1.08 | -1.12 | -1.14 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

METODO DE LEBEDIEV

TESIS PROFESIONAL

COEFICIENTE K

TABLA 3.2.1

| C ₁ | p, en porcentaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | | C ₂ | | | | |
|----------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|------|
| | 0.01 | 0.1 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 90 | 95 | | 97 | 99 | 99.9 | |
| 1.8 | 7.76 | 5.64 | 4.15 | 3.30 | 2.85 | 2.49 | 1.99 | 1.32 | 0.64 | 0.42 | 0.24 | -0.05 | -0.28 | -0.48 | -0.64 | -0.72 | -0.80 | -0.94 | -1.02 | -1.04 | -1.09 | -1.11 | -1.18 | 1.8 |
| 1.83 | 7.87 | 5.70 | 4.19 | 3.52 | 2.86 | 2.48 | 1.99 | 1.32 | 0.64 | 0.41 | 0.23 | -0.06 | -0.28 | -0.48 | -0.64 | -0.72 | -0.80 | -0.93 | -1.00 | -1.04 | -1.06 | -1.08 | -1.15 | 1.83 |
| 1.9 | 7.97 | 5.77 | 4.33 | 3.55 | 2.88 | 2.49 | 2.00 | 1.31 | 0.63 | 0.40 | 0.22 | -0.07 | -0.30 | -0.48 | -0.64 | -0.72 | -0.79 | -0.92 | -0.98 | -1.01 | -1.04 | -1.05 | -1.09 | 1.9 |
| 1.93 | 8.10 | 5.84 | 4.36 | 3.58 | 2.89 | 2.50 | 2.00 | 1.30 | 0.62 | 0.40 | 0.21 | -0.08 | -0.30 | -0.48 | -0.64 | -0.72 | -0.78 | -0.91 | -0.96 | -0.99 | -1.02 | -1.03 | -1.05 | 1.93 |
| 2.0 | 8.21 | 5.91 | 4.39 | 3.60 | 2.91 | 2.51 | 2.00 | 1.30 | 0.61 | 0.39 | 0.20 | -0.08 | -0.31 | -0.49 | -0.64 | -0.71 | -0.78 | -0.90 | -0.95 | -0.97 | -0.99 | -1.00 | -1.02 | 2.0 |
| 2.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | 5.97 | 4.34 | 3.63 | 2.92 | 2.52 | 2.00 | 1.20 | 0.60 | 0.28 | 0.19 | -0.09 | -0.23 | -0.49 | -0.64 | -0.71 | -0.77 | -0.89 | -0.92 | 0.95 | -0.97 | -0.97 | -0.97 | -0.97 | 2.05 |
| 2.15 | 6.04 | 4.38 | 3.65 | 2.94 | 2.53 | 2.01 | 1.29 | 0.59 | 0.27 | 0.18 | -0.10 | -0.22 | -0.50 | -0.64 | -0.70 | -0.76 | -0.86 | -0.91 | -0.93 | -0.95 | -0.95 | -0.95 | -0.95 | 2.1 |
| 2.2 | 6.09 | 4.42 | 3.66 | 2.94 | 2.53 | 2.01 | 1.28 | 0.58 | 0.30 | 0.17 | -0.11 | -0.22 | -0.50 | -0.64 | -0.70 | -0.76 | -0.83 | -0.88 | -0.91 | -0.92 | -0.92 | -0.92 | -0.92 | 2.15 |
| 2.25 | 6.14 | 4.46 | 3.68 | 2.95 | 2.54 | 2.02 | 1.27 | 0.57 | 0.25 | 0.18 | -0.12 | -0.23 | -0.50 | -0.64 | -0.69 | -0.75 | -0.84 | -0.88 | -0.89 | -0.89 | -0.89 | -0.89 | -0.89 | 2.2 |
| 2.3 | 6.20 | 4.49 | 3.70 | 2.96 | 2.54 | 2.02 | 1.26 | 0.56 | 0.33 | 0.15 | -0.12 | -0.24 | -0.50 | -0.63 | -0.68 | -0.74 | -0.82 | -0.86 | -0.87 | -0.87 | -0.87 | -0.87 | -0.87 | 2.25 |
| 2.35 | 6.26 | 4.52 | 3.73 | 2.98 | 2.54 | 2.01 | 1.26 | 0.55 | 0.32 | 0.14 | -0.13 | -0.24 | -0.50 | -0.63 | -0.68 | -0.74 | -0.81 | -0.85 | -0.86 | -0.86 | -0.86 | -0.86 | -0.86 | 2.3 |
| 2.4 | 6.31 | 4.55 | 3.75 | 3.00 | 2.57 | 2.01 | 1.25 | 0.53 | 0.30 | 0.13 | -0.13 | -0.24 | -0.50 | -0.62 | -0.67 | -0.73 | -0.80 | -0.83 | -0.84 | -0.84 | -0.84 | -0.84 | -0.84 | 2.35 |
| 2.45 | 6.37 | 4.59 | 3.78 | 3.02 | 2.60 | 2.00 | 1.25 | 0.52 | 0.29 | 0.12 | -0.14 | -0.25 | -0.51 | -0.62 | -0.67 | -0.72 | -0.79 | -0.82 | -0.82 | -0.82 | -0.82 | -0.82 | -0.82 | 2.4 |
| 2.5 | 6.43 | 4.63 | 3.80 | 3.03 | 2.61 | 2.00 | 1.24 | 0.51 | 0.28 | 0.11 | -0.15 | -0.26 | -0.51 | -0.62 | -0.66 | -0.71 | -0.78 | -0.80 | -0.80 | -0.80 | -0.80 | -0.80 | -0.80 | 2.45 |
| 2.55 | 6.50 | 4.66 | 3.82 | 3.05 | 2.62 | 2.00 | 1.23 | 0.50 | 0.27 | 0.10 | -0.16 | -0.26 | -0.51 | -0.62 | -0.66 | -0.71 | -0.78 | -0.79 | -0.79 | -0.79 | -0.79 | -0.79 | -0.79 | 2.5 |
| 2.6 | 6.57 | 4.68 | 3.84 | 3.06 | 2.62 | 2.00 | 1.22 | 0.49 | 0.26 | 0.09 | -0.16 | -0.26 | -0.51 | -0.61 | -0.66 | -0.70 | -0.77 | -0.77 | -0.77 | -0.77 | -0.77 | -0.77 | -0.77 | 2.55 |
| 2.65 | 6.64 | 4.71 | 3.86 | 3.08 | 2.63 | 2.00 | 1.21 | 0.48 | 0.25 | 0.08 | -0.17 | -0.27 | -0.51 | -0.61 | -0.66 | -0.70 | -0.76 | -0.76 | -0.76 | -0.76 | -0.76 | -0.76 | -0.76 | 2.6 |
| 2.7 | 6.68 | 4.75 | 3.89 | 3.09 | 2.63 | 2.00 | 1.20 | 0.47 | 0.24 | 0.07 | -0.17 | -0.27 | -0.51 | -0.61 | -0.65 | -0.69 | -0.74 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | 2.65 |
| 2.75 | 6.75 | 4.80 | 3.92 | 3.10 | 2.64 | 2.00 | 1.19 | 0.46 | 0.24 | 0.07 | -0.18 | -0.28 | -0.51 | -0.61 | -0.65 | -0.68 | -0.74 | -0.74 | -0.74 | -0.74 | -0.74 | -0.74 | -0.74 | 2.7 |
| 2.8 | 6.80 | 4.83 | 3.94 | 3.11 | 2.64 | 2.00 | 1.18 | 0.45 | 0.23 | 0.06 | -0.19 | -0.28 | -0.51 | -0.60 | -0.64 | -0.67 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | 2.75 |
| 2.85 | 6.86 | 4.86 | 3.96 | 3.12 | 2.65 | 2.00 | 1.18 | 0.44 | 0.22 | 0.05 | -0.20 | -0.29 | -0.51 | -0.60 | -0.64 | -0.67 | -0.70 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | -0.71 | 2.8 |
| 2.9 | 6.93 | 4.88 | 3.98 | 3.12 | 2.65 | 2.00 | 1.16 | 0.42 | 0.21 | 0.04 | -0.20 | -0.29 | -0.51 | -0.60 | -0.63 | -0.66 | -0.69 | -0.70 | -0.70 | -0.70 | -0.70 | -0.70 | -0.70 | 2.85 |
| 2.95 | 7.00 | 4.91 | 4.01 | 3.12 | 2.66 | 1.99 | 1.15 | 0.41 | 0.20 | 0.04 | -0.21 | -0.29 | -0.51 | -0.60 | -0.63 | -0.65 | -0.68 | -0.69 | -0.69 | -0.69 | -0.69 | -0.69 | -0.69 | 2.9 |
| 3.0 | 7.05 | 4.92 | 4.03 | 3.12 | 2.66 | 1.98 | 1.14 | 0.40 | 0.19 | 0.04 | -0.21 | -0.29 | -0.51 | -0.59 | -0.62 | -0.64 | -0.67 | -0.67 | -0.67 | -0.67 | -0.67 | -0.67 | -0.67 | 2.95 |
| 3.05 | 7.10 | 4.93 | 4.05 | 3.14 | 2.66 | 1.97 | 1.13 | 0.39 | 0.19 | 0.03 | -0.22 | -0.28 | -0.49 | -0.51 | -0.59 | -0.62 | -0.64 | -0.66 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | 3.0 |
| 3.1 | 7.16 | 4.98 | 4.07 | 3.14 | 2.66 | 1.97 | 1.12 | 0.38 | 0.18 | 0.03 | -0.22 | -0.40 | -0.51 | -0.58 | -0.61 | -0.63 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | 3.05 |
| 3.15 | 7.22 | 5.01 | 4.09 | 3.14 | 2.66 | 1.97 | 1.11 | 0.37 | 0.17 | 0.03 | -0.23 | -0.40 | -0.51 | -0.58 | -0.60 | -0.62 | -0.64 | -0.64 | -0.64 | -0.64 | -0.64 | -0.64 | -0.64 | 3.1 |
| 3.2 | 7.29 | 5.04 | 4.10 | 3.14 | 2.66 | 1.96 | 1.10 | 0.36 | 0.16 | 0.02 | -0.24 | -0.40 | -0.51 | -0.57 | -0.59 | -0.61 | -0.63 | -0.63 | -0.63 | -0.63 | -0.63 | -0.63 | -0.63 | 3.15 |
| 3.25 | 7.35 | 5.08 | 4.11 | 3.14 | 2.66 | 1.96 | 1.09 | 0.35 | 0.15 | 0.02 | -0.25 | -0.41 | -0.51 | -0.57 | -0.59 | -0.61 | -0.62 | -0.62 | -0.62 | -0.62 | -0.62 | -0.62 | -0.62 | 3.2 |
| 3.3 | 7.39 | 5.11 | 4.13 | 3.14 | 2.66 | 1.95 | 1.08 | 0.34 | 0.14 | 0.01 | -0.24 | -0.35 | -0.41 | -0.50 | -0.56 | -0.58 | -0.60 | -0.61 | -0.61 | -0.61 | -0.61 | -0.61 | -0.61 | 3.25 |
| 3.35 | 7.44 | 5.14 | 4.15 | 3.14 | 2.66 | 1.95 | 1.08 | 0.33 | 0.13 | 0.02 | -0.26 | -0.41 | -0.50 | -0.56 | -0.58 | -0.59 | -0.60 | -0.60 | -0.60 | -0.60 | -0.60 | -0.60 | -0.60 | 3.3 |
| 3.4 | 7.49 | 5.16 | 4.16 | 3.14 | 2.66 | 1.94 | 1.07 | 0.32 | 0.12 | 0.02 | -0.26 | -0.41 | -0.50 | -0.55 | -0.57 | -0.58 | -0.59 | -0.59 | -0.59 | -0.59 | -0.59 | -0.59 | -0.59 | 3.35 |
| 3.45 | 7.54 | 5.19 | 4.18 | 3.15 | 2.66 | 1.94 | 1.06 | 0.31 | 0.11 | 0.01 | -0.26 | -0.37 | -0.41 | -0.50 | -0.55 | -0.57 | -0.58 | -0.58 | -0.58 | -0.58 | -0.58 | -0.58 | -0.58 | 3.4 |
| 3.5 | 7.59 | 5.22 | 4.19 | 3.15 | 2.66 | 1.93 | 1.05 | 0.30 | 0.09 | 0.02 | -0.27 | -0.41 | -0.50 | -0.54 | -0.56 | -0.57 | -0.57 | -0.57 | -0.57 | -0.57 | -0.57 | -0.57 | -0.57 | 3.45 |
| 3.55 | 7.64 | 5.25 | 4.21 | 3.16 | 2.66 | 1.93 | 1.04 | 0.29 | 0.08 | 0.02 | -0.28 | -0.41 | -0.50 | -0.54 | -0.55 | -0.56 | -0.56 | -0.56 | -0.56 | -0.56 | -0.56 | -0.56 | -0.56 | 3.5 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

METODO DE LEBEDIEV

TESIS PROFESIONAL

COEFICIENTE K

TABLA 3.2.2

| | | p, en porcentaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| C _i | 0,01 | 0,1 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 90 | 95 | 97 | 99 | 99,9 | C _i |
| 3,55 | | 7,68 | 5,27 | 4,22 | 3,16 | 2,66 | 1,93 | 1,03 | 0,28 | 0,072 | -0,060 | -0,28 | -0,41 | -0,49 | -0,54 | -0,54 | -0,55 | -0,562 | -0,564 | -0,564 | -0,564 | -0,564 | 3,55 |
| 3,6 | | 7,72 | 5,30 | 4,24 | 3,17 | 2,66 | 1,93 | 1,03 | 0,28 | 0,064 | -0,072 | -0,28 | -0,42 | -0,49 | -0,54 | -0,54 | -0,55 | -0,555 | -0,556 | -0,556 | -0,556 | -0,556 | 3,6 |
| 3,65 | | 7,79 | 5,37 | 4,25 | 3,17 | 2,66 | 1,93 | 1,02 | 0,27 | 0,056 | -0,078 | -0,28 | -0,42 | -0,48 | -0,53 | -0,53 | -0,54 | -0,548 | -0,549 | -0,549 | -0,549 | -0,549 | 3,65 |
| 3,7 | | 7,84 | 5,35 | 4,25 | 3,18 | 2,66 | 1,91 | 1,01 | 0,26 | 0,048 | -0,084 | -0,29 | -0,42 | -0,48 | -0,52 | -0,52 | -0,54 | -0,541 | -0,541 | -0,541 | -0,541 | -0,541 | 3,7 |
| 3,75 | | 7,91 | 5,37 | 4,27 | 3,18 | 2,66 | 1,90 | 1,00 | 0,25 | 0,040 | -0,089 | -0,29 | -0,42 | -0,48 | -0,51 | -0,52 | -0,53 | -0,533 | -0,533 | -0,533 | -0,533 | -0,533 | 3,75 |
| 3,8 | | 7,97 | 5,40 | 4,29 | 3,18 | 2,65 | 1,90 | 1,00 | 0,24 | 0,033 | -0,095 | -0,30 | -0,42 | -0,48 | -0,51 | -0,52 | -0,53 | -0,526 | -0,526 | -0,526 | -0,526 | -0,526 | 3,8 |
| 3,85 | | 8,02 | 5,42 | 4,31 | 3,19 | 2,65 | 1,90 | 0,99 | 0,23 | 0,026 | -0,102 | -0,30 | -0,41 | -0,47 | -0,50 | -0,51 | -0,51 | -0,519 | -0,519 | -0,519 | -0,519 | -0,519 | 3,85 |
| 3,9 | | 8,08 | 5,45 | 4,32 | 3,20 | 2,65 | 1,90 | 0,98 | 0,23 | 0,020 | -0,11 | -0,30 | -0,41 | -0,47 | -0,50 | -0,51 | -0,51 | -0,513 | -0,513 | -0,513 | -0,513 | -0,513 | 3,9 |
| 3,95 | | 8,13 | 5,47 | 4,33 | 3,20 | 2,65 | 1,90 | 0,97 | 0,22 | 0,015 | -0,11 | -0,30 | -0,41 | -0,46 | -0,49 | -0,50 | -0,50 | -0,506 | -0,506 | -0,506 | -0,506 | -0,506 | 3,95 |
| 4,0 | | 8,17 | 5,50 | 4,34 | 3,20 | 2,65 | 1,90 | 0,96 | 0,21 | 0,010 | -0,12 | -0,31 | -0,41 | -0,46 | -0,49 | -0,49 | -0,50 | -0,500 | -0,500 | -0,500 | -0,500 | -0,500 | 4,0 |
| 4,05 | | 8,23 | 5,52 | 4,35 | 3,21 | 2,65 | 1,89 | 0,95 | 0,20 | 0,005 | -0,12 | -0,31 | -0,41 | -0,46 | -0,48 | -0,487 | -0,493 | -0,493 | -0,493 | -0,493 | -0,493 | -0,493 | 4,05 |
| 4,1 | | 8,29 | 5,55 | 4,36 | 3,22 | 2,65 | 1,89 | 0,95 | 0,20 | 0,00 | -0,12 | -0,31 | -0,41 | -0,46 | -0,48 | -0,484 | -0,486 | -0,487 | -0,487 | -0,487 | -0,487 | -0,487 | 4,1 |
| 4,15 | | 8,33 | 5,57 | 4,37 | 3,23 | 2,65 | 1,88 | 0,94 | 0,19 | -0,005 | -0,12 | -0,31 | -0,41 | -0,45 | -0,47 | -0,478 | -0,480 | -0,481 | -0,481 | -0,481 | -0,481 | -0,481 | 4,15 |
| 4,2 | | 8,38 | 5,60 | 4,39 | 3,24 | 2,64 | 1,88 | 0,93 | 0,19 | -0,010 | -0,12 | -0,31 | -0,41 | -0,45 | -0,47 | -0,473 | -0,475 | -0,476 | -0,476 | -0,476 | -0,476 | -0,476 | 4,2 |
| 4,25 | | 8,43 | 5,62 | 4,39 | 3,24 | 2,64 | 1,87 | 0,92 | 0,18 | -0,015 | -0,12 | -0,31 | -0,40 | -0,44 | -0,46 | -0,462 | -0,470 | -0,470 | -0,470 | -0,470 | -0,470 | -0,470 | 4,25 |
| 4,3 | | 8,49 | 5,65 | 4,40 | 3,24 | 2,64 | 1,87 | 0,92 | 0,17 | -0,021 | -0,14 | -0,32 | -0,40 | -0,44 | -0,46 | -0,463 | -0,465 | -0,465 | -0,465 | -0,465 | -0,465 | -0,465 | 4,3 |
| 4,35 | | 8,54 | 5,67 | 4,41 | 3,24 | 2,64 | 1,86 | 0,91 | 0,16 | -0,026 | -0,14 | -0,32 | -0,40 | -0,44 | -0,455 | -0,458 | -0,460 | -0,460 | -0,460 | -0,460 | -0,460 | -0,460 | 4,35 |
| 4,4 | | 8,60 | 5,69 | 4,42 | 3,25 | 2,63 | 1,86 | 0,91 | 0,15 | -0,032 | -0,15 | -0,32 | -0,40 | -0,44 | -0,451 | -0,454 | -0,455 | -0,455 | -0,455 | -0,455 | -0,455 | -0,455 | 4,4 |
| 4,45 | | 8,64 | 5,71 | 4,43 | 3,25 | 2,63 | 1,85 | 0,90 | 0,14 | -0,037 | -0,15 | -0,32 | -0,40 | -0,43 | -0,446 | -0,449 | -0,450 | -0,450 | -0,450 | -0,450 | -0,450 | -0,450 | 4,45 |
| 4,5 | | 8,69 | 5,74 | 4,44 | 3,26 | 2,63 | 1,85 | 0,89 | 0,14 | -0,043 | -0,16 | -0,32 | -0,40 | -0,43 | -0,441 | -0,444 | -0,445 | -0,445 | -0,445 | -0,445 | -0,445 | -0,445 | 4,5 |
| 4,55 | | 8,74 | 5,76 | 4,45 | 3,26 | 2,62 | 1,84 | 0,88 | 0,13 | -0,047 | -0,16 | -0,32 | -0,40 | -0,42 | -0,436 | -0,439 | -0,440 | -0,440 | -0,440 | -0,440 | -0,440 | -0,440 | 4,55 |
| 4,6 | | 8,79 | 5,79 | 4,46 | 3,27 | 2,62 | 1,84 | 0,87 | 0,12 | -0,052 | -0,17 | -0,32 | -0,40 | -0,42 | -0,432 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | 4,6 |
| 4,65 | | 8,84 | 5,81 | 4,47 | 3,27 | 2,61 | 1,83 | 0,86 | 0,12 | -0,058 | -0,17 | -0,32 | -0,40 | -0,42 | -0,428 | -0,430 | -0,430 | -0,430 | -0,430 | -0,430 | -0,430 | -0,430 | 4,65 |
| 4,7 | | 8,89 | 5,84 | 4,49 | 3,28 | 2,61 | 1,83 | 0,85 | 0,11 | -0,064 | -0,18 | -0,32 | -0,40 | -0,42 | -0,424 | -0,425 | -0,426 | -0,426 | -0,426 | -0,426 | -0,426 | -0,426 | 4,7 |
| 4,75 | | 8,92 | 5,86 | 4,49 | 3,28 | 2,61 | 1,82 | 0,83 | 0,10 | -0,069 | -0,18 | -0,32 | -0,395 | -0,415 | -0,420 | -0,420 | -0,421 | -0,421 | -0,421 | -0,421 | -0,421 | -0,421 | 4,75 |
| 4,8 | | 8,96 | 5,89 | 4,50 | 3,29 | 2,60 | 1,81 | 0,82 | 0,10 | -0,075 | -0,19 | -0,32 | -0,39 | -0,41 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | 4,8 |
| 4,85 | | 9,00 | 5,90 | 4,50 | 3,29 | 2,60 | 1,80 | 0,81 | 0,099 | 0,081 | -0,19 | -0,32 | -0,388 | -0,405 | -0,411 | -0,412 | -0,412 | -0,412 | -0,412 | -0,412 | -0,412 | -0,412 | 4,85 |
| 4,9 | | 9,04 | 5,90 | 4,51 | 3,30 | 2,60 | 1,80 | 0,80 | 0,084 | 0,087 | -0,19 | -0,32 | -0,386 | -0,401 | -0,407 | -0,408 | -0,409 | -0,409 | -0,409 | -0,409 | -0,409 | -0,409 | 4,9 |
| 4,95 | | 9,08 | 5,92 | 4,52 | 3,31 | 2,60 | 1,79 | 0,79 | 0,076 | 0,093 | -0,19 | -0,32 | -0,383 | -0,398 | -0,403 | -0,404 | -0,404 | -0,404 | -0,404 | -0,404 | -0,404 | -0,404 | 4,95 |
| 5,0 | | 9,12 | 5,94 | 4,54 | 3,32 | 2,60 | 1,78 | 0,78 | 0,068 | 0,099 | -0,20 | -0,32 | -0,380 | -0,393 | -0,399 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | 5,0 |
| 5,05 | | 9,16 | 5,96 | 4,55 | 3,32 | 2,60 | 1,77 | 0,77 | 0,059 | -0,105 | -0,20 | -0,32 | -0,378 | -0,391 | -0,395 | -0,396 | -0,396 | -0,396 | -0,396 | -0,396 | -0,396 | -0,396 | 5,05 |
| 5,1 | | 9,20 | 5,98 | 4,57 | 3,32 | 2,60 | 1,76 | 0,76 | 0,051 | -0,110 | -0,21 | -0,32 | -0,376 | -0,388 | -0,391 | -0,392 | -0,392 | -0,392 | -0,392 | -0,392 | -0,392 | -0,392 | 5,1 |
| 5,15 | | 9,23 | 6,00 | 4,58 | 3,32 | 2,60 | 1,75 | 0,74 | 0,043 | -0,115 | -0,21 | -0,32 | -0,373 | -0,385 | -0,387 | -0,388 | -0,388 | -0,388 | -0,388 | -0,388 | -0,388 | -0,388 | 5,15 |
| 5,2 | | 9,27 | 6,02 | 4,59 | 3,33 | 2,60 | 1,74 | 0,73 | 0,035 | -0,120 | -0,21 | -0,32 | -0,370 | -0,382 | -0,384 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | 5,2 |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

METODO DE LEBEDIEV

TESIS PROFESIONAL

COEFICIENTE K

TABLA 3.2.3

| Cs | PERIODOS DE RETORNO, EN AÑOS | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | 1.01 | 1.05 | 1.11 | 1.25 | 2 | 3 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| 3.0 | -0.667 | -0.665 | -0.660 | -0.636 | -0.396 | 0.420 | 1.180 | 2.278 | 3.152 | 4.051 | 4.970 | |
| 2.5 | -0.690 | -0.688 | -0.681 | -0.651 | -0.390 | 0.440 | 1.195 | 2.277 | 3.151 | 4.013 | 4.909 | |
| 2.0 | -0.714 | -0.711 | -0.702 | -0.666 | -0.384 | 0.460 | 1.210 | 2.275 | 3.144 | 3.973 | 4.847 | |
| 2.7 | -0.740 | -0.736 | -0.724 | -0.681 | -0.376 | 0.479 | 1.224 | 2.272 | 3.093 | 3.932 | 4.783 | |
| 2.6 | -0.769 | -0.762 | -0.747 | -0.696 | -0.368 | 0.499 | 1.238 | 2.267 | 3.071 | 3.889 | 4.718 | |
| 2.3 | -0.799 | -0.790 | -0.771 | -0.711 | -0.360 | 0.518 | 1.250 | 2.262 | 3.048 | 3.845 | 4.652 | |
| 2.4 | -0.832 | -0.819 | -0.795 | -0.725 | -0.351 | 0.537 | 1.262 | 2.256 | 3.023 | 3.800 | 4.584 | |
| 2.3 | -0.867 | -0.850 | -0.819 | -0.739 | -0.341 | 0.555 | 1.274 | 2.248 | 2.997 | 3.753 | 4.515 | |
| 2.2 | -0.905 | -0.882 | -0.844 | -0.752 | -0.330 | 0.574 | 1.284 | 2.240 | 2.970 | 3.705 | 4.444 | |
| 2.1 | -0.946 | -0.914 | -0.869 | -0.765 | -0.319 | 0.591 | 1.294 | 2.230 | 2.942 | 3.654 | 4.373 | |
| 2.0 | -0.990 | -0.949 | -0.895 | -0.777 | -0.307 | 0.609 | 1.302 | 2.219 | 2.912 | 3.605 | 4.298 | |
| 1.9 | -1.037 | -0.984 | -0.920 | -0.788 | -0.294 | 0.627 | 1.310 | 2.207 | 2.881 | 3.553 | 4.223 | |
| 1.8 | -1.087 | -1.020 | -0.945 | -0.799 | -0.282 | 0.643 | 1.318 | 2.193 | 2.848 | 3.499 | 4.147 | |
| 1.7 | -1.140 | -1.056 | -0.970 | -0.808 | -0.268 | 0.650 | 1.324 | 2.179 | 2.815 | 3.444 | 4.069 | |
| 1.6 | -1.197 | -1.093 | -0.994 | -0.817 | -0.254 | 0.657 | 1.329 | 2.163 | 2.780 | 3.388 | 3.990 | |
| 1.5 | -1.256 | -1.131 | -1.018 | -0.825 | -0.240 | 0.660 | 1.333 | 2.146 | 2.743 | 3.330 | 3.910 | |
| 1.4 | -1.318 | -1.168 | -1.041 | -0.832 | -0.225 | 0.765 | 1.337 | 2.128 | 2.706 | 3.271 | 3.828 | |
| 1.3 | -1.383 | -1.206 | -1.064 | -0.839 | -0.210 | 0.719 | 1.339 | 2.108 | 2.664 | 3.211 | 3.745 | |
| 1.2 | -1.449 | -1.243 | -1.086 | -0.844 | -0.195 | 0.732 | 1.340 | 2.087 | 2.628 | 3.149 | 3.661 | |
| 1.1 | -1.518 | -1.280 | -1.107 | -0.848 | -0.180 | 0.745 | 1.341 | 2.064 | 2.583 | 3.087 | 3.575 | |
| 1.0 | -1.588 | -1.317 | -1.128 | -0.852 | -0.164 | 0.758 | 1.340 | 2.043 | 2.542 | 3.022 | 3.489 | |
| 0.9 | -1.660 | -1.353 | -1.147 | -0.854 | -0.148 | 0.769 | 1.338 | 2.018 | 2.495 | 2.957 | 3.401 | |
| 0.8 | -1.733 | -1.388 | -1.166 | -0.856 | -0.132 | 0.780 | 1.336 | 1.993 | 2.451 | 2.891 | 3.312 | |
| 0.7 | -1.806 | -1.423 | -1.183 | -0.857 | -0.116 | 0.790 | 1.333 | 1.967 | 2.407 | 2.824 | 3.223 | |
| 0.6 | -1.880 | -1.458 | -1.200 | -0.857 | -0.099 | 0.800 | 1.328 | 1.939 | 2.359 | 2.755 | 3.132 | |
| 0.5 | -1.953 | -1.491 | -1.216 | -0.856 | -0.083 | 0.806 | 1.323 | 1.910 | 2.311 | 2.686 | 3.041 | |
| 0.4 | -2.029 | -1.524 | -1.231 | -0.855 | -0.066 | 0.816 | 1.317 | 1.880 | 2.261 | 2.615 | 2.949 | |
| 0.3 | -2.104 | -1.555 | -1.245 | -0.853 | -0.050 | 0.824 | 1.309 | 1.849 | 2.211 | 2.544 | 2.856 | |
| 0.2 | -2.178 | -1.586 | -1.258 | -0.850 | -0.033 | 0.830 | 1.301 | 1.818 | 2.159 | 2.472 | 2.763 | |
| 0.1 | -2.252 | -1.616 | -1.270 | -0.846 | -0.017 | 0.835 | 1.292 | 1.785 | 2.107 | 2.400 | 2.670 | |
| 0 | -2.326 | -1.645 | -1.282 | -0.842 | 0 | 0.842 | 1.282 | 1.751 | 2.051 | 2.326 | 2.576 | |
| -1 | -2.400 | -1.673 | -1.292 | -0.836 | 0.017 | 0.846 | 1.270 | 1.716 | 2.000 | 2.252 | 2.482 | |
| -2 | -2.472 | -1.700 | -1.301 | -0.830 | 0.033 | 0.850 | 1.258 | 1.680 | 1.945 | 2.178 | 2.389 | |
| -3 | -2.544 | -1.726 | -1.309 | -0.824 | 0.050 | 0.852 | 1.245 | 1.643 | 1.890 | 2.104 | 2.294 | |
| -4 | -2.615 | -1.750 | -1.317 | -0.816 | 0.066 | 0.855 | 1.231 | 1.606 | 1.834 | 2.029 | 2.201 | |
| -5 | -2.686 | -1.774 | -1.323 | -0.808 | 0.083 | 0.856 | 1.216 | 1.567 | 1.777 | 1.955 | 2.108 | |
| -6 | -2.755 | -1.797 | -1.328 | -0.800 | 0.099 | 0.857 | 1.200 | 1.528 | 1.720 | 1.880 | 2.016 | |
| -7 | -2.824 | -1.819 | -1.333 | -0.790 | 0.116 | 0.857 | 1.183 | 1.488 | 1.663 | 1.806 | 1.926 | |
| -8 | -2.891 | -1.839 | -1.336 | -0.780 | 0.132 | 0.856 | 1.166 | 1.448 | 1.606 | 1.733 | 1.831 | |
| -9 | -2.957 | -1.858 | -1.339 | -0.769 | 0.148 | 0.854 | 1.147 | 1.407 | 1.549 | 1.660 | 1.749 | |
| -10 | -3.022 | -1.877 | -1.340 | -0.758 | 0.164 | 0.852 | 1.128 | 1.366 | 1.492 | 1.588 | 1.664 | |
| -11 | -3.087 | -1.894 | -1.341 | -0.745 | 0.180 | 0.849 | 1.107 | 1.324 | 1.435 | 1.518 | 1.581 | |
| -12 | -3.149 | -1.910 | -1.340 | -0.732 | 0.195 | 0.844 | 1.086 | 1.282 | 1.379 | 1.449 | 1.501 | |
| -13 | -3.211 | -1.925 | -1.339 | -0.719 | 0.210 | 0.838 | 1.064 | 1.240 | 1.324 | 1.383 | 1.424 | |
| -14 | -3.271 | -1.938 | -1.337 | -0.705 | 0.225 | 0.832 | 1.041 | 1.192 | 1.270 | 1.318 | 1.351 | |
| -15 | -3.330 | -1.951 | -1.333 | -0.690 | 0.240 | 0.825 | 1.018 | 1.152 | 1.217 | 1.256 | 1.322 | |
| -16 | -3.388 | -1.962 | -1.329 | -0.675 | 0.254 | 0.817 | 0.994 | 1.116 | 1.166 | 1.197 | 1.216 | |
| -17 | -3.444 | -1.972 | -1.324 | -0.660 | 0.268 | 0.808 | 0.970 | 1.073 | 1.116 | 1.140 | 1.155 | |
| -18 | -3.499 | -1.981 | -1.318 | -0.643 | 0.282 | 0.799 | 0.945 | 1.033 | 1.069 | 1.087 | 1.097 | |
| -19 | -3.553 | -1.989 | -1.310 | -0.627 | 0.294 | 0.788 | 0.920 | 0.996 | 1.023 | 1.037 | 1.044 | |
| -20 | -3.605 | -1.996 | -1.302 | -0.609 | 0.307 | 0.777 | 0.895 | 0.959 | 0.980 | 0.990 | 0.995 | |
| -21 | -3.656 | -2.001 | -1.294 | -0.592 | 0.319 | 0.765 | 0.869 | 0.923 | 0.939 | 0.945 | 0.949 | |
| -22 | -3.705 | -2.006 | -1.284 | -0.574 | 0.330 | 0.752 | 0.844 | 0.889 | 0.900 | 0.926 | 0.907 | |
| -23 | -3.753 | -2.009 | -1.274 | -0.555 | 0.341 | 0.739 | 0.819 | 0.853 | 0.864 | 0.887 | 0.869 | |
| -24 | -3.800 | -2.011 | -1.262 | -0.537 | 0.351 | 0.725 | 0.795 | 0.823 | 0.830 | 0.832 | 0.833 | |
| -25 | -3.845 | -2.012 | -1.250 | -0.518 | 0.360 | 0.711 | 0.771 | 0.793 | 0.798 | 0.799 | 0.800 | |
| -26 | -3.889 | -2.013 | -1.238 | -0.499 | 0.368 | 0.696 | 0.747 | 0.764 | 0.768 | 0.769 | 0.769 | |
| -27 | -3.932 | -2.012 | -1.224 | -0.479 | 0.376 | 0.681 | 0.724 | 0.738 | 0.740 | 0.740 | 0.741 | |
| -28 | -3.973 | -2.010 | -1.210 | -0.460 | 0.384 | 0.666 | 0.703 | 0.712 | 0.716 | 0.714 | 0.714 | |
| -29 | -4.013 | -2.007 | -1.195 | -0.440 | 0.390 | 0.651 | 0.681 | 0.683 | 0.689 | 0.690 | 0.690 | |
| -30 | -4.051 | -2.003 | -1.180 | -0.420 | 0.396 | 0.636 | 0.660 | 0.666 | 0.666 | 0.667 | 0.667 | |



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

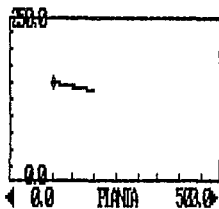
Ingeniería Civil

METODO DE PEARSON TIPO III

TESIS PROFESIONAL

PARAMETRO K

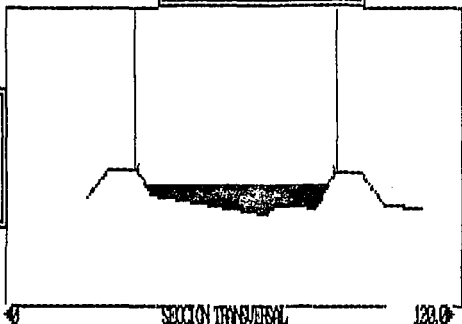
TABLA 3.3



| | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| EST. = | 0.00 | VCH = | 2.60 |
| LONG = | 0.00 | VCH = | 2.60 |
| SEP. = | 53.10 | VBI = | 0.00 |
| UTOT = | 362.34 | VED = | 0.00 |
| EBI = | 90.50 | UCTI = | 4.18 |
| EBD = | 90.10 | UMED = | 4.17 |
| NEER = | 0.00 | ELPI = | 89.99 |
| VCH = | 0.00 | REST = | 89.99 |
| SLAA = | | SLA = | 89.10 |

125.0

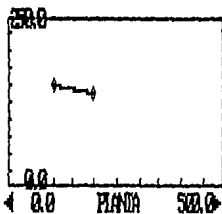
SE
BARRON
VALORES
CRITICOS



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

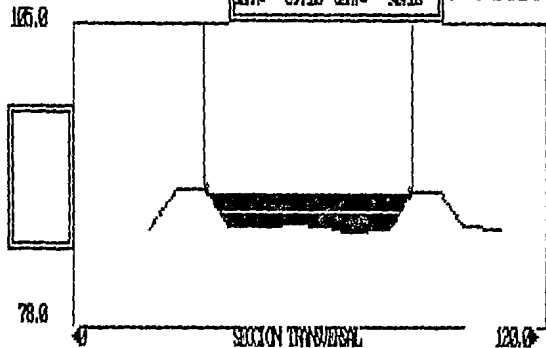
Ingeniería Civil SECCION INICIAL

TESIS PROFESIONAL SECCION TRANSVER. FIGURA 3.1



| | | | |
|-------|--------|------|-------|
| EST.: | 101.12 | VCH: | 1.62 |
| LONG: | 101.12 | VCH: | 3.42 |
| SEP.: | 33.10 | VH: | 0.00 |
| OTOL: | 242.04 | VH: | 0.00 |
| ARI: | 93.60 | VCH: | 3.71 |
| RED: | 93.25 | UMD: | 1.68 |
| NEE: | 0.00 | VCH: | 09.22 |
| VCH: | 0.00 | EST: | 93.26 |
| SLA: | 89.10 | SLA: | 93.12 |

RUSE RRA
 EL CONTINER
 12 MODIFICAR
 COSTO
 13 MODIFICAR
 SERVIC.
 18 TERMINAR



Universidad Nacional Autónoma de México
 Escuela Nacional de Estudios Profesionales
 Acatlán

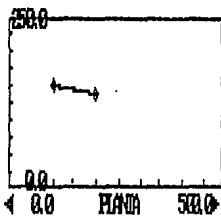
Ingeniería Civil

Q = 242.039 m³/seg. Tr = 10 años

TESIS PROFESIONAL

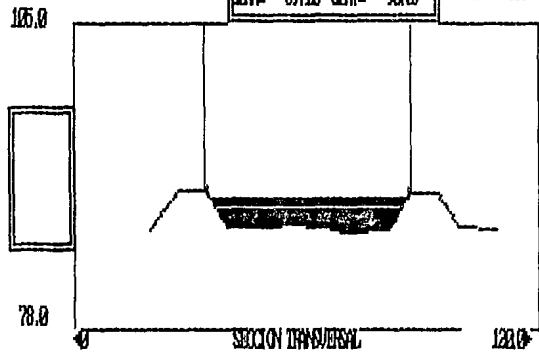
SECCION TRANSVERSAL

FIGURA 3.2



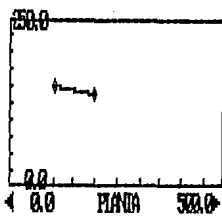
| | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| EST. = | 101.12 | VCN = | 2.14 |
| LONG = | 101.12 | VCLE = | 3.39 |
| SEP = | 53.10 | VEH = | 0.00 |
| WCON = | 326.59 | VED = | 0.00 |
| VEH = | 90.60 | UCN = | 4.47 |
| VED = | 90.25 | UVED = | 2.30 |
| VEO = | 0.00 | ECN = | 89.68 |
| VCLE = | 0.00 | EEST = | 90.36 |
| SLAA = | 89.10 | SLA = | 90.00 |

MUSE PARA
 EL CONTINAR
 R2 MODIFICAR
 COSTO
 R3 MODIFICAR
 SEPTAC.
 EL0 TERMINAR



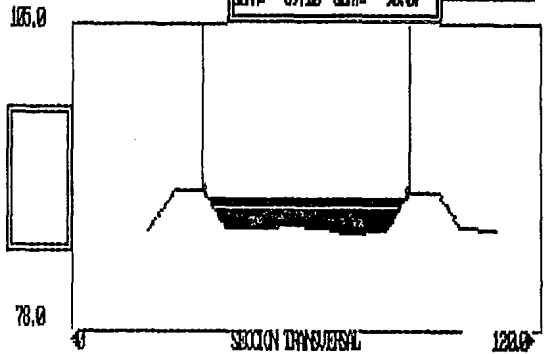
Universidad Nacional Autónoma de México
 Escuela Nacional de Estudios Profesionales
 Acatlán

Ingeniería Civil | Q = 326.592 m³/seg. Tr = 50 años
 TESIS PROFESIONAL | SECCION TRANSVERSAL | FIGURA 3. 3



| | | | |
|-------|--------|------|-------|
| EST.: | 101.12 | VCE: | 2.26 |
| LONG: | 101.12 | VCH: | 3.37 |
| SEP.: | 53.10 | VEI: | 0.00 |
| ZUC: | 362.34 | VED: | 0.00 |
| EH: | 90.00 | VCE: | 4.20 |
| ED: | 90.25 | UMD: | 2.57 |
| VER: | 0.00 | KCH: | 89.66 |
| YAL: | 0.00 | EST: | 90.40 |
| SLA: | 89.10 | SLA: | 90.07 |

RISE PARA
 01 CONTINUA
 02 MODIFIC
 COSTO
 03 MODIFIC
 SERVIC.
 04 TERMINA



Universidad Nacional Autónoma de México
 Escuela Nacional de Estudios Profesionales
 Acatlán

Ingeniería Civil | Q=362.339 m³/seg. Tr=100 años
 TESIS PROFESIONAL | SECCION TRANSVERSAL | FIGURA 3.4

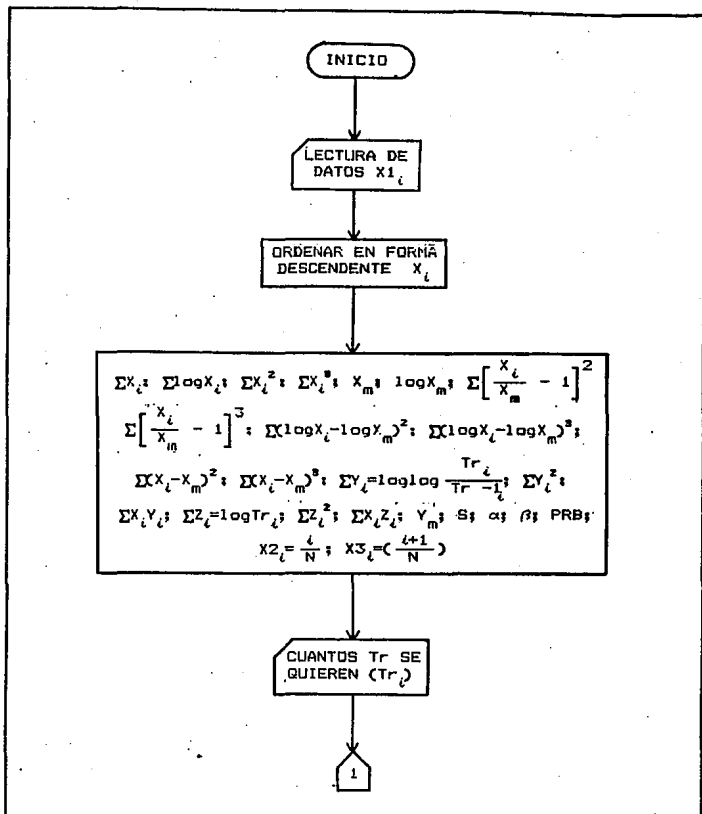
A N E X O

En el presente anexo se muestra la corrida del programa de análisis hidrológico de una cuenca por medio de los métodos estadísticos aplicados a las estaciones Tlaxcala que se encuentra en el Río Zahuapán y Echeverría en el Río Atoyac.

Así mismo se presenta el desarrollo del diagrama de flujo correspondiente al programa de análisis hidrológico que se utiliza en este trabajo. En este caso, la codificación del programa se realizó en lenguaje BASIC.

Los métodos que se manejan son los de Nash, Gumbel, Gumbel 1, Lebediev, Log-Pearson Tipo III, Pearson Tipo III, y el de Mínimos Cuadrados.

Los diversos valores que se requieren para el desarrollo de los métodos, como los coeficientes, se encuentran en las tablas y gráficas señaladas en la explicación teórica de los métodos probabilísticos.



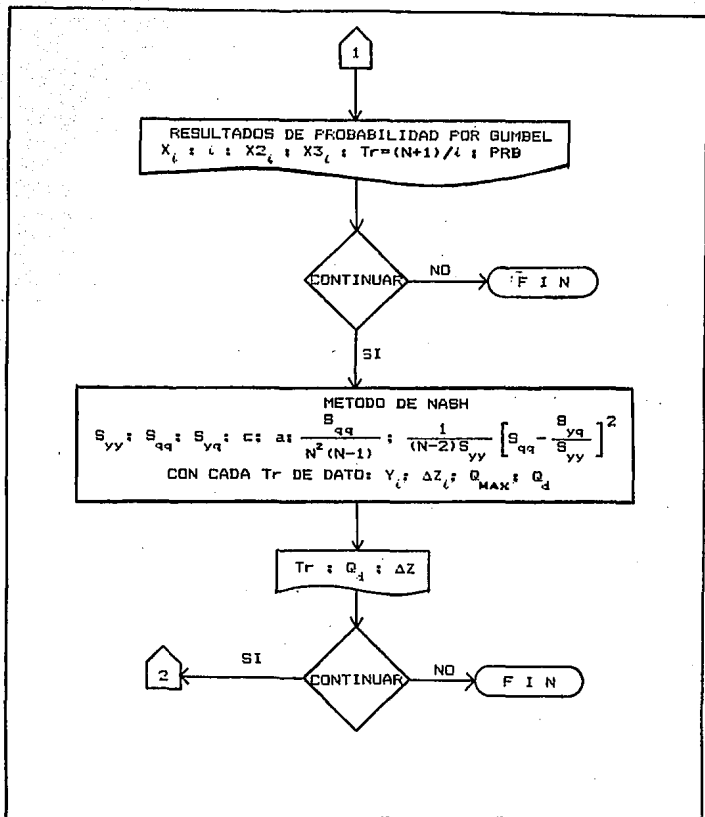
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DIAGRAMA DE FLUJO

TESIS PROFESIONAL

1 de 8



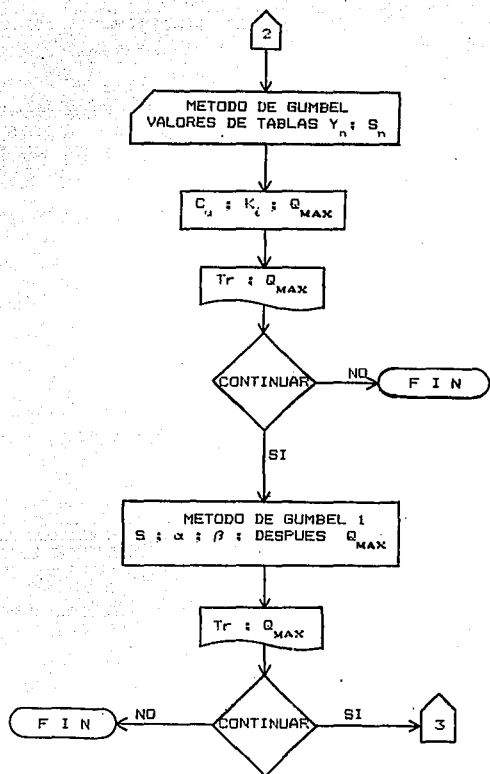
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DIAGRAMA DE FLUJO

TESIS PROFESIONAL

2 de 8



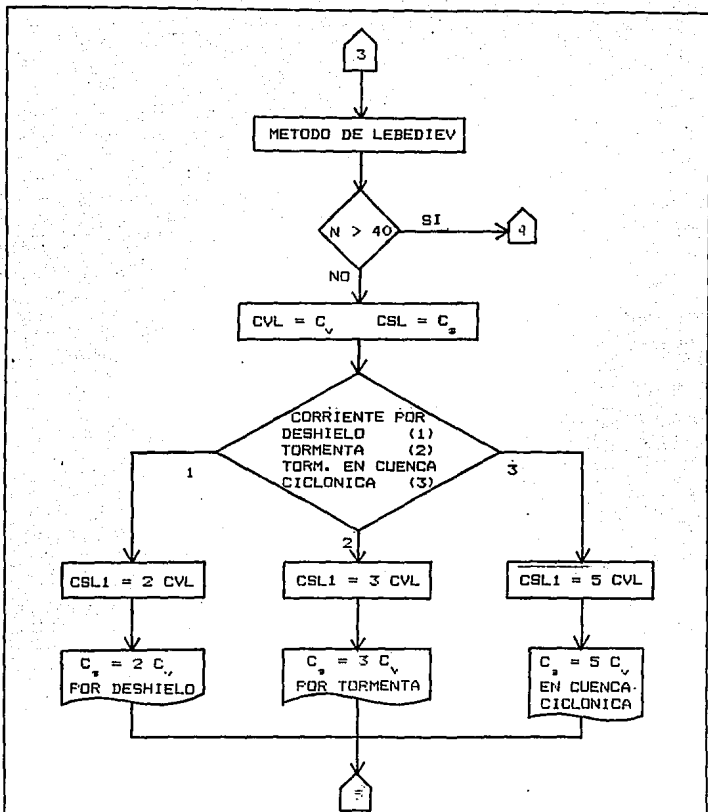
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DIAGRAMA DE FLUJO

TESIS PROFESIONAL

3 de 8



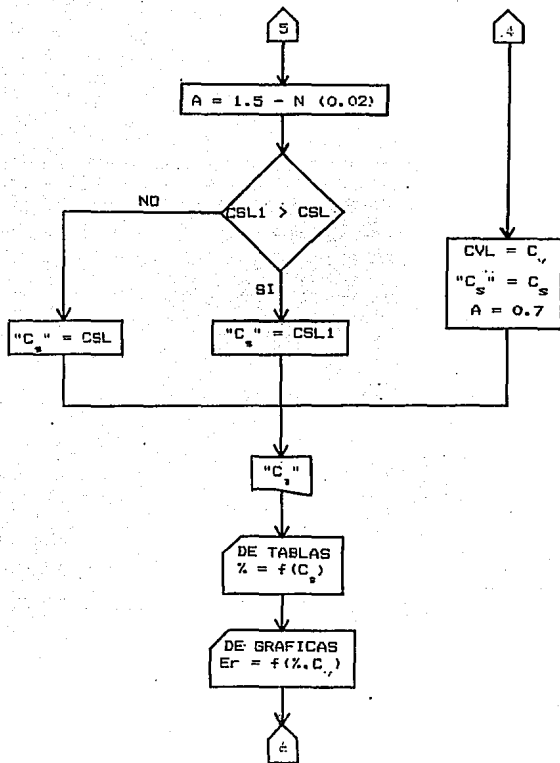
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DIAGRAMA DE FLUJO

TESIS PROFESIONAL

4 de 8



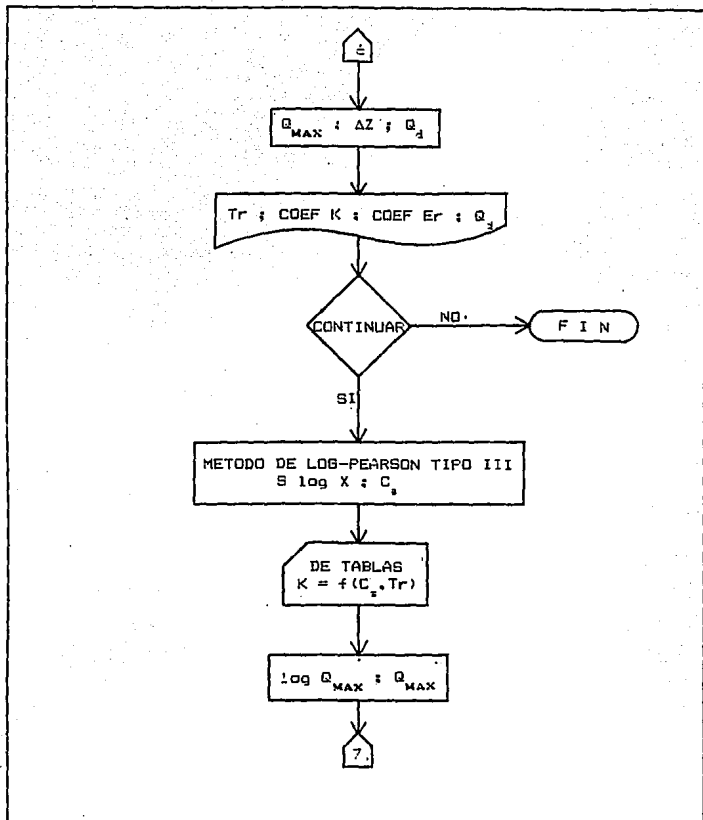
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DIAGRAMA DE FLUJO

TESIS PROFESIONAL

5 de 8



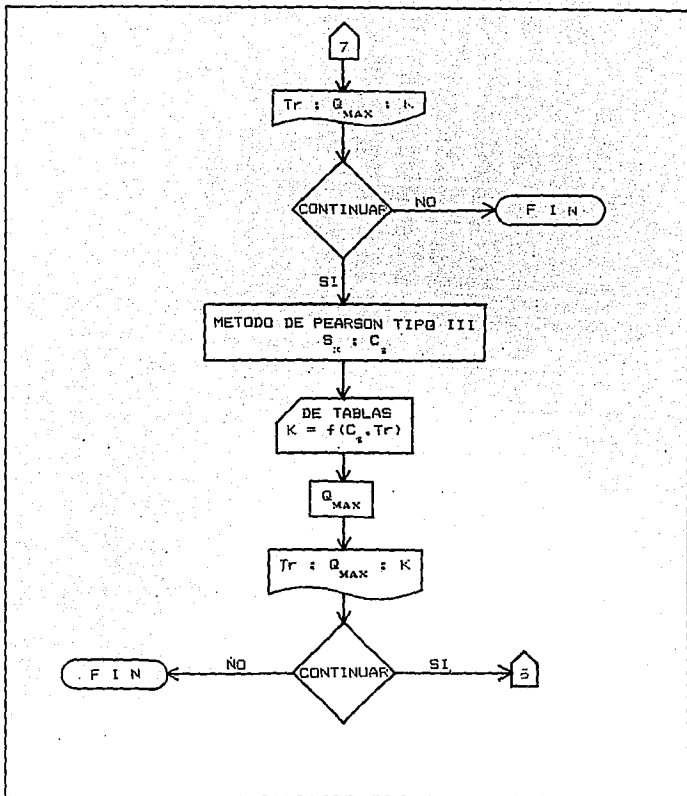
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DIAGRAMA DE FLUJO

TESIS PROFESIONAL

6 de 8



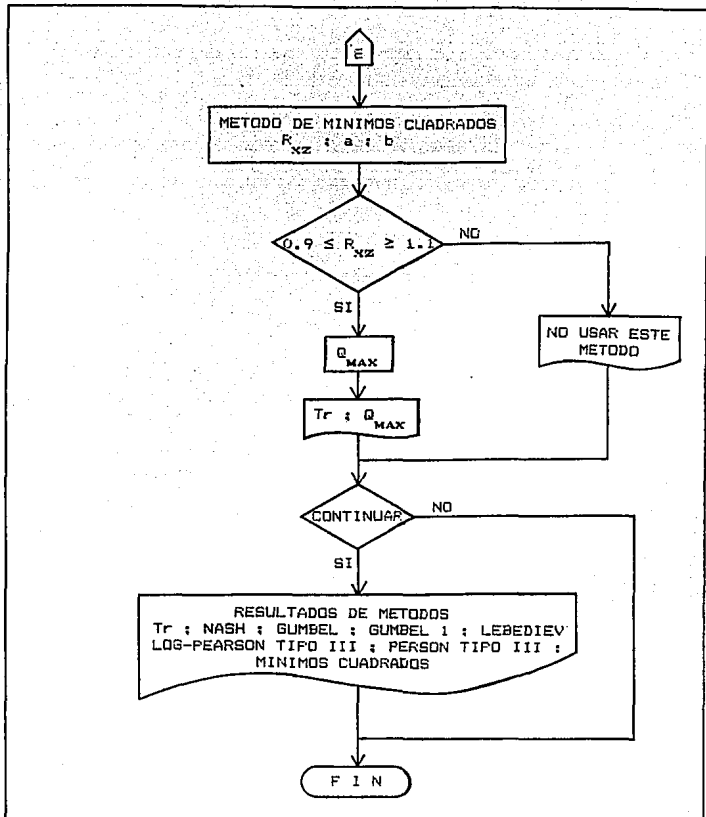
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DIAGRAMA DE FLUJO

TESIS PROFESIONAL

7 de 8



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

Ingeniería Civil

DIAGRAMA DE FLUJO

TESIS PROFESIONAL

8 de 8

 * METODO DE NASH *

ESTACION TLAXCALA
 ZAHUAPAN

RESULTADOS DEL METODO DE NASH

| PER. DE RET. AÑOS | DISENO MAX. | COEF. SEGURIDAD MAS O MENOS |
|----------------------|-------------|--------------------------------|
| 1 | 104.42 | 22.85 |
| 5 | 202.29 | 22.59 |
| 10 | 233.91 | 23.19 |
| 25 | 274.29 | 24.38 |
| 50 | 304.52 | 25.54 |
| 100 | 334.72 | 26.88 |
| 250 | 374.74 | 28.90 |
| 500 | 405.12 | 30.58 |
| 1000 | 435.59 | 32.38 |

 * METODO DE GUMBEL *

ESTACION TLAXCALA
 ZAHUAPAN
 GASTO EN M3/SEG.

PARAMETROS PARA EL METODO DE GUMBEL
 =====

VALORES CONFORME A N = (16)
 $S_n = 1.0316$
 $Y_n = .5157$

RESULTADOS DEL METODO DE GUMBEL

| PER. DE RET. AÑOS | DISENO MAX. |
|----------------------|-------------|
| 1 | 78.89 |
| 5 | 181.55 |
| 10 | 214.00 |
| 25 | 254.99 |
| 50 | 285.40 |
| 100 | 315.59 |
| 250 | 355.33 |
| 500 | 385.34 |
| 1000 | 415.34 |

 * METODO DE GUMBEL 1 *

ESTACION TLAXCALA
 ZAHUAPAN
 GASTO EN M3/SEG.

VALORES REGISTRADOS N = 16

RESULTADOS DEL METODO DE GUMBEL 1

| PER. DE RET. AÑOS | DISEÑO MAX. |
|----------------------|-------------|
| 1 | 88.51 |
| 5 | 171.09 |
| 10 | 197.19 |
| 25 | 230.16 |
| 50 | 254.62 |
| 100 | 278.91 |
| 250 | 310.88 |
| 500 | 335.02 |
| 1000 | 359.14 |

 * METODO DE LEBEDIEV *

ESTACION TLAXCALA
 ZAHUAPAN
 GASTO EN M3/SEG.

TIPO SELECCIONADO NUM= 2
 $C_s = 3C_v$ PARA CORRIENTE PRODUCIDA POR TORMENTAS
 CON EL VALOR DE $C_s = .932041$

CON EL VALOR DE $C_v = .3106804$

RESULTADOS DEL METODO DE LEBEDIEV

| PER. DE RETORNO | COEF. K | COEF. Er. | Diseño MAXIMO |
|--------------------|---------|-----------|------------------|
| 1 | -1.14 | 0.31 | 89.77 |
| 5 | 0.76 | 0.39 | 171.82 |
| 10 | 1.34 | 0.42 | 196.97 |
| 25 | 2.05 | 0.46 | 227.53 |
| 50 | 2.52 | 0.49 | 247.82 |
| 100 | 2.97 | 0.51 | 267.26 |
| 250 | 3.45 | 0.54 | 287.99 |
| 500 | 4.41 | 0.57 | 329.44 |
| 1000 | 4.43 | 0.58 | 330.31 |

 * METODO DE LOG-PEARSON TIPO III *

 ESTACION TLAXCALA
 ZAHUAPAN
 GASTO EN M3/SEG.

CON EL VALOR DE CS = .136020E

RESULTADOS DEL METODO LOG-PEARSON TIPO III

| PER. DE RET. AÑOS | DISEÑO MAXIMO | FACTOR DE FRECUENCIA |
|----------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 88.70 | -1.266 |
| 5 | 172.74 | 0.834 |
| 10 | 199.96 | 1.295 |
| 25 | 234.64 | 1.799 |
| 50 | 260.64 | 2.130 |
| 100 | 286.58 | 2.429 |
| 250 | 320.35 | 2.780 |
| 500 | 347.91 | 3.040 |
| 1000 | 375.45 | 3.280 |

 * METODO DE PEARSON TIPO III *

 ESTACION TLAXCALA
 ZAHUAPAN
 GASTO EN M3/SEG.
 EL VALOR DE CS = .5683823

RESULTADOS DEL METODO DE PEARSON TIPO III

| PER. DE RET. AÑOS | DISEÑO MAXIMO | FACTOR DE FRECUENCIA |
|----------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 85.17 | -1.207 |
| 5 | 174.81 | 0.803 |
| 10 | 198.14 | 1.326 |
| 25 | 224.94 | 1.927 |
| 50 | 243.28 | 2.33E |
| 100 | 260.63 | 2.727 |
| 250 | 281.28 | 3.190 |
| 500 | 298.67 | 3.580 |
| 1000 | 313.39 | 3.910 |

 * METODO DE MINIMOS CUADRADOS *

 ESTACION TLAXCALA
 ZAHUAPAN
 GASTO EN M3/SEG.

EL COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL
 ESTA ENTRE 0.9 >= .9762859 <=1.1 ES CORRECTO

RESULTADOS DEL METODO DE MINIMOS CUADRADOS

| PER. DE RET. AÑOS | DISEÑO MAXIMO |
|----------------------|------------------|
| 1 | 93.70 |
| 5 | 177.25 |
| 10 | 215.49 |
| 25 | 266.05 |
| 50 | 304.30 |
| 100 | 342.54 |
| 250 | 393.10 |
| 500 | 431.34 |
| 1000 | 469.59 |

 * METODO DE NASH *

ESTACION ECHEVERRIA
 ATOYAC

RESULTADOS DEL METODO DE NASH

PER. DE RET. DISEÑO MAX. COEF. SEGURIDAD
 AÑOS MAS O MENOS

| | | |
|------|--------|------|
| 1 | 61.17 | 5.27 |
| 5 | 83.50 | 5.19 |
| 10 | 90.75 | 5.35 |
| 25 | 100.02 | 5.65 |
| 50 | 106.97 | 5.99 |
| 100 | 113.92 | 6.35 |
| 250 | 123.14 | 6.89 |
| 500 | 130.14 | 7.34 |
| 1000 | 137.14 | 7.81 |

 * METODO DE GUMBEL *

ESTACION ECHEVERRIA
 ATOYAC
 PRECIPITACION EN MM.

PARAMETROS PARA EL METODO DE GUMBEL
 =====

VALORES CONFORME A $N = (16)$
 $S_n = 1.0316$
 $Y_n = .5157$

RESULTADOS DEL METODO DE GUMBEL

PER. DE RET. DISEÑO MAX.
 AÑOS

| | |
|------|--------|
| 1 | 55.25 |
| 5 | 78.76 |
| 10 | 86.19 |
| 25 | 95.58 |
| 50 | 102.54 |
| 100 | 109.46 |
| 250 | 118.56 |
| 500 | 125.43 |
| 1000 | 132.30 |

 * METODO DE GUMBEL 1 *

ESTACION ECHEVERRIA
 ATOYAC
 PRECIPITACION EN MM.

VALORES REGISTRADOS N = 16

RESULTADOS DEL METODO DE GUMBEL 1

| PER. DE RET. AÑOS | DISEÑO MAX. |
|----------------------|-------------|
| 1 | 57.46 |
| 5 | 76.37 |
| 10 | 82.34 |
| 25 | 89.89 |
| 50 | 95.50 |
| 100 | 101.06 |
| 250 | 108.38 |
| 500 | 113.90 |
| 1000 | 119.43 |

 * METODO DE LEBEDIEV *

ESTACION ECHEVERRIA
 ATOYAC
 PRECIPITACION EN MM.

TIPO SELECCIONADO NUM= 2
 $C_s = 3C_v$ PARA CORRIENTE PRODUCIDA POR TORMENTAS
 CON EL VALOR DE $C_s = .4298416$

CON EL VALOR DE $C_v = .1432805$

RESULTADOS DEL METODO DE LEBEDIEV

| PER. DE RETORNO | COEF. K | COEF. Er. | Diseño MAXIMO |
|--------------------|---------|-----------|------------------|
| 1 | -1.28 | 0.15 | 56.36 |
| 5 | 0.82 | 0.20 | 77.13 |
| 10 | 1.32 | 0.22 | 82.07 |
| 25 | 1.90 | 0.25 | 87.81 |
| 50 | 2.27 | 0.26 | 91.47 |
| 100 | 2.63 | 0.27 | 95.03 |
| 250 | 3.15 | 0.29 | 100.17 |
| 500 | 3.52 | 0.30 | 103.63 |
| 1000 | 3.70 | 31.00 | 105.61 |

 * METODO DE LOG-PEARSON TIPO III *

 ESTACION ECHEVERRIA
 ATOYAC
 PRECIPITACION EN MM.

CON EL VALOR DE CS = -.1344132

RESULTADOS DEL METODO LOG-PEARSON TIPO III

| PER. DE RET. AÑOS | DISEÑO MAXIMO | FACTOR DE FRECUENCIA |
|----------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 56.33 | -1.295 |
| 5 | 77.49 | 0.847 |
| 10 | 82.48 | 1.266 |
| 25 | 88.04 | 1.704 |
| 50 | 91.77 | 1.982 |
| 100 | 95.18 | 2.227 |
| 250 | 99.27 | 2.510 |
| 500 | 102.12 | 2.700 |
| 1000 | 105.06 | 2.890 |

 * METODO DE PEARSON TIPO III *

 ESTACION ECHEVERRIA
 ATOYAC
 PRECIPITACION EN MM.
 EL VALOR DE CS = .2169263

RESULTADOS DEL METODO DE PEARSON TIPO III

| PER. DE RET. AÑOS | DISEÑO MAXIMO | FACTOR DE FRECUENCIA |
|----------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 56.20 | -1.255 |
| 5 | 77.48 | 0.829 |
| 10 | 82.33 | 1.303 |
| 25 | 87.65 | 1.624 |
| 50 | 91.17 | 2.169 |
| 100 | 94.41 | 2.486 |
| 250 | 97.82 | 2.820 |
| 500 | 101.50 | 3.180 |
| 1000 | 103.64 | 3.390 |

 * METODO DE MINIMOS CUADRADOS *

 ESTACION ECHEVERRIA
 ATOYAC
 PRECIPITACION EN MM.

EL COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL
 ESTA ENTRE 0.9 >= .9564199 <=1.1 ES CORRECTO

RESULTADOS DEL METODO DE MINIMOS CUADRADOS

| PER. DE RET. AÑOS | DISEÑO MAXIMO |
|----------------------|------------------|
| 1 | 58.86 |
| 5 | 77.60 |
| 10 | 86.18 |
| 25 | 97.52 |
| 50 | 106.10 |
| 100 | 114.68 |
| 250 | 126.02 |
| 500 | 134.60 |
| 1000 | 143.18 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La finalidad de un análisis hidrológico es la de obtener el gasto de diseño que se presentaría en un determinado tiempo (período de retorno). El resultado final estará en función de las características hidrográficas del río y del procedimiento de análisis. Aunque existen varios métodos de estudio la mayor parte de ellos no arrojan un resultado muy confiable, por lo que en ocasiones es mejor hacer uso de varios de éstos.

En el desarrollo de este estudio hidrológico se han utilizado diversos métodos. El método histórico nos muestra el registro de gastos y precipitaciones que existen en las estaciones hidrométricas; la aplicación de los métodos probabilísticos nos dió valores de gastos y precipitaciones máximos para un período de retorno (T_r) determinado. Sin embargo, estos no correspondían a la cuenca de estudio, por lo que se decide aplicar el método de correlación hidrológica de cuencas. Todo este procedimiento nos da valores que en nuestro caso tomamos como los finales.

El método de Relación Lluvia - Esguerrimiento se utilizó para mostrar el desarrollo de las precipitaciones por medio del Hidrograma Unitario Triangular. El proceso de cálculo del Hidrograma Unitario Triangular implica así mismo utilizar el método del U. S. Soil Conservation Service (S.C.S.). Los resultados obtenidos en este método no son confiables dado que para la forma de la tormenta no se tiene una base firme en su elección.

Además, entre otros datos para su aplicación es necesario el conocimiento de la distribución de las tormentas, información que no se tiene en los registros pluviográficos del área de estudio. Sin embargo, se puede suponer una distribución en base a los datos existentes en otras áreas semejantes o por medio de gráficas. Este artificio le resta confiabilidad a los resultados, sin embargo, servirá para dar una idea general de la forma de los hidrogramas y su variación con respecto a los períodos de retorno, permitiendo hacer una comparación con los métodos utilizados en el desarrollo del trabajo.

El análisis hidrológico muestra los valores obtenidos por cada método, sin embargo, la decisión de escoger el más adecuado depende de las características de la zona de estudio y de la aproximación en la representatividad del comportamiento histórico, por lo que se puede tener varios criterios de selección. La toma de decisiones esta basada principalmente en la experiencia de la persona que realiza el trabajo de análisis.

En el caso de este estudio se llega al resultado de un gasto de diseño para un período de retorno de 100 años de 362.339 m³/seg. Además de este dato se presentan los gastos de diseño de otros intervalos de tiempo, con la finalidad de mostrar el desarrollo de los mismos con respecto al tiempo.

Al aplicar el gasto de diseño en una parte del río, se observa que la obra de protección trabaja bien con un bordo libre de 0.18 m; este bordo libre es muy pequeño. En la mayor parte de las ocasiones se utiliza para este tipo de obras de protección un mínimo de 100 cm como bordo libre por lo que es recomendable incrementar la altura de bordos en un mínimo de 0.80 m. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es la revisión constante de la zona, el mantenimiento de los lugares deteriorados y en general de toda la obra de protección.

Durante la aplicación del método probabilístico de análisis hidrológico de Lebediev, se realizó una modificación a la tabla que maneja el Coeficiente E_r , la Probabilidad y el Coeficiente de Variación (Cv) (ver gráfica 3.5, pág. 86). La tabla tradicional permite manejar solamente un 10% de probabilidad o lo que significa un Período de Retorno de 10 años como mínimo. La modificación se realizó siguiendo la

secuencia lógica de la malla semi - logarítmica, lo que permite el 100% de probabilidad y un valor mínimo en el período de retorno de 1 año.

El realizar esta modificación a la tabla no afecta en gran medida a este trabajo, debido a que se maneja el Período de Retorno de 100 años ya establecido con anterioridad.

BIBLIOGRAFIA

- Aparicio Mijares, Francisco Javier. "Fundamentos de Hidrología de Superficie". Editorial Limusa. Primera Edición. México 1989.

- Bonett, Alberto y Francisco Javier Jauffred M. "Elementos de Probabilidad y Estadística". Serie: Métodos para el Análisis de Sistemas de Ingeniería. Vol. 1. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A.

- Campos Arana, D. F. "Procesos del Ciclo Hidrológico". Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 1984.

- Comisión Federal de Electricidad. "Manual de Diseño de Obras Civiles". Instituto de Investigaciones Eléctricas.

- Chow, Ven Te. "Handbook of Applied Hidrology". Mc-Graw Hill Book Co. 1964.

- Chow, Ven Te. "Hidráulica de los Canales Abiertos". Editorial Diana. México D. F. 1986.

- Dirección General de Obras Hidráulicas y de Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Rural. "Manual para la Estimación de Avenidas Máximas en Cuencas y Presas Pequeñas". Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México 1982.

- Domínguez M. "Tormentas y Avenidas de Diseño". Instituto de Ingeniería. UNAM. 1976.

- Linsley, R. K., M. A. Kohler. "Applied Hydrology". Mc. Graw-Hill. International Student Edition. USA. 1975.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. "Boletín Hidrológico No. 48". Región Hidrológica No. 18 (Parcial) Cuenca de los Ríos Atoyac y Mixteco.

- Spiegel Murray, R. "Estadística". Segunda Edición. Traducción de Rafael Hernández Heredero. Mc. Graw-Hill. México 1991.

- Springall, Rolando G. "Drenaje en Cuencas Pequeñas". Instituto de Ingeniería (143). UNAM. 1969.

- Springall, Rolando G. "Escorrentamiento en Cuencas Grandes". Instituto de Ingeniería (146). UNAM. 1967.

- Warren Viessman. J. R. "Introduction to Hydrology". Intext Educational Publisher, New York. U.S.A.