



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**

**REVISIÓN DEL PROYECTO “ESTUDIO INTEGRAL PARA MEJORAR  
EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA  
DEL VALLE DE MÉXICO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**P R E S E N T A**

**ING. ALFONSO ALFREDO CAMACHO CASTILLO**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. CARLOS A. ESCALANTE SANDOVAL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO D.F. 2005-12-20**

***Con especial cariño dedico este trabajo a mi madre y a la memoria de mi padre.***

***A mi esposa María del Rosario  
A mis hijos Alfonso Rafael y Diana Rosario***

***Mi agradecimiento a los profesores de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, por su vocación de enseñanza.***

## INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>1 INFORMACIÓN DISPONIBLE</b>	4
1.1 Información Documental de la Zona de Estudio	6
1.2 Información Hidrológica	9
1.3 Información Climatológica	10
1.4 Información Hidrométrica	12
1.5 Información Topográfica	14
1.5.1 Control Terrestre	15
1.5.2 Por Posicionamiento Global por Satélite	15
1.5.3 Por Métodos Tradicionales	17
1.5.4 Nivelación Diferencial	17
1.5.5 Monumentación	22
1.5.6 Levantamiento de Detalles	22
1.5.7 Levantamiento de hasta una Hectárea	23
1.5.8 Levantamiento de Secciones en el Cauce	24
1.6 Elaboración de Planos	26
1.6.1 Planos de Detalle	26
1.6.2 Planos de Secciones del Cauce	27
<b>2 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA</b>	29
2.1 Geomorfología de la Cuenca	29
2.1.1 Cuenca	30
2.1.2 Área de la Cuenca	30
2.1.3 Forma de la cuenca	31
2.1.4 Curva Hipsométrica	32
2.1.5 Rectángulo Equivalente	34
2.1.6 Elevación Media	35
2.1.7 Pendiente Media	36
2.1.8 Red de Drenaje	39
2.2 Superficie Terrestre de las Cuencas	43
2.2.1 Cobertura Vegetal o Urbana (Uso del Suelo y Vegetación)	44
2.2.2 Uso potencial del suelo	44
2.2.3 Edafología (Suelos)	44
2.2.4 Geología	45
2.3 Cauce Principal	46

2.3.1	Longitud	46
2.3.2	Perfil	46
2.3.3	Pendiente	46
2.4	Relaciones Generales	47
2.4.1	Relaciones con el área de la cuenca	47
2.4.2	Relación con la Elevación Media de la Cuenca	48
2.4.3	Relación con la Pendiente Media de la Cuenca	48
2.4.4	Relaciones de la Longitud y la Pendiente del cauce principal	48
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DISTRIBUCIONAL DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO</b>	<b>49</b>
3.1	Prueba estadística t de Student	49
3.2	Prueba estadística de Cramer	51
3.3	Prueba estadística de Helmer	52
3.4	Prueba de Anderson	53
3.5	Ajustes de Funciones de Distribución de Probabilidad a los registros de precipitaciones máximas en 24 horas.	55
3.6	Ajustes de Funciones de Distribución de Probabilidad a los registros de Gastos Máximos Anuales.	58
<b>4</b>	<b>APLICACIÓN DE MODELOS LLUVIA-ESCURRIMIENTO</b>	<b>60</b>
4.1	Método del Instituto de Ingeniería UNAM	60
4.2	Correlación y Regresión Múltiple	66
4.3	Estaciones-Año	73
4.4	Avenida Índice	78
4.5	Método Racional	82
4.6	Análisis en Confluencias de Ríos	90
4.7	Eventos de Diseño para la cuenca del Canal de la Compañía	94
<b>5</b>	<b>HIDROGRAMAS DE DISEÑO</b>	<b>95</b>
5.1	Hidrogramas de Diseño para las cuencas del Río San Francisco, San Rafael y Canal de la Compañía	95
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
6.1	Conclusiones del Proyecto	101
6.2	Conclusiones de la Revisión del Proyecto	103
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXO A (Tablas y Gráficas)</b>	<b>107</b>

## INTRODUCCIÓN

El proyecto denominado “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, fue elaborado en 1999 por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, para la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México (GRAVM), su objetivo fue revisar desde el punto de vista hidrológico e hidráulico el funcionamiento del río de la Compañía y proponer las obras necesarias para evitar problemas de inundaciones a los habitantes de la zona baja de la cuenca de dicho río.

En el capítulo uno se hace una descripción de la zona estudiada y de la división de la cuenca del río de la Compañía en tres subcuencas principales, que son; la del río San Rafael, río San Francisco y la del Canal de la Compañía, para realizar los análisis hidrológicos e hidráulicos con mayor detalle.

Se presenta una lista de ocho estudios y/o proyectos realizados en la cuenca del río de la Compañía, anteriores al proyecto denominado “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”. De cuatro de estos proyectos, se hace una breve descripción de los trabajos realizados. De algunos de esos, se obtuvo información climatológica y topográfica, analizando aquella que podría ser utilizada. Cabe mencionar que de la información disponible, los trabajos de levantamientos topográficos de secciones transversales, son los que se consideraron de mayor utilidad, sobre todo para los análisis hidráulicos.

Se hace mención de la información hidrológica disponible y las fuentes de donde fueron obtenidas, así como los periodos de registro de los datos de lluvia y escurrimientos, así como del criterio utilizado para la complementación de datos faltantes.

Se describen los trabajos de topografía que fueron necesarios realizar en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, para ligar con los datos obtenidos de los diferentes proyectos elaborados anteriormente. Así mismo, se presentan en tablas las coordenadas de los puntos más relevantes que sirvieron de referencia para realizar la liga de los levantamientos existentes con los trabajos realizados. La información completa de los trabajos de topografía, se encuentran en los anexos denominados de topografía del proyecto mencionado, en la tesis solo se hace referencia a ellos.

En el capítulo dos se hace una descripción de la caracterización hidrológica de la cuenca del Canal de la Compañía, en la cual se determinaron parámetros como: el área de la cuenca, la elevación media y pendiente de la cuenca, longitud del cauce y su pendiente media, red de drenaje de la cuenca, forma de la cuenca, entre otras. Se obtuvieron algunas características fisiográficas de la cuenca por diferentes criterios, por considerarse de utilidad en muchos análisis hidrológicos, donde se requiere definir la relación entre dichas características y los escurrimientos, para estar en posibilidad de seleccionar el que proporcione una mejor relación.

Por otra parte, se menciona sobre la cobertura vegetal o urbana, edafología de los suelos y geología de la cuenca, con objeto de tener una mejor idea de la influencia que estas características pueden tener en el régimen de los escurrimientos.

En el capítulo tres se presentan los análisis de homogeneidad e independencia de los datos de precipitaciones máximas en veinticuatro horas y de los gastos máximos anuales, utilizando para los análisis de homogeneidad tres criterios o pruebas; la t de Student, de Cramer y de Helmer, mientras que para el análisis de independencia se utilizó la prueba de Anderson. Los análisis de homogeneidad se realizaron con el objeto de determinar si los datos utilizados corresponden a una muestra de una población, mientras que el de independencia se realizó para determinar si los datos analizados son variables aleatorias, y por lo tanto factibles de realizarles análisis de frecuencias. Cabe mencionar que estos análisis se realizaron para complementar los resultados presentados en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”.

En este mismo capítulo, se presentan los resultados de los ajustes de funciones de distribución aplicados a los datos de precipitaciones máximas en 24 horas y a los gastos máximos anuales, del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”. Las funciones de distribución que se utilizaron fueron; Normal, Exponencial, Log-Normal, Gamma, Gumbel y Doble Gumbel, ajustadas mediante los métodos de momentos y máxima verosimilitud.

En el trabajo de tesis se complemento el análisis anterior utilizando las funciones mencionadas, pero ajustadas por otros métodos como; Momentos de Probabilidad Pesada, Momentos L, Momentos Método Directo, Momentos Método Indirecto y Máxima Entropía. Se consideró conveniente aplicar otras funciones de distribución como; General de Valores Extremos (GVE), Log-Pearson III, General de Valores Extremos Mixta (GVE Mixta), Gumbel GVE, TCEV y Gumbel Mixta. Utilizando para su ajuste los métodos de; Momentos, Máxima Verosimilitud, Momentos de Probabilidad Pesada, Momentos L, Momentos Método Directo, Momentos Método Indirecto y Máxima Entropía. La aplicación de otros ajustes se realizó con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en el proyecto mencionado, y determinar si son o no significativos.

En el capítulo cuatro se aplicaron algunos métodos para determinar la relación lluvia-escurrimiento en las cuencas de los ríos San Francisco y San Rafael, como el del Instituto de Ingeniería de la UNAM y el Racional. Así mismo, se aplicaron las técnicas de regionalización como; Correlación y Regresión Múltiple, Estaciones-Año y Avenida Índice, para determinar los eventos de diseño en cuencas con escasa y nula información. Además se aplicó un análisis conjunto de eventos hidrológicos como el de la confluencia de ríos. Los análisis realizados a las cuencas de los ríos San Francisco y San Rafael, permitieron comparar los eventos de diseño obtenidos aplicando las técnicas regionales y métodos lluvia escurrimiento, con los correspondientes eventos de diseño, obtenidos aplicando los ajustes de funciones de distribución a los datos de gastos máximos anuales, registrados en las estaciones hidrométricas San Lucas y San Marcos, que son las que miden los escurrimientos de esas cuencas.

En el capítulo cinco se presentan el método del hidrograma unitario triangular, para dar forma a los hidrogramas de diseño de las cuencas de los ríos San Francisco, San Rafael y Canal de la Compañía, que se requieren para realizar los análisis de tránsito de avenidas en dichos cauces. Por otra parte, debido a que los escurrimientos en la cuenca del Canal de la Compañía se incorporan al canal mediante bombeo, se hace

una propuesta de cómo considerar el gasto de pico y el volumen del hidrograma en el análisis del tránsito de avenidas.

El análisis del proyecto se limitó a la obtención de los eventos de diseño de las cuencas, por considerarse que son la base fundamental para el diseño de estructuras y revisión de niveles o perfiles en los cauces.

En el capítulo seis se presentan las conclusiones a las que se llega en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, además de las conclusiones que se obtienen al incluir dentro de los análisis de los datos, el de homogeneidad e independencia, y de aplicar otras funciones de distribución como; General de Valores Extremos (GVE), Log-Pearson III, General de Valores Extremos Mixta (GVE Mixta), Gumbel GVE, TCEV y Gumbel Mixta.

Cabe mencionar, que parte de la información y resultados obtenidos en cada capítulo, se presentan en tablas y gráficas en el ANEXO A (Tablas y Gráficas).

## 1 INFORMACIÓN DISPONIBLE

Desde el punto de vista Hidrológico la cuenca del valle de México ha sido subdividida en subcuencas; la que corresponde a la zona sur es la subcuenca Xochimilco-Tláhuac, a esta subcuenca descargan los ríos Ameca, Milpa Alta, San Lucas y San Buenaventura. En tiempos antiguos existía un solo lago formado por los de Xochimilco, Tláhuac, Mixquic y Chalco. En la parte Sur y sureste de la cuenca se encuentran algunos manantiales de agua potable que por algún tiempo fueron suministro de la ciudad de México, y en la vecindad de la falda de las montañas, hay áreas de recarga de los acuíferos que nutren los manantiales de la zona.

Uno de los ríos que forman parte de la cuenca del Valle de México es el de La Compañía, el cual desciende del sureste cruzando los poblados de Huixtoco, Chalco, Tlapacoya, Ayotla, Tlalpizahuac, Los Reyes, Xochiaca hasta su conducción al lago de Texcoco. La cuenca del río de La Compañía se localiza en la zona oriente del Estado de México, donde destacan los ex-lagos de Xochimilco y Chalco, así como la delegación Tláhuac. Dentro de esta cuenca se ubican los poblados de Los Reyes, Ixtapaluca, Tlapacoya, Ayotla, Tlalpizahuac, Chalco y Valle de Chalco, todos en el estado de México.

La cuenca del río de La Compañía se puede subdividir en tres subcuencas principales: la del río San Francisco, la del río San Rafael y la del canal de La Compañía; esta subdivisión se basa en las diferencias de las características fisiográficas, climáticas y principalmente en las hidrográficas, en el plano 1.1 denominado hidrológico se indican datos de cada subcuenca.

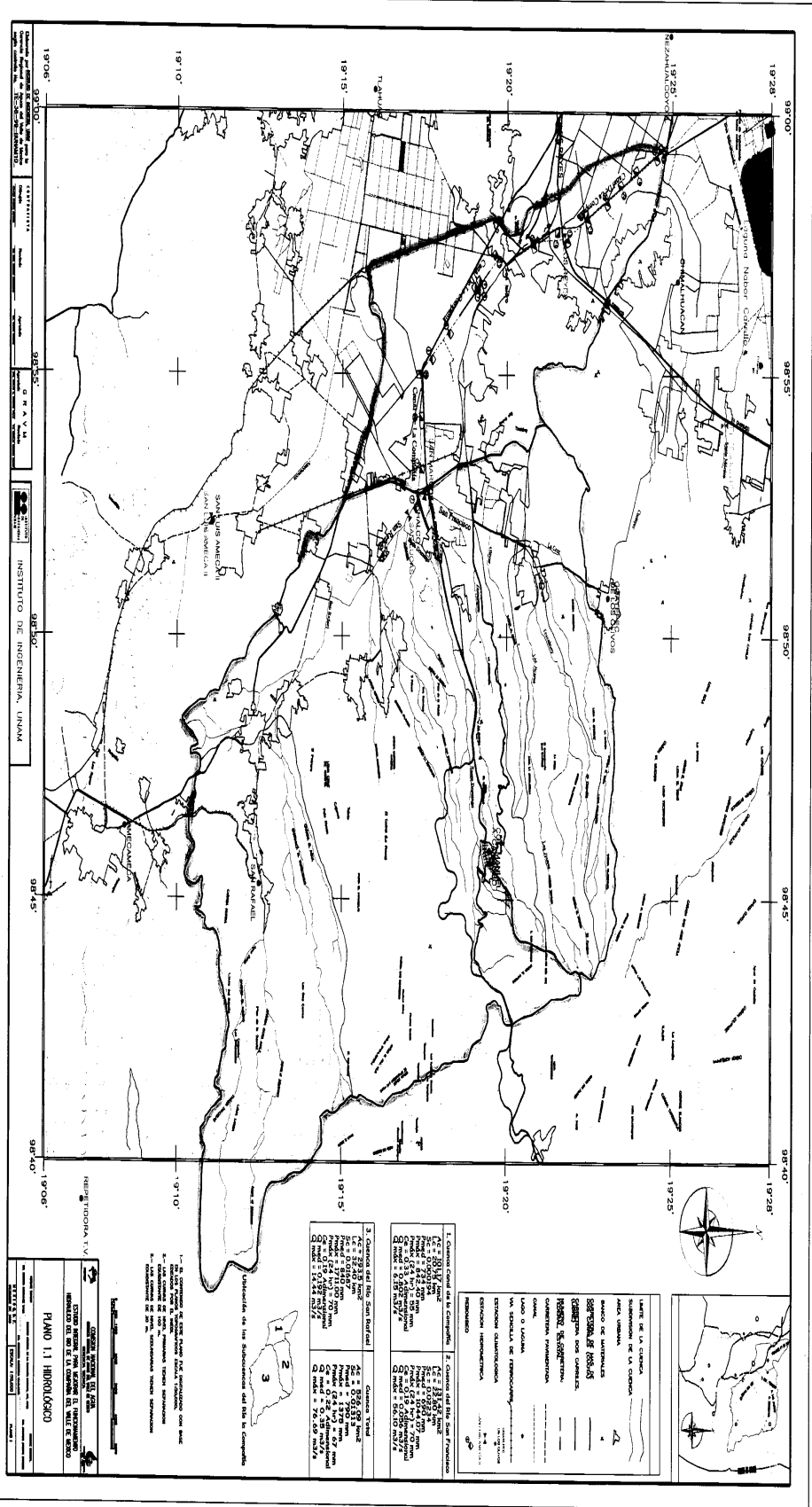
El río San Rafael nace en las laderas del volcán Iztaccíhuatl y el cerro Tres Cruces, está limitado al norte por la cuenca del río San Francisco, al sur por la cuenca del río Ameca y al oriente por el parteaguas de la Sierra Nevada. Antiguamente los ríos San Rafael y San Francisco drenaban al Lago de Chalco, en la actualidad descarga al lago de Texcoco por el canal de La Compañía.

En la parte alta de la cuenca del río de La Compañía, en los orígenes del río San Rafael el agua presenta excelente calidad, pudiendo utilizarse como agua potable, debido a que provienen de los deshielos del volcán Iztaccíhuatl y de los escurrimientos de los bosques de pinos y oyameles que cubren las faldas del volcán. Uno de los problemas en cuanto a su contaminación, tiene que ver con las descargas residuales de la fábrica de papel de San Rafael, ya que ésta usa el agua en su proceso industrial, incluso llegó a utilizarla para la generación de energía eléctrica.

Tan pronto el agua pasa por las primeras comunidades urbanas se va degradando por las descargas residuales y también por la basura depositada en el cauce. Esta degradación se vuelve más severa al recibir las aportaciones de las aguas residuales de la fábrica de papel. Continuando su trayecto, recibe descargas municipales de los poblados de Santo Tomás de Atzingo, San Juan Atzacualoya, San Mateo Tezoquiapan, Santa María Huxoculco, San Martín Cuautlalpan, La Candelaria, Tlalapa y San Lucas Amalinalco.

En toda esta zona existe un gran número de cartoneras, micro-negocios que utilizan





INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM  
 D E A V A L  
 19706' 98°25' 98°30' 98°45' 98°50'

19706' 19710' 19715' 19720' 19725' 19730'  
 98°25' 98°30' 98°45' 98°50'

**PLANO 11 HIDROLOGICO**  
 ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL RIO DE LA CERRERIA DEL VALLE DE SAN MARCOS

1. Contorno Central de la Cerreria 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

1. Contorno Central de la Cerreria  
 2. Contorno del Rio San Francisco  
 3. Contorno del Rio San Rafael

las natas de la fábrica de papel de San Rafael para la elaboración de cartón. Esto provoca la contaminación, además del vertido de los residuos de esos microprocesos, el problema se ve acrecentado por la basura que los lugareños depositan en el río. Sobre el río San Francisco la actividad industrial es menos intensa y la contaminación se debe más a las descargas de aguas negras de las zonas pobladas, localizadas en las márgenes del cauce.

El río de La Compañía ha presentado problemas de desbordamientos en el tramo comprendido entre la carretera federal México-Cuautla y su confluencia con el Canal General muy cerca del poblado de Ayotla. Los problemas de desbordamiento del río son básicamente generados por la alta compresibilidad del subsuelo donde se apoyan los bordos en ambas márgenes y sus constantes restituciones, generando con esto un peso adicional y por lo tanto mayor deformación; a lo anterior hay que agregar el hundimiento regional de la zona que genera la extracción de agua subterránea provocando un cambio constante en el perfil hidráulico del canal.

De la confluencia de los ríos San Rafael y San Francisco hacia aguas abajo, se convierte en un canal denominado de La Compañía que conduce todas las aguas residuales urbanas e industriales de los municipios de Valle de Chalco, Ixtapaluca, Chimalhuacán, Los Reyes La Paz y Nezahualcóyotl, estas zonas las atraviesa a cielo abierto y es en esta parte donde se pueden producir los desbordamientos.

En gran parte del Valle de Chalco, el canal ha quedado por arriba del nivel del piso de las calles, por lo cual el agua de lluvia y drenaje de la zona, son incorporados al canal por medio de plantas de bombeo que se localizan en las márgenes, como se indican en el plano 1.1.

## **1.1 Información Documental de la Zona de Estudio**

La información es el punto de partida en que se apoyaron todas y cada una de las actividades desarrolladas durante la ejecución del presente estudio. Recopilándose en varias dependencias gubernamentales, Institutos de Investigación, dependencias estatales y municipales que han llevado a cabo estudios y proyectos sobre la cuenca del río de La Compañía. Los estudios y proyectos consultados se presentan en el cuadro 1.1.

Esta información es fundamentalmente de tipo descriptivo, por lo tanto se realizó el análisis de los estudios que fueran de gran utilidad con respecto a datos concretos, para comparar con los generados en el presente estudio.

CUADRO 1.1 ESTUDIOS Y PROYECTOS REALIZADOS EN LA CUENCA DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA	
DEPENDENCIA	NOMBRE DEL PROYECTO
Comisión Nacional del Agua. Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, GRAVAMEX. Gerencia Técnica.	“ Estudio hidrológico y control de avenidas en los ríos del oriente de la cuenca del valle de México” Informe final. Tomo I, Anexos I, II y III. Contrato No. GT-105-GAVM-97-I
Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Construcción. Gerencia en el Estado de México.	“Proyecto ejecutivo del dren de alivio del Río San Francisco, en el Estado de México” Informe Final. Tomo I y II. Contrato No. SGC-97-72P
Centro Nacional de Prevención de desastres, CENAPRED. Coordinación de Investigación. Área de Riesgos Hidrometeorológicos.	“Análisis del funcionamiento del Río la Compañía y análisis del funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado propuesto para el drenaje del pueblo de Xico (Chalco Nuevo). Noviembre de 1994.
Gobierno del Estado de México Secretaría de desarrollo Urbano y Obras Públicas Comisión del Agua del Estado de México	Estudios y proyectos sobre la cuenca del río de La Compañía, contienen la ubicación de los colectores por gravedad y cárcamos de bombeo que descargan a dicho río.
Comisión Nacional del Agua. Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, GRAVAMEX. Gerencia Técnica. Subgerencia de Calidad del Agua e Impacto Ambiental.	“Estudio de saneamiento del Río la Compañía, México” Informe Final. Tomo I. Contrato No. GT-305-GAVM-97-I
Instituto de Ingeniería de la UNAM. Coordinación de Hidráulica. Elaborado para la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.	“Modelo del funcionamiento hidráulico del sistema de canales y lagos de Texcoco” Proyecto 3313.
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.	“Recursos de agua en la Cuenca de Chalco, Hidrología de la Cuenca de Chalco” C. Bouvier , E. Didon.
Comisión Nacional del Agua. Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, GRAVAMEX. Gerencia Técnica.	“Estudio de mecánica de suelos realizados para el puente peatonal El Molino Ubicado en las márgenes del canal de La Compañía en el Municipio de Ixtapaluca, Estado de México”

El análisis de los cuatro estudios seleccionados se realiza a continuación:

El objetivo del “**Estudio hidrológico y control de avenidas en los ríos del oriente de la cuenca del valle de México**”, es determinar los efectos que causan las avenidas con diferentes períodos de retorno sobre los cauces de las doce cuencas de la zona Oriente de la Cuenca del Valle de México. En las conclusiones del trabajo, para el caso de los ríos San Rafael, San Francisco y de La Compañía indican desbordamientos en ciertos lugares, para periodos de retorno iguales o mayores de diez años. El estudio contiene información importante de las cuencas del Río San Rafael, San Francisco y de La Compañía, esta corresponde a los trabajos topográficos e hidrológicos.

Los trabajos topográficos contienen:

El levantamiento de poligonales abiertas en los cauces de los tres ríos; la poligonal del río San Francisco comienza aguas arriba de la estación hidrométrica San Marcos con una longitud de 9,500 m, la del San Rafael comienza aguas arriba de la estación hidrométrica San Lucas con una longitud de 5,000 m y sobre el río de La Compañía aguas arriba de la estación hidrométrica Los Reyes se levantaron 24 kilómetros . Los

tres levantamientos se hicieron con secciones a cada 250 m.

El estudio hidrológico contiene la geomorfología de las tres cuencas, el análisis de la precipitación, y el análisis hidrológico, este último incluye la determinación de la capacidad de regulación de avenidas y las políticas de operación de la presa Chihuahua localizada dentro de la cuenca del río San Francisco.

El estudio "**Proyecto ejecutivo del dren de alivio del Río San Francisco, en el Estado de México**", contiene información importante de estudios topográficos, geotécnicos, de hidráulica fluvial e hidrología que se realizaron para llevar a cabo la desviación de uno de los afluentes del río de La Compañía al río Santa Mónica.

En las exploraciones geotécnicas que se realizaron, los siguientes trabajos son de gran utilidad; sondeos mixtos, prueba de permeabilidad de Lugeon, contenido natural de agua, límites de consistencia, determinación del porcentaje de finos, densidad de sólidos, triaxial rápida saturada, triaxial rápida consolidada, consolidación unidimensional, pruebas Próctor S.R.H., análisis de estabilidad del bordo, elaboración de perfiles geomecánicos y capacidad de carga y asentamiento, estos trabajos se realizaron a lo largo del trayecto del dren, en las laderas y cauces tanto del río Santa Mónica como del San Francisco. Mediante el estudio hidrológico se determinaron los gastos asociados a diferentes períodos de retorno, que se presentaron en las cuencas del río San Francisco y de sus afluentes que se pretenden desviar, así como de la cuenca del río Santa Mónica que es el cauce receptor.

La información topográfica contiene la planta y perfil de 32.17 km de cauce, con secciones transversales a cada 40 m, incluyendo topografía sobre el eje del dren. Además se levantó la topografía de las estructuras existentes o en proyecto a lo largo del cauce. Se cuenta con la información topográfica mencionada, vaciada en tablas, figuras y en planos a escala 1:10,000 y 1:2,000, que se encuentran en los anexos del proyecto "Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México".

En el trabajo "**Análisis del funcionamiento del Río la Compañía y análisis del funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado propuesto para el drenaje del pueblo de Xico (Chalco Nuevo)**", el Instituto de Ingeniería de la UNAM llevó a cabo cálculos para determinar las avenidas para diferentes periodos de retorno y la simulación del comportamiento de su ingreso al río de La Compañía desde el inicio hasta la altura del bordo de Xochiaca.

En la primera parte del estudio se describen los cálculos realizados para determinar las avenidas de ingreso a las lagunas de regulación propuestas y al río de La Compañía considerando que la situación crítica se presenta para una tormenta de tres horas y un período de retorno de 50 años. La segunda parte del estudio presenta los resultados de la simulación del comportamiento del río de La Compañía desde su inicio hasta la altura del bordo de Xochiaca.

El "**Estudio del saneamiento del río de La Compañía, México**", tiene como objetivo establecer un inventario de la cantidad y calidad de las descargas de aguas residuales, domesticas e industriales, además de determinar las acciones de prevención y control

de contaminantes sobre la cuenca del río de La Compañía. Contiene información de las descargas de aguas residuales que se localizan a lo largo del cauce, el diagnóstico de la situación ecológica de la cuenca el cual incluye la calidad del agua residual y superficial, tipo de suelo, erosión y la disposición de residuos sólidos.

**El Estudio de mecánica de suelos realizados para el puente peatonal “El Molino”,** ubicado en las márgenes del canal de La Compañía en el Municipio de Ixtapaluca, Estado de México, corresponde a los análisis geotécnicos llevados a cabo en ambas márgenes del canal, esto con el fin de determinar si es posible la construcción de la cimentación sobre los terraplenes del canal, para esto se llevaron a cabo dos sondeos en ambas márgenes.

## 1.2 Información Hidrológica

De cartografía se recopilaron planos de cartas topográficas, de uso de suelo, de geología y edafología de la zona de estudio, en escala 1:50,000. En el cuadro 1.2 se especifica el nombre, número, tipo y escala de cada una de las cartas recopiladas.

CUADRO 1.2 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA			
TOPOGRÁFICAS 1:50,000	GEOLÓGICAS 1:50,000	EDAFOLÓGICAS 1:50,000	USO DE SUELO 1:50,000
CUAUTITLÁN E14A39	CUAUTITLÁN E14A39	CUAUTITLÁN E14A39	CUAUTITLÁN E14A39
*CHALCO E14B31	CHALCO E14B31	CHALCO E14B31	CHALCO E14B31
*AMECAMECA DE JUÁREZ E14B42	AMECAMECA DE JUÁREZ E14B42	AMECAMECA DE JUÁREZ E14B42	AMECAMECA DE JUÁREZ E14B42
HUEJOTZINGO E14B42	HUEJOTZINGO E14B42	HUEJOTZINGO E14B42	HUEJOTZINGO E14B42

\*Cartas digitalizadas INEGI

Con objeto de conocer la potencialidad hidrológica de los diferentes sitios, es necesario analizar la información hidrométrica y climatológica de la zona de estudio. La información hidrométrica, proporciona los volúmenes de escurrimiento.

La información climatológica se refiere a datos climáticos, básicamente precipitaciones y evaporaciones, que se han registrado históricamente en las estaciones climatológicas existentes, es útil para el análisis hidrológico de sitios que no cuentan con medición directa. Para llevar a cabo este análisis es necesario aplicar métodos racionales indirectos, que se basan en la información observada en las estaciones climatológicas disponibles y en algunos factores hidrográficos y fisiográficos de cada cuenca.

Dentro del grupo de estaciones hidrométricas existentes, algunas disponen de instrumentación para hacer medición de varios parámetros, sin embargo sólo se

recopilaron los registros medios mensuales de escurrimientos, ya que son los datos hidrométricos los que se requieren para desarrollar el análisis hidrológico en este estudio. Los escurrimientos son esenciales para calcular la disponibilidad hidrológica en la cuenca de aportación de cada sitio propuesto.

La información climatológica es fundamental para los casos en que no se tiene hidrometría o cuando ésta es insuficiente, ya que es a través de aquella como se puede obtener el volumen de agua escurrido en un determinado sitio. Aquí también, sucede que algunas estaciones climatológicas disponen de instrumentación para hacer mediciones de varios parámetros, pero sólo se recopilaron los registros totales, en cada mes de precipitación. Es oportuno mencionar, que con base en la amplitud de los períodos de información de las estaciones hidrométricas disponibles, tomando en cuenta además lo que propone la normatividad para este tipo de estudios (para elaborar un estudio hidrológico, que de resultados confiables, se requieren datos estadísticos con períodos comprendidos entre 25 y 30 años como mínimo).

### 1.3 Información Climatológica

La información Climatológica recopilada corresponde a tres parámetros que se indican a continuación:

- Lluvias máximas en 24 horas (mm).
- Lluvias medias mensuales (mm).
- Intensidades de lluvia (mm/hr).

En el cuadro 1.3 se muestra la información climatológica recopilada.

CUADRO 1.3 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA RECOPIADA		
PUBLICACIÓN	TIPO DE DATOS	PERIODO DE DATOS
EXTRACTOR RÁPIDO DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REGISTROS MEDIOS DIARIOS</li> <li>• REGISTROS MEDIOS MENSUALES</li> </ul>	1961-1997 1931-1997
BOLETINES HIDROMÉTRICOS Y CLIMATOLÓGICOS EDITADOS POR CNA.	INTENSIDADES DE LLUVIAS	1968-1997

Las estaciones climatológicas que se encuentran dentro de la zona de estudio y de las cuales se recopiló información se muestran en el cuadro 1.4.

En la cuenca del río de La Compañía, de las trece solo once estaciones climatológicas tienen influencia importante en la zona en estudio y disponen del equipo necesario para medir la precipitación, estas se localizan, una en el Distrito Federal y el resto en el Estado de México, tal como se indica en cuadro 1.5.

CUADRO 1.4 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS	
No.	ESTACIÓN
1	SAN LUIS AMECA II
2	AMECA
3	COATEPEC DE LOS OLIVOS
4	IXTAPALUCA
5	TLÁHUAC
6	NEZAHUALCÓYOTL
7	CHIMALHUACÁN
8	SAN RAFAEL
9	MANUEL ÁVILA CAMACHO
10	CHALCO
11	LOS REYES LA PAZ
12	RÍO FRÍO
13	REPETIDORA TV

CUADRO 1.5 LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS					
NOMBRE	LOCALIZACIÓN				ORGANISMO OPERADOR
	ENTIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	
TLÁHUAC	D. F.	19° 15' 58"	99° 00' 26"	2,598	CNA
SAN LUIS AMECA II	EDO. DE MEX.	19° 11' 05"	99° 52' 10"	2,450	CNA
LOS REYES LA PAZ	EDO. DE MEX.	19° 21' 28"	98° 59' 30"	2,248	CNA
SAN RAFAEL	EDO. DE MEX.	19° 12' 30"	98° 45' 15"	2,530	CNA
NEZAHUALCÓYOTL	EDO. DE MEX.	19° 24' 57"	99° 02' 44"	2,233	CNA
ÁVILA CAMACHO	EDO. DE MEX.	19° 19' 30"	98° 45' 55"	2,900	CNA
CHIMALHUACÁN	EDO. DE MEX.	19° 25' 10"	98° 56' 45"	2,230	CNA
COATEPEC	EDO. DE MEX.	19° 23' 05"	98° 50' 45"	2,405	CNA
REPETIDORA T.V.	EDO. DE MEX.	19° 07' 10"	98° 39' 10"	3,970	CNA
CHALCO	EDO. DE MEX.	19° 17' 18"	98° 52' 34"	2,240	CNA
AMECAMECA	EDO. DE MEX.	19° 08' 26"	98° 46' 20"	2,470	CNA

Respecto a los datos de las estaciones climatológicas utilizadas para el estudio de la cuenca del río de La Compañía, el periodo histórico de los registros es muy variable, tal como se indica en el cuadro 1.6, en donde se incluye la precipitación media anual y la precipitación máxima en 24 horas, que son los parámetros necesarios para el desarrollo del presente estudio, aunque también se analizó la precipitación a nivel diario.

CUADRO 1.6 INFORMACIÓN HISTÓRICA DISPONIBLE				
ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL		PRECIPITACIÓN MAX. EN 24 hr	
	PERIODO ( años )	MAGNITUD ( mm )	PERIODO ( años )	MAGNITUD ( mm )
TLÁHUAC	31-90, 96, 97	594.85	61-88, 96, 97	39.86
SAN LUIS AMECA II	31-97	794.82	61-68, 74-86, 94	51.70
LOS REYES LA PAZ	31-90	558.67	61-90, 97	34.64
SAN RAFAEL	22-28, 30-50, 56-90	689.89	22-28, 30-50, 56-59, 61-85, 87, 96, 97	50.75
NEZAHUALCÓYOTL	31-97	631.36	67-97	38.93
MANUEL A. CAMACHO	31-90	760.05	61-88, 90, 92, 96, 97	47.26
CHIMALHUACÁN	69-91	572.64	69-91	38.60
COATEPEC	1931-1991	642.60	81-83, 86-88, 91-98	41.59
REPETIDORA T.V.	31-90	907.70	61-91, 96, 97	38.25
CHALCO	31-92, 94, 97	622.86	61-78, 80, 81, 83, 84, 86-89	48.89
AMECAMECA	31-90, 97	948.00	61-97	38.99

En las tablas 1.1 a 1.13 se presentan los datos de los registros de precipitaciones totales, mientras que en la tabla 1.14 el registro de precipitaciones máximas anuales para 24 horas de las estaciones climatológicas localizadas dentro y fuera de la cuenca del río de La Compañía. Las tablas 1.1 a 1.14 se presentan en el **ANEXO A** (Tablas y Gráficas).

#### 1.4 Información Hidrométrica

Es evidente que la información hidrométrica es de interés fundamental para el desarrollo del estudio, ya que con base en ésta, se apoyarán todos los cálculos hidrológicos que haya que realizar. En el plano 1.1 se localizan las tres estaciones hidrométricas ubicadas en los ríos de interés. En el cuadro 1.7 se muestran las fuentes de donde se extrajo la información.

CUADRO 1.7 FUENTES DE INFORMACIÓN DE DATOS HIDROMÉTRICOS		
PUBLICACIÓN	TIPO DE DATOS	PERIODO DE DATOS
SISTEMA DE INFORMACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y BOLETINES HIDROMÉTRICOS EDITADOS POR CNA.	REGISTRO DE ESCURRIMIENTOS MEDIOS MENSUALES.	1968-1997
BOLETINES HIDROMÉTRICOS Y CLIMATOLÓGICOS EDITADOS POR CNA.	GASTOS MÁXIMOS	1968-1997

Las estaciones que se encuentran dentro de la zona de estudio y de las cuales se recopiló información son; San Lucas, San Marcos y Los Reyes.



Los datos de las tablas 1.15 a 1.17 corresponden a los escurrimientos medios mensuales registrados en las estaciones hidrométricas, mientras que los gastos máximos anuales se muestran en la tabla 1.18, con sus correspondientes períodos de registros.

***Manejo de Registros de Precipitación y Escurrimiento.-*** Para llevar a cabo un análisis hidrológico confiable, es necesario disponer de un periodo histórico de medición de precipitaciones y escurrimientos suficientemente amplios, obviamente depende de los registros que se tengan en las estaciones climatológicas con influencia en la zona en estudio, o en las estaciones hidrométricas. El periodo del registro recomendable es de 30 años o mayor, pero en ocasiones se aceptan periodos menores o deducir los datos faltantes por medio de correlaciones, dependiendo del nivel del estudio que se esté realizando.

Mediante un análisis de correlación y regresión lineal se dedujeron los datos faltantes en las estaciones climatológicas, para lo cual se correlacionaron los registros de dichas estaciones entre si para determinar los valores de los coeficientes de correlación más altos (0.6 o mayor) y mediante una ecuación de regresión obtener los valores faltantes, los resultados del análisis se muestran en la tabla 1.19. En la tabla 1.20 se muestran los datos faltantes deducidos en el proyecto analizado, si comparamos ambas tablas 1.19 y 1.20 nos podemos dar cuenta que una gran parte de los registros de la estación climatológica Amecameca fueron modificados de acuerdo con un análisis de curva masa doble, lo cual se considero que no es lo más adecuado, sin antes haberlos analizado desde el punto de vista de su homogeneidad e independencia, como se realizó, por lo tanto se trabajará con los registros de la tabla 1.19. Las tablas 1.19 y 1.20 se muestran en el **ANEXO A** (Tablas y Gráficas).

Respecto a los datos de las estaciones hidrométricas utilizadas para el estudio de la cuenca del río de La Compañía, el periodo histórico de los registros es muy variable, tal como se puede observar en la tabla 1.18, que corresponde a los gastos máximos anuales, datos necesarios para el desarrollo del presente estudio. Obviamente esto depende de los registros que se tengan en las estaciones hidrométricas San Marcos, San Lucas y Los Reyes, ubicadas en las corrientes que drenan hacia el río de la Compañía. Se dedujeron los datos faltantes de las estaciones mencionadas anteriormente por medio de correlaciones con otras estaciones hidrométricas cercanas a la zona de estudio, en la tabla 1.21 se muestran los registros y datos de las estaciones hidrométricas El Tejocote y San Luis Ameca II, y en la tabla 1.22 los registros de las estaciones hidrométricas San Andrés, La Grande y Atenco, utilizadas para tal fin.

Los resultados del análisis de correlación para las estaciones hidrométricas analizadas se muestran en la tabla 1.23. Mientras que en la tabla 1.24 los datos deducidos en el proyecto "Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México", si comparamos ambas tablas (1.23 y 1.24) nos podemos dar cuenta que una gran parte de los registros deducidos para la estación San Lucas (tabla 1.23) son menores a los presentados en la tabla 1.24, lo anterior se debe a que en el proyecto se consideraron las estaciones El Tejocote y San Luis Ameca II.

Por otra parte, dentro del trabajo de tesis para la deducción de los datos faltantes en las estaciones San Marcos, San Lucas y Los Reyes, se consideraron además de las estaciones mencionadas, los registros de las estaciones San Andrés, La Grande y Atenco.

## **1.5 Información Topográfica**

Para realizar el análisis de las avenidas en los cauces de la cuenca del río de La Compañía, es necesario conocer la forma detallada de la geometría de las secciones transversales, los sitios especiales como son los puentes, donde se producen reducciones o ensanchamientos, los sitios de incorporación o derivación de gastos, las invasiones urbanas reduciendo la capacidad hidráulica de los mismos, etc. Lo anterior deberá estar referido a un mismo sistema de coordenadas X, Y, y a una misma elevación Z.

Para poder llevar a cabo los puntos citados anteriormente, es necesario realizar un control terrestre, pues es a través de este como se obtienen datos de posición que permiten uniformizar un sistema de referencias y facilitar su relación con otros trabajos de topografía, con el posicionamiento global por satélite, se obtienen las coordenadas x, y con una precisión para cada uno de los vértices ( $\pm 5$  mm), sin embargo en la coordenada Z la precisión no es muy buena llegando a tener diferencias muy grandes respecto a la posición real, para corregir la coordenada en Z fue necesario ligar la elevación al Banco de Nivel más cercano, para realizar esta liga, fue necesario realizar una nivelación diferencial, dicha nivelación servirá para que a partir de este GPS se pueda establecer el control vertical en todos los puntos requeridos.

Previamente a la nivelación se estableció una poligonal abierta por medio de un trazo que permitió ubicar la secuencia de la nivelación y establecer la ubicación de las secciones transversales del cauce, dicho trazo se realizó estableciendo los puntos de inflexión necesarios para seguir el desarrollo del cauce, alternando las márgenes para librar las construcciones existentes cuando así fue necesario.

La monumentación es la actividad por medio de la cual se construye un soporte fijo y estable de los vértices GPS, este soporte resulta ser una pieza importante, ya que a través de ésta se tiene mayor posibilidad de que las referencias perduren en el espacio y en el tiempo, lo cual permite localizarlas para verificar su ubicación y utilizarlas en futuros trabajos en la zona en estudio, una vez que se tienen los puntos ligados y referenciados se procedió al levantamiento a detalle de los sitios especiales, estos sitios pueden ser los puentes peatonales, vehiculares, etc. puede ser cualquier sitio que se determine importante para el desarrollo del estudio, y finalmente con toda la información de campo procesada se deberán dibujar los planos que contengan cada uno de los trabajos realizados en la cuenca.

A continuación se describen cada una de las actividades realizadas para los diferentes trabajos de topografía dentro de cada una de las cuencas.

### **1.5.1 Control Terrestre**

En todo trabajo topográfico el control terrestre, tanto horizontal como vertical, constituye un factor importante, pues es a través de este como se obtiene datos de posición que permiten uniformizar el sistema de referencias y facilita su relación con otros trabajos de topografía, para el uso futuro de los datos. En el caso particular de la cuenca del río de La Compañía, sobre todo en la parte baja que es una zona con alto riesgo de inundación por desbordamiento del cauce, se tienen algunos GPS y Bancos de Nivel bien identificados por lo que, con base en las observaciones hechas durante los recorridos de campo, se acordó con la supervisión de la Gerencia Técnica de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México realizar este tipo de trabajos sólo en tres sitios estratégicos.

### **1.5.2 Por Posicionamiento Global por Satélite**

Como ya se mencionó, con aprobación de la supervisión de la Gerencia Técnica de la GRAVAMEX se estableció que sólo eran necesarios tres puntos por Posicionamiento Global por Satélite (GPS) para el desarrollo de este estudio, cuya ubicación queda definida con base en la localización de las zonas con alto riesgo de inundación por desbordamiento del cauce.

I. El primero se localiza sobre el puente de la autopista México-Puebla en el cruce con el río de La Compañía, la colocación de este GPS tiene como finalidad verificar los datos de un levantamiento anterior, en virtud de que la placa de identificación ya no existe. Este GPS se levantó para establecer el control terrestre de todos los trabajos topográficos realizados en el río de La Compañía.

II. El segundo se localiza sobre el puente de la carretera federal México-Puebla, en el cruce con el río San Francisco. Este GPS se colocó para establecer el control terrestre de todos los trabajos topográficos realizados en el arroyo Zoquiapan.

III. El tercero se localiza sobre el puente conocido con el nombre de Canutillo, en el cruce con el río San Francisco. Este GPS se ubicó para establecer el control terrestre de todos los trabajos topográficos realizados en el río Las Jícaras.

Para el posicionamiento de los tres vértices establecidos se utilizó el método estático, con tiempo de ocupación de una hora para cada uno, utilizando dos equipos receptores GPS marca TRIMBLE, modelo 460015 de una banda. Estos vértices fueron ligados a las coordenadas x, y, z del GPS 100 proporcionadas por la Gerencia Técnica de la GRAVAMEX, localizado sobre el puente de la carretera federal México-Cuautla en el cruce con el río de La Compañía; para tal efecto, se consideró como dato de referencia el ITRF92 y coordenadas geográficas del Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM).

El cálculo de coordenadas se realizó utilizando el sistema operativo TRIMBLE GPSurvey, con lo cual se obtuvo la máxima precisión x,y para cada uno de los vértices (+-5 mm), sin embargo cabe mencionar que en la coordenada z la precisión no es muy buena llegando a tener diferencias muy grandes respecto a la posición real. El cálculo

de coordenadas, cierres y precisiones, así como gráficas de los vectores generados, croquis de localización, descripción y fotografías de los vértices GPS se pueden ver con detalle en el **ANEXO 3-1** del Proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”; los datos más relevantes de cada vértice, incluyendo los del GPS base, se muestran en los cuadros 1.8 y 1.9.

CUADRO 1.8 POSICIONAMIENTO GLOBAL POR SATÉLITE		
VÉRTICE	IDENTIFICACIÓN	LOCALIZACIÓN
CARRETERA FEDERAL MÉXICO-CUAUTLA	CNA GPS 100	SOBRE EL PUENTE DE LA CARRETERA FEDERAL MÉXICO-CUAUTLA, EN EL CRUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA
CARRETERA FEDERAL MÉXICO-PUEBLA	SPP INEGI DGG V387 1991	SOBRE EL PUENTE DE LA CARRETERA FEDERAL MÉXICO-PUEBLA, EN EL CRUCE DEL RIO SAN FRANCISCO
AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA	CNA GRAVM 11-1	SOBRE EL PUENTE DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN EL CRUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA
SAN BUENAVENTURA	CNA GRAVM 11-2	SOBRE EL PUENTE CANUTILLO, EN EL CRUCE DEL RIO SAN FRANCISCO

CUADRO 1.9 POSICIONAMIENTO GLOBAL POR SATÉLITE						
GPS	Coordenadas Geográficas			Coordenadas UTM		
	Latitud	Longitud	Altura	X	Y	Z
CNA GPS 100	19°17'17.8133"N	98°52'47.1818"W	2,230.873	512,632.548	2,132,730,038	2,230.873
SPP INEGI DGG V387 1991	19°18'58.8131"N	98°52'15.5907"W	2,253.107	513,551.651	2,135,835.087	2,241.522
CNA GRAVM II-1	19°17'26.3389"N	98°54'51.9054"W	2,230.108	508,991.726	2,132,989.925	2,230.108
CNA GRAVM II-2	19°18'22.4139"N	98°52'26.9451"W	2,239.041	513,221.140	2,134,716.057	2,239.041

Para corregir la coordenada en Z fue necesario ligar la elevación al Banco de Nivel más cercano. Se hizo la corrección para los GPS SPP INEGI DGG V387 1991 y CNA GRAVM II-1, que son los que mostraron una diferencia importante, para lo cual se tomó como referencia los Bancos de Nivel D8-181 (2254.310 msnm) y D8-147 (2231.350 msnm) respectivamente, los valores se indican en el cuadro 1.10.

CUADRO 1.10 POSICIONAMIENTO GLOBAL POR SATÉLITE						
GPS	Coordenadas Geográficas			Coordenadas UTM		
	Latitud	Longitud	Altura	X	Y	Z
CNA GPS 100	19°17'17.8133"N	98°52'47.1818"W	2,230.873	512,632.548	2,132,730,038	2,230.873
SPP INEGI DGG V387 1991	19°18'58.8131"N	98°52'15.5907"W	2,253.107	513,551.651	2,135,835.087	2,253.107
CNA GRAVM II-1	19°17'26.3389"N	98°54'51.9054"W	2,230.108	508,991.726	2,132,989.925	2,243.183
CNA GRAVM II-2	19°18'22.4139"N	98°52'26.9451"W	2,239.041	513,221.140	2,134,716.057	2,239.041

### **1.5.3 Por Métodos Tradicionales**

Considerando que el Posicionamiento Global por Satélite se realizó aplicando un método de radiaciones geodésicas y propagación de coordenadas, con aprobación de la supervisión de la Gerencia Técnica de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México se estableció que este concepto no es aplicable en los trabajos de topografía, sin embargo aquí se puede incluir como parte de las actividades que se hicieron para ligar los vértices al banco de nivel más cercano, con lo que se corrigió el valor de la elevación. Por otro lado, estos conceptos se pueden sustituir por otros adicionales, buscando una equivalencia entre cantidades de obra e importe.

### **1.5.4 Nivelación Diferencial**

Con el fin de establecer el control vertical en los levantamientos de detalle y en las distintas secciones transversales del cauce que se levantaron, fue necesario propagar la elevación de los GPS de referencia. Para tal efecto debemos señalar que estos trabajos se realizaron básicamente en cinco cauces, establecidos en función de las necesidades que se observaron durante los recorridos de campo y que se mencionan a continuación.

1. Sobre el río San Rafael, afluente del río de La Compañía, en un tramo de 1 kilómetro desde el km 0+000 hasta el km 1+000, establecido desde la confluencia de este río con el río de La Compañía hacia aguas arriba.
2. Sobre el río Las Jícaras, afluente del río San Francisco, en un tramo de 2 kilómetros desde el km 0+000 hasta el km 2+000, establecido desde la confluencia de este río con el río San Francisco hacia aguas arriba.
3. Sobre el Arroyo Zoquiapan, afluente del río San Francisco, en un tramo de 1 kilómetro desde el km 0+000 hasta el km 1+000, establecido desde la confluencia de este río con el río San Francisco hacia aguas arriba.
4. En el río San Francisco, afluente del canal de La Compañía, en un tramo de 3.2 kilómetros desde el km 0+000 hasta el km 3+200, establecido desde el cruce de la carretera federal México-Puebla hasta la confluencia de este río con el río de La Compañía.
5. Sobre el Canal de La Compañía, parte baja del río de La Compañía, en un tramo de 14 kilómetros desde el km 0+000 hasta el km 14+000, establecido desde la confluencia de los ríos San Rafael y San Francisco hasta la ubicación de la estación hidrométrica Los Reyes.

Es oportuno mencionar que los GPS establecidos inicialmente para referencia de los trabajos topográficos realizados en cada cauce, se cambiaron en virtud de que se encontró una diferencia importante en la elevación de los bancos de nivel utilizados.

Una vez que se hizo la nivelación diferencial para dar elevación al vértice GPS SPP INEGI DGG V387 1991, partiendo del banco de nivel CNA D8-181 con elevación 2254.310 msnm, se determinó una cota de 2253.107 msnm para este GPS.

Posteriormente se hizo la nivelación diferencial para dar elevación al vértice GPS CNA GRAVM II-1, partiendo del banco de nivel CNA D8-147 con elevación 2231.350 msnm, se determinó una cota de 2243.183 msnm para este GPS. Con base en lo anterior, nuevamente se hizo la nivelación diferencial para verificar la elevación del vértice CNA GRAVM II-1, pero en esta ocasión partiendo de la cota del GPS SPP INEGI DGG V387 1991, con elevación de 2253.107 msnm; de esta nivelación se determinó una cota de 2242.820 msnm para el GPS CNA GRAVM II-1. Después de analizar en gabinete la información obtenida en campo, se llegó a la conclusión de que se tiene una diferencia de -0.3630 m en el GPS CNA GRAVM II-1 respecto a la elevación del GPS SPP INEGI DGG V387 1991. Por lo anterior, para tener una referencia de elevación común se utilizaron, con aprobación de la Gerencia Técnica de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, los GPS y Bancos de Nivel que se indican en el cuadro 1.11.

CUADRO 1.11 REFERENCIAS UTILIZADAS		
CAUCE	GPS	Banco de Nivel
RÍO SAN RAFAEL	SPP INEGI DGG V387 1991	D8-181
RÍO LAS JÍCARAS	SPP INEGI DGG V387 1991	D8-177
ARROYO ZOQUIAPAN	SPP INEGI DGG V387 1991	D8-181
RÍO SAN FRANCISCO	SPP INEGI DGG V387 1991	D8-181
CANAL DE LA COMPAÑÍA	SPP INEGI DGG V387 1991	D8-181

Previamente a la nivelación se estableció una poligonal abierta por medio de un trazo que permitió ubicar la secuencia de la nivelación y establecer la ubicación de las secciones transversales del cauce, dicho trazo se hizo estableciendo los puntos de inflexión necesarios para seguir el desarrollo del cauce, alternando las márgenes para librar las construcciones existentes cuando así fue necesario. Con base en lo anterior, el trazo se hizo como se indica a continuación:

### ***Río Las Jícaras***

A partir del puente de la Av. Morelos en la confluencia de este río con el río San Francisco y hacia aguas arriba, se hizo trazo de una poligonal con desarrollo de dos kilómetros sobre la margen izquierda alternando a la margen derecha, según permitieron las construcciones existentes a lo largo del cauce; en el trazo se establecieron los puntos de inflexión necesarios para seguir el desarrollo del cauce y las estaciones sobre tangentes a cada cien metros para ubicar las secciones transversales.

Para el control horizontal, este trazo fue ligado al vértice GPS SPP INEGI DGG V387 1991, por medio de una poligonal con desarrollo de 2,686.98 m; para ello, se utilizó una estación total marca SOKKIA modelo SET 5E con bastón, prisma y equipo complementario. En el **ANEXO 3-2** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

### ***Arroyo Zoquiapan***

Para el cauce de este arroyo, que es paralelo a la carretera federal México-Puebla, a partir de su confluencia con el río San Francisco y hacia aguas arriba se hizo trazo de una poligonal de 1 kilómetro de desarrollo sobre la margen derecha, estableciendo puntos sobre tangentes a cada cien metros para la ubicación de las secciones transversales.

Para el control horizontal, este trazo fue ligado al vértice GPS SPP INEGI DGG V387 1991; para ello, se utilizó una estación semitotal marca TOPCOM con bastón, prisma y equipo complementario. En el **ANEXO 3-3** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

### ***Río San Francisco***

En el cauce de este río, se hizo el trazo de una poligonal con desarrollo de 3,200 m sobre la margen izquierda alternando a la margen derecha, colocando estaciones a cada cien metros para la ubicación de las secciones transversales, iniciando en el cruce de la carretera federal México-Puebla (Av. Cuauhtémoc) y terminando en la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael.

Para el control horizontal, este trazo fue ligado al vértice GPS SPP INEGI DGG V387 1991; para ello, se utilizó una estación total marca SOKKIA modelo SET 5E con bastón, prisma y equipo complementario. En el **ANEXO 3-4** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

### ***Río San Rafael***

En el cauce de este río se hizo el trazo de una poligonal con desarrollo de mil metros colocando dos estaciones a cada cien metros y una más a seiscientos metros, iniciando en la confluencia de los ríos San Rafael y San Francisco y terminando en la sección de aforo de la estación hidrométrica San Lucas. Para el control horizontal, este trazo fue ligado al vértice GPS SPP INEGI DGG V387 1991; para ello, se utilizó una estación total marca SOKKIA modelo SET 5E con bastón, prisma y equipo complementario.

### ***Canal de La Compañía***

Sobre el canal de La Compañía, en la primera etapa se estableció un polígono de dos kilómetros de desarrollo sobre la margen derecha, estableciendo estaciones a cada cien metros para la ubicación de secciones transversales; el trazo se inició 521.82 m. aguas abajo del cruce de la autopista México-Puebla y se continuó hacia aguas abajo.

Para el control horizontal, este trazo fue ligado al vértice CNA GPS 100, ubicado en el puente de la autopista México-Puebla, por medio de una poligonal con desarrollo de 521.82 metros; para ello, se utilizó una estación semitotal marca TOPCOM con bastón, prisma y equipo complementario. En el **ANEXO 3-5** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

En la segunda etapa, se estableció un polígono de apoyo con desarrollo de 4,350 m. en su primera parte, con origen en la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael para llegar aguas abajo al inicio del trazo de la primera etapa, a la altura de la calle Emiliano Zapata; se colocaron estaciones a cada 100 m para la ubicación de las secciones transversales. En la segunda parte, con inicio en el final de la primera etapa, se estableció un polígono con desarrollo de 2,500 m. hacia aguas abajo, colocando estaciones a cada cien metros para la ubicación de las secciones transversales. Finalmente, en la tercera parte se desarrolló un polígono aguas abajo a lo largo del canal, con 5,137 m. de longitud para la localización de barrenos (sondeos exploratorios para el estudio de geotecnia) y de la estación hidrométrica Los Reyes. Sumando las tres partes se tienen un total de 11,987 m de poligonal de apoyo.

Para el control horizontal, este trazo fue ligado al vértice GPS SPP INEGI DGG V387 1991; para ello, se utilizó una estación total marca SOKKIA modelo SET 5E con bastón, prisma y equipo complementario. En el **ANEXO 3-5** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

Respecto a la nivelación diferencial, ésta fue ejecutada aplicando el método de ida y vuelta, sobre los vértices de las poligonales de apoyo y las estaciones que señalan la ubicación de las secciones transversales de los cauces. La tolerancia permitida de estos trabajos, no excedió al calculado con la ecuación 1.1.

$$T = 10\text{mm}\sqrt{k} \quad (1.1)$$

Donde:

- T : Tolerancia, en mm
- k : Longitud nivelada, en km

### ***Río Las Jícaras***

En el cauce de este río se realizó nivelación diferencial a lo largo de dos kilómetros, dando elevación a cada una de las estaciones establecidas en el trazo; para tal efecto, se utilizó un nivel fijo marca SOKKIA modelo B-1. Para el control vertical, la nivelación fue ligada al Banco de Nivel D8-177 con un desarrollo de veintitrés metros. En el **ANEXO 3-2** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.



### ***Arroyo Zoquiapan***

En el cauce de este río se realizó nivelación diferencial a lo largo de un kilómetro, dando elevación a cada una de las estaciones establecidas en el trazo; para tal efecto, se utilizó un nivel fijo marca SOKKIA modelo B-1. Para el control vertical, la nivelación fue ligada al Banco de Nivel D8-181 con un desarrollo de doscientos metros. En el **ANEXO 3-3** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

### ***Río San Francisco***

Para dar elevación a las estaciones ubicadas a cada cien metros, en el río San Francisco se realizó la nivelación diferencial a lo largo de la poligonal de apoyo, con un desarrollo de 3,200 m. partiendo del vértice GPS SPP INEGI DGG V387 1991, que se encuentra ligado al banco de nivel D8-181. En el **ANEXO 3-4** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

### ***Río San Rafael***

Para dar elevación a las estaciones ubicadas en el río San Rafael, se realizó una nivelación trigonométrica tomando como base las estaciones establecidas a lo largo del trazo, con un desarrollo de mil metros partiendo de su confluencia con el río San Francisco. Para el control vertical, la nivelación fue ligada al Banco de Nivel D8-181.

### ***Canal de La Compañía***

Sobre el canal de La Compañía, en la primera etapa se realizó la nivelación diferencial a lo largo de dos kilómetros dando elevación a cada una de las estaciones establecidas en el trazo, iniciando 521.82 m. aguas abajo del cruce de la autopista México-Puebla y continuando hacia aguas abajo. Para el control vertical, en primera instancia se hizo la liga de la primera estación aguas arriba al Banco de Nivel D8-147, por medio de una nivelación diferencial con desarrollo de 830 m; después de realizar los trabajos de la segunda etapa la elevación fue ligada al Banco de Nivel D8-181 para corregir la diferencia de cotas ya mencionada. En el **ANEXO 3-5** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México” se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

En la segunda etapa, se realizó la nivelación diferencial sobre un trazo con desarrollo total de siete kilómetros, partiendo de la última estación establecida en la nivelación del río San Francisco, pasando por los dos kilómetros nivelados en la primera etapa, continuando hacia aguas abajo hasta el km. 9+000; además, se localizaron y nivelaron ocho pares de barrenos a lo largo del canal, que se hicieron para realizar el estudio de

geotecnia. Para el control vertical, la nivelación fue ligada al Banco de Nivel D8-181, utilizando un nivel montado marca SOKKIA modelo B-1. En el **ANEXO 3-5** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

Como parte final de la segunda etapa, se realizó una nivelación trigonométrica tomando como base las estaciones establecidas a lo largo del trazo, con un desarrollo de cinco kilómetros partiendo desde la última estación de la nivelación diferencial hacia aguas abajo hasta la estación hidrométrica Los Reyes, esta nivelación se realizó para dar elevación a dos pares de barrenos más y a la sección de aforo de la estación. Para el control vertical, la nivelación fue ligada al Banco de Nivel D8-181. En el **ANEXO 3-5** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

### **1.5.5 Monumentación**

Entendida la monumentación como la actividad por medio de la cual se construye un soporte fijo y estable de los vértices GPS, entonces resulta ser un trabajo importante, ya que a través de éste se tiene mayor posibilidad de que las referencias perduren en el espacio y en el tiempo, lo cual permite localizarlas para verificar su ubicación y utilizarlas en futuros trabajos en la zona en estudio.

Para la monumentación, usualmente se acostumbra construir mojoneras piramidales de concreto simple, de 0.40 m. de base mayor, 0.20 m de base menor y 1.00 m de altura, sin embargo en este trabajo no fueron necesarias dado que los 3 vértices de los GPS levantados se ubicaron sobre estructuras de concreto existentes, como vigas de puentes vehiculares. Cabe mencionar que uno de estos vértices sólo se levantó para verificar los datos existentes y colocar nuevamente la placa de identificación.

Con base en lo anterior, en este estudio la monumentación consistió en colocar placas para identificar la ubicación de los GPS. Las placas de aluminio son de sección cuadrada de 5 x 5 cm x 3/16” de espesor, en las que se gravó la inscripción SPP INEGI DGG V387 1991, CNA GRAVM II-1 y CNA GRAVM II-2. En el **ANEXO 3-1** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver las fotografías de cada GPS, un croquis de localización y una breve descripción de cada uno.

### **1.5.6 Levantamiento de Detalles**

A lo largo de cada uno de los tramos de los cauces analizados, fundamentalmente de los ríos San Francisco y San Rafael y del canal de La Compañía, se encontraron distintas estructuras como puentes peatonales y vehiculares, así como obras de descarga de aguas residuales hacia los cauces, las cuales por su geometría, pueden ser secciones de control que influyan en el funcionamiento hidráulico de los cauces. Por tal motivo se realizó su levantamiento detallado, utilizando el procedimiento de radiaciones y complementándose con mediciones directas por medio de flexometro,

para obtener las dimensiones de diámetros de tubos, dimensiones de compuertas, etc.; por su magnitud los levantamientos de detalle se pueden clasificar en: hasta una hectárea de superficie y mayores a una hectárea.

### **1.5.7 Levantamiento de hasta una Hectárea**

Respecto a los levantamientos de hasta una hectárea, durante los recorridos de campo se identificaron cinco sitios que por su ubicación y características geométricas de las estructuras existentes pueden influir de manera importante en el funcionamiento hidráulico de los cauces, además tales estructuras se pueden ver afectadas durante el paso de avenidas extraordinarias; por lo anterior, con aprobación de la Gerencia Técnica de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, se decidió realizar los trabajos topográficos correspondientes en estos cinco sitios.

Sobre el río Las Jícaras se hizo el levantamiento de detalle de un puente de uso múltiple, ubicado entre la Av. General Anaya y Camino a la Virgen, además se levantó la sección transversal del mencionado puente; para tal efecto se utilizó una estación total marca SOKKIA modelo SET 5E con bastón, prisma y equipo complementario.

Sobre el río San Francisco se hizo el levantamiento de detalle de dos puentes de uso múltiple, uno ubicado aproximadamente 310 m aguas abajo del cruce de la carretera federal México-Puebla, el otro ubicado aproximadamente 1,180 m aguas abajo del primero; en ambos se levantó su sección transversal al eje del cauce; además, se hizo el levantamiento de detalle de un cárcamo de bombeo, ubicado por margen derecha pasando el puente Canutillo, aproximadamente 1,160 m aguas abajo del cruce de la carretera federal México-Puebla; también, se realizó el levantamiento de un cárcamo ubicado aproximadamente 1,490 m aguas abajo del cruce de la carretera federal México-Puebla. Para realizar los trabajos se utilizó una estación semitotal marca TOPCOM con bastón, prisma y equipo complementario.

Sobre el canal de La Compañía se hizo el levantamiento de detalle de un puente de uso múltiple, ubicado aproximadamente 9,470 m. aguas abajo de la confluencia de los ríos San Rafael y San Francisco, además se levantó su sección transversal al eje del cauce; para tal efecto se utilizó una estación semitotal marca TOPCOM con bastón, prisma y equipo complementario.

En todos los casos, para el control horizontal y vertical el levantamiento fue ligado al GPS SPP INEGI DGG V387 1991 y al Banco de Nivel D8-181. En los **ANEXOS 3-2, 3-4 y 3-5** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se puede ver con detalle la memoria de cálculo correspondiente a levantamientos mayores a una hectárea

Respecto a los levantamientos mayores a una hectárea, durante los recorridos de campo no se observó algún sitio que pudiera influir en el funcionamiento hidráulico de los cauces, por tal motivo, con aprobación de la Gerencia Técnica de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, se descartaron estos trabajos topográficos, sustituyéndolos por los adicionado que se mencionaron anteriormenete, buscando una equivalencia entre cantidades de obra e importe del concepto.

### **1.5.8 Levantamiento de Secciones en el Cauce**

Sin lugar a duda, el levantamiento de secciones en el cauce constituye una de las actividades más importantes, ya que a través de éstas se obtiene las características geométricas de los cauces a lo largo de su desarrollo, las que servirán para simular su funcionamiento hidráulico.

#### ***Río Las Jícaras***

En el cauce de este río se levantaron veintiún secciones transversales a su eje, en una longitud de dos kilómetros a cada cien metros, cubriendo aproximadamente quince metros a cada lado del eje; por otro lado, incluyendo la sección de un puente de uso múltiple que se obtuvo del levantamiento de detalle, se tiene un total de veintidós secciones. Para realizar estos trabajos se utilizó una estación total marca SOKKIA modelo SET 5E con bastón, prisma y equipo complementario.

#### ***Arroyo Zoquiapan***

En el cauce de este río se levantaron once secciones transversales a su eje, en una longitud de un kilómetro a cada cien metros, cubriendo aproximadamente quince metros a cada lado del eje, excepto para una sección intermedia en la que se levantaron aproximadamente doscientos cincuenta metros a cada lado del eje, con objeto de determinar los desniveles existentes entre el cauce y los terrenos de cultivo que se encuentran a un costado; por otro lado, incluyendo las secciones de dos puentes de uso múltiple que se obtuvo del levantamiento de detalle, se tiene un total de trece secciones. Para realizar estos trabajos se utilizó una estación semitotal marca TOPCOM con bastón, prisma y equipo complementario.

#### ***Río San Francisco***

En el cauce de este río se levantaron treinta y tres secciones transversales a su eje a cada cien metros, en una longitud de 3.2 kilómetros, cubriendo aproximadamente quince metros a cada lado del eje; además, una sección correspondiente al Puente Canutillo y otra a la sección de aforo de la estación hidrométrica San Marcos; también se levantaron las secciones de dos puentes de usos múltiples que se obtuvieron del levantamiento de detalle, teniendo un total de treinta y siete secciones. Para realizar estos trabajos se utilizó una estación total marca SOKKIA modelo Set-5E con bastón, prisma y equipo complementario.

Para este cauce también se adecuo la información obtenida del “**Estudio Hidrológico y Control de Avenidas en los Ríos del Oriente de la Cuenca del Valle de México**”, de once secciones transversales a su eje a cada doscientos cincuenta metros en promedio, en una longitud de 2.70 kilómetros; este tramo se ubica desde la confluencia del río Las Jícaras hasta el cruce de la carretera federal México-Puebla, de manera que la longitud total de secciones es de 6.05 kilómetros con un cadenamiento corrido del km. 0+000 al km. 6+050.

### ***Río San Rafael***

En el cauce de este río se levantaron tres secciones transversales a su eje, en una longitud aproximada de un kilómetro, cubriendo aproximadamente quince metros a cada lado del eje; una de estas secciones corresponde a la sección de aforo de la estación hidrométrica San Lucas. Para realizar estos trabajos se utilizó una estación total marca SOKKIA modelo Set-5E con bastón, prisma y equipo complementario.

Para este cauce se adecuo la información obtenida del **“Estudio Hidrológico y Control de Avenidas en los Ríos del Oriente de la Cuenca del Valle de México”**, de treinta y dos secciones transversales a su eje a cada 250 y 500 m, en una longitud de doce kilómetros; este tramo se ubica desde la confluencia del río San Rafael con el río de La Compañía hacia aguas arriba. Por lo anterior, la longitud total es de doce kilómetros, pero se incluyeron las tres secciones levantadas en este trabajo, con lo cual se dispone de treinta y cinco secciones transversales del cauce.

### ***Canal de La Compañía***

En el cauce de esta corriente se levantaron noventa y tres secciones transversales a su eje a cada cien metros, en una longitud aproximada de catorce kilómetros, en los primeros nueve kilómetros, la sección transversal cubre aproximadamente veinte metros a cada lado del eje; una de estas secciones corresponde al cruce de un puente peatonal, otras tres corresponden a la ubicación de tres sondeos exploratorios que se hicieron para el estudio de geotecnia, y una más corresponde a la sección de aforo de la estación hidrométrica Los Reyes; por otro lado, incluyendo la sección de un puente de uso múltiple que se obtuvo del levantamiento de detalle, se tiene un total de noventa y cuatro secciones.

Para realizar los trabajos se utilizo una estación semitotal marca TOPCOM y una estación total marca SOKKIA modelo Set-5E, ambas con bastón, prisma y equipo complementario.

Para este cauce también se adecuaron, de información obtenida del **“Estudio Hidrológico y Control de Avenidas en los Ríos del Oriente de la Cuenca del Valle de México”**, de veintiún secciones transversales a su eje a cada doscientos cincuenta metros en promedio, en una longitud de cinco kilómetros; este tramo se ubica desde aproximadamente 1,060 m. aguas arriba de la descarga del Canal General hasta el sitio donde se ubica la estación hidrométrica Los Reyes, de manera que la longitud total de secciones es de catorce kilómetros aproximadamente con cadenamiento corrido del km. 0+000 al km. 13+904.

En todos los casos, para el control horizontal y vertical el levantamiento fue ligado al GPS SPP INEGI DGG V387 1991 y al Banco de Nivel D8-181. En los **ANEXOS 3-2 al 3-5** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, donde se puede consultar con detalle la memoria de cálculo correspondiente.

## 1.6 Elaboración de Planos

Los planos son el producto final de los trabajos de topografía que se llevaron a cabo, por tal motivo, una vez que se obtuvo la información necesaria de los levantamientos topográficos, se procedió a dibujar los planos generando archivos topográficos con la altimetría y planimetría levantada, en una escala adecuada para la edición de los dibujos. Los planos que así lo requieren contienen el control terrestre horizontal, con la retícula espaciada según el tamaño del dibujo tratando que sea de doscientos metros en la mayoría de los planos.

### 1.6.1 Planos de Detalle

En estos planos se asientan los detalles en cuanto a cruces, tanto peatonales como vehiculares y de uso múltiple, así como de otras estructuras que pueden tener influencia en la magnitud de los escurrimientos o se pueden ver afectadas por éstos, como pueden ser plantas de bombeo de aguas residuales; en estos planos se incluyen los datos respectivos de la poligonal de apoyo, identificación de los vértices y un croquis de localización general.

Con aprobación de la Gerencia Técnica de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, los planos se dibujaron en papel bond a una escala manejable según el tamaño de los dibujos. En el cuadro 1.12 se indican los planos elaborados para este concepto, señalando el número de identificación, su nombre y la localización de cada detalle.

En el **ANEXO 3-6 (PLANOS TOPOGRAFICOS)** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se pueden ver los planos de detalle generados a partir de los trabajos de campo.

CUADRO 1.12 PLANOS DE DETALLE		
No.	NOMBRE	LOCALIZACIÓN
3-3	DETALLE 1 – PUENTE DE USO MÚLTIPLE	km 1+641.58 del Río Las Jícaras, entre General Anaya y Camino a la Virgen
3-8	DETALLE 1 – PUENTE DE USO MÚLTIPLE	km 3+160.00 del Río San Francisco, en el cruce denominado Puente Nuevo
3-9	DETALLE 2 – CARCAMO DE BOMBEO	km 4+007.00 del Río San Francisco, en la margen derecha aguas abajo del Puente Canutillo
3-10	DETALLE 3 – PUENTE DE USO MÚLTIPLE Y CARCAMO DE BOMBEO	km 4+340.00 del Río San Francisco, en el cruce denominado La Palma
3-15	DETALLE 1 – PUENTE DE USO MÚLTIPLE	km 9+468.85 del Canal de La Compañía, entre Av. Diagonal y Agricultura en el cruce denominado San Juan Tlapizahuac

## 1.6.2 Planos de Secciones del Cauce

En estos planos se muestran las características geométricas de la sección transversal del cauce (forma y elevación), incluyendo los cruces especiales de puentes tanto peatonales como vehiculares y de uso múltiple, que pueden tener influencia en la magnitud de los escurrimientos o se pueden ver afectados por éstos. Para ubicar en el espacio todas las secciones transversales levantadas, también se elaboraron planos que contienen la representación gráfica en planta de todos los trabajos topográficos realizados en campo; además del trazo de la poligonal de apoyo, identificación de los vértices y croquis de localización general, se incluye un perfil del cauce basado en el control terrestre vertical de las referencias utilizadas.

Los planos se dibujaron en papel bond a una escala manejable según el tamaño de los dibujos. En el cuadro 1.13 se indican los planos de planta y perfil elaborados para este concepto, señalando el número de identificación, su nombre y localización. Mientras que en cuadro 1.14, la lista de los planos correspondientes a las secciones transversales.

En el **ANEXO 3-6 (PLANOS TOPOGRAFICOS)** del proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se pueden ver los planos de planta y perfil, así como los de secciones transversales de los cauces, generados a partir de los trabajos de campo.

CUADRO 1.13 PLANOS DE PLANTA Y PERFIL		
No.	NOMBRE	LOCALIZACIÓN
3-4	PLANTA Y PERFIL TOPOGRAFICO DEL CAUCE DEL RIO LAS JICARAS	km 0+000.00 al km 2+000.00, desde su confluencia con el río San Francisco hacia aguas arriba
3-6	PLANTA Y PERFIL TOPOGRAFICO DEL CAUCE DEL ARROYO ZOQUIAPAN	km 0+000.00 al km 1+000.00, desde su confluencia con el río San Francisco hacia aguas arriba
3-11	PLANTA Y PERFIL TOPOGRAFICO DEL CAUCE DEL RIO SAN FRANCISCO	km 2+850.00 al km 6+050.00, desde el cruce de la carretera federal México-Puebla hasta su confluencia con el río de La Compañía
3-16	PLANTA Y PERFIL TOPOGRAFICO DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA	km 0+000.00 al km 13+904.67, desde la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael hasta el sitio donde se ubica la estación hidrométrica Los Reyes

**CUADRO 1.14 PLANOS DE SECCIONES**

<b>No.</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
3-1	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL RIO RAFAEL	km 0+000.000 al km 3+750.000
3-2	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL RIO RAFAEL	km 4+000.000 al km 12+000.000
3-5	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL RIO LAS JICARAS	km 0+000.000 al km 2+000.000
3-7	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL ARROYO ZOQUIAPAN	km 0+000.000 al km 1+000.000
3-12	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL RIO SAN FRANCISCO	km 0+000.000 al km 2+750.000
3-13	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL RIO SAN FRANCISCO	km 2+850.000 al km 4+340.000
3-14	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL RIO SAN FRANCISCO	km 4+350.000 al km 6+050.000
3-17	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑIA	km 0+000.000 al km 1+500.000
3-18	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑIA	km 1+600.000 al km 3+100.000
3-19	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑIA	km 3+200.000 al km 4+346.167
3-20	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑIA	km 4+446.167 al km 5+846.167
3-21	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑIA	km 5+946.167 al km 7+446.167
3-22	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑIA	km 7+546.167 al km 8+746.167
3-23	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑIA	km 9+000.000 al km 11+500.000
3-24	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAUCE DEL CANAL DE LA COMPAÑIA	km 11+755.930 al km 13+904.670



## 2 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA

Esta parte del estudio en su conjunto constituye una de las actividades medulares, ya que es aquí donde se determina la cantidad de agua pluvial que se produce en la cuenca, así como la magnitud de los volúmenes que fluyen por los cauces de las corrientes principales. La Geomorfología de la Cuenca hace una descripción amplia de las características de la zona en estudio desde el punto de vista hidrológico, geológico, edafológica y el tipo de cubierta vegetal el cual influye en los escurrimientos del agua pluvial, a lo que se denomina análisis de precipitación. La elevación de la cuenca tiene que ver con la distribución temporal del agua pluvial en la zona en estudio, mediante el análisis de esta distribución se pueden definir los eventos de diseño para ciertos periodos de retorno.

### 2.1 Geomorfología de la Cuenca

En todo estudio hidrológico el conocimiento pleno de las distintas características que predominan en la zona en estudio constituye un factor importante para su culminación, por tal motivo se realiza una caracterización detallada de la cuenca para disponer de los elementos esenciales que den confiabilidad a los resultados finales del análisis hidrológico, es decir los gastos pico de las posibles avenidas y la distribución en el tiempo de los caudales durante el paso de tales avenidas.

La cantidad de parámetros por considerar puede ser tan amplia dependiendo del nivel del estudio que se está realizando, por ello tal cantidad se ha limitado a las necesidades de este estudio, agrupando los distintos parámetros en cinco grupos generales, mismos que se identifican con la denominación Cuenca, Red de Drenaje, Superficie Terrestre de las Cuencas, Cauce Principal y Generales. Para esto fue necesario estudiar la información de diversos planos editados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), como son Topográficos, Edafológicos y Geológicos. Para el caso particular de la cuenca del río de La Compañía, se trabajó con los planos que se indican en el cuadro 2.1.

CUADRO 2.1 PLANOS EDITADOS POR INEGI					
PLANO UTILIZADO	ESCALA DE IMPRESIÓN	TEMA UTILIZADO			FECHA DE EDICIÓN
		TOPOGRAFÍA	EDAFOLOGÍA	GEOLOGÍA	
E14-2	1 : 250,000	X		X	1997, 1997
E14-B31	1 : 50,000	X	X	X	1998, 1993, 1993
E14-B39	1 : 50,000	X	X	X	1997, 1997, 1997
E14-B41	1 : 50,000	X	X	X	1994, 1982, 1994
E14-B42	1 : 50,000	X	X	X	1995, 1983, 1983

### 2.1.1 Cuenca

En su definición más simple, la cuenca de drenaje de una corriente es una parte de la superficie terrestre en donde la lluvia que cae es drenada por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida; también se puede definir como el área que aporta agua pluvial al escurrimiento superficial de una corriente principal y sus tributarios. Los parámetros de interés asociados a este concepto son: Área, Forma, Curva Hipsométrica, Rectángulo Equivalente, Elevación Media y Pendiente Media.

### 2.1.2 Área de la Cuenca

El área drenada de una cuenca es la superficie en proyección horizontal encerrada por el parteaguas, definido éste como la línea imaginaria formada por los puntos de nivel topográfico más alto, que separa una determinada área de una superficie más extensa. Técnicamente, las cuencas hidrológicas son divididas en pequeñas y grandes, pero generalmente es difícil distinguir la frontera entre ambos conceptos.

Respecto al tamaño existen diversas definiciones, por ejemplo V. T. Chow define una cuenca pequeña como aquella que es sensible a lluvias de alta intensidad y corta duración y en la cual predominan las características físicas del suelo con respecto a las del cauce; en este sentido, el tamaño de una cuenca pequeña varía desde 4 km<sup>2</sup> hasta 130 km<sup>2</sup>.

Sin embargo, otros autores, como I-Pai Wu y R. Springall G., consideran 250 km<sup>2</sup> como límite superior de una cuenca pequeña. Por otro lado, Campos Aranda presenta una clasificación que se apega con más acierto a las condiciones particulares del territorio mexicano, ésta se expresa como se indica en el cuadro 2.2.

<b>CUADRO 2.2 TAMAÑO DE CUENCA (REF. 2)</b>	
<b>TAMAÑO DE LA CUENCA, EN km<sup>2</sup></b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>&lt; 25</b>	<b>MUY PEQUEÑA</b>
<b>25 a 250</b>	<b>PEQUEÑA</b>
<b>250 a 500</b>	<b>INTERMEDIA-PEQUEÑA</b>
<b>500 a 2500</b>	<b>INTERMEDIA-GRANDE</b>
<b>2500 a 5000</b>	<b>GRANDE</b>
<b>&gt; 5000</b>	<b>MUY GRANDE</b>

En el caso particular de la cuenca del río de La Compañía, ésta se puede subdividir en tres subcuencas principales: la del río San Francisco, la del río San Rafael y la del Canal de La Compañía; esta subdivisión se sustenta en las diferencias notables de las características fisiográficas, climáticas e hidrográficas, como se puede ver en el plano 1.1, en donde se indican algunos datos distintivos de cada subcuenca. El área de cada subcuenca se determinó por medio de un planímetro polar de operación mecánica, para ello se realizaron tres distintas mediciones, las que se promediaron para determinar el valor final del área; este procedimiento permite disminuir el error humano al operar el planímetro, pero para ello las tres mediciones deben arrojar valores muy

similares.

En el cuadro 2.3 se indica el área medida para cada subcuenca, también se indica su clasificación de acuerdo con el cuadro 2.2.

CUADRO 2.3 ÁREAS DE LAS CUENCAS		
CUENCA	ÁREA	CLASIFICACIÓN
RÍO SAN FRANCISCO	131.42 km <sup>2</sup>	PEQUEÑA
RÍO SAN RAFAEL	293.50 km <sup>2</sup>	INTERMEDIA-PEQUEÑA
CANAL DE LA COMPAÑÍA	101.17 km <sup>2</sup>	PEQUEÑA
RÍO DE LA COMPAÑÍA	526.09 km <sup>2</sup>	INTERMEDIA-GRANDE

Cabe mencionar que para el desarrollo de este apartado en su mayor parte sólo se considera el área de cuenca del Canal de la Compañía, ya que indiscutiblemente es la zona con evidencias muy claras de inundación, en virtud de que la capacidad hidráulica del cauce es insuficiente para conducir los grandes volúmenes de agua que arrastran las avenidas extraordinarias. Los hundimientos locales y regionales en algunos tramos del cauce y la estabilidad de estratos rocosos en otros tramos han propiciado la necesidad de sobreelevar sistemáticamente los bordos del cauce, sin embargo la capacidad hidráulica sigue siendo insuficiente por la necesidad de mantener una pendiente de la rasante del fondo del cauce favorable al escurrimiento natural.

### 2.1.3 Forma de la cuenca

Desde un punto de vista hidráulico, la forma de una cuenca influye en el escurrimiento superficial de un cauce, principalmente en época de avenidas cuando se presentan precipitaciones muy grandes. Usualmente, para determinar la forma de la cuenca se determinan dos parámetros importantes, uno llamado coeficiente de compacidad ( $C_c$ ) y el otro, relación de elongación ( $Re$ ).

El coeficiente de compacidad se define como el cociente del perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo con área igual al tamaño de la cuenca. La ecuación que se utiliza para el cálculo de este parámetro es la 2.1.

$$C_c = \frac{P}{P_c} = \frac{0.282P}{\sqrt{A}} \quad (2.1)$$

Donde:

$C_c$  : Coeficiente de compacidad, adimensional

$P$  : Perímetro de la cuenca, en km

$P_c$  : Perímetro de un círculo con área igual al tamaño de la cuenca, en km

$A$  : Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

La relación de elongación es definida como el cociente del diámetro (D) de un círculo que tiene igual área que la cuenca y la longitud (Lc) de la misma. Lc se define como la dimensión más grande de la cuenca, esto es a lo largo de una línea recta, desde la salida hasta la divisoria, paralela al cauce principal. La ecuación para el cálculo es la 2.2.

$$Re = \frac{D}{L_c} = \frac{1.1248\sqrt{A}}{L_c} \quad (2.2)$$

Donde:

- Re : Relación de elongación, adimensional
- D : Diámetro de un círculo con área igual al tamaño de la cuenca, en km
- L<sub>c</sub> : Longitud de mayor dimensión de la cuenca, en km
- A : Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

La relación de elongación varía entre 0.60 y 1.00 para una amplia variedad de climas y geologías, además está fuertemente correlacionada con el relieve de la cuenca, de manera que valores cercanos a la unidad son típicos de regiones con relieve bajo, en cambio donde Re varía de 0.60 a 0.80 se trata de fuertes relieves y pendientes pronunciadas del terreno.

Los valores de cada uno de los términos expresados en las ecuaciones anteriores, para la cuenca del canal de La Compañía son; A=101.17 km<sup>2</sup>, P=51.15 km, Pc=35.66 km, D=11.35 km y Lc=20.10 km. Sustituyendo estos valores en las ecuaciones 2.1 y 2.2, se obtiene el coeficiente de compacidad Cc=1.43 y la relación de elongación Re= 0.57, con lo tanto se clasifica la subcuenca como alargada.

#### **2.1.4 Curva Hipsométrica**

Usualmente la forma de una cuenca tiene cierta influencia respecto a su respuesta hidrológica, sin embargo la topografía o relieve suele ser un factor más importante. El relieve de una cuenca se define por medio de su curva hipsométrica, la cual representa gráficamente las distintas elevaciones del terreno en función de la superficie dominante.

Para fines comparativos, es conveniente utilizar el porcentaje del área total en lugar de su magnitud, así como la altura relativa, tal como se ilustra en la figura 2.1.

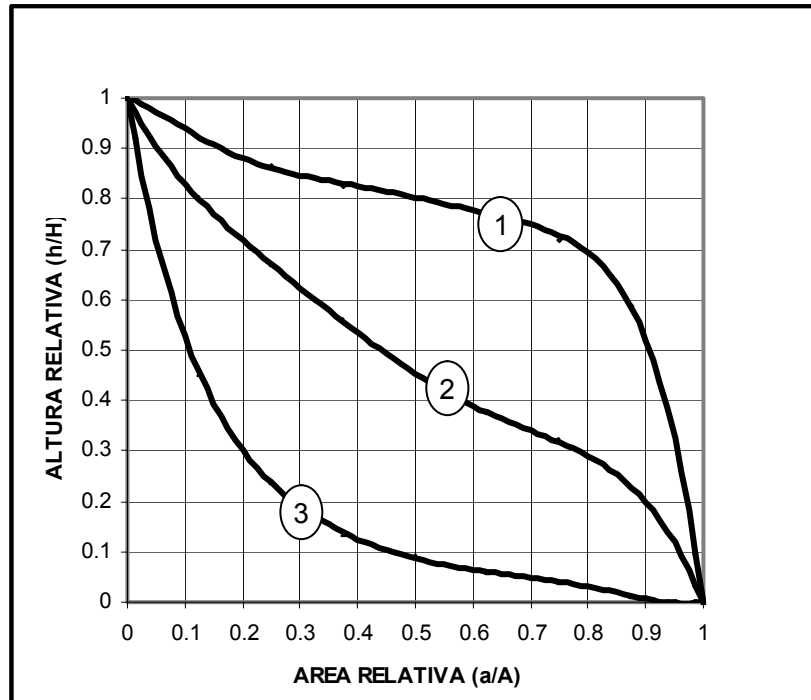


FIGURA 2.1 CURVAS HIPSOMÉTRICAS (REF. 2)

Las curvas hipsométricas que se muestran en la figura 2.1 son características del ciclo erosivo y del tipo de cuenca: la curva uno se refiere a una etapa de desequilibrio, por lo que se trata de una cuenca geológicamente joven, por ejemplo una cuenca de meseta; la curva dos se refiere a una etapa de equilibrio, por lo que se trata de una cuenca geológicamente madura, por ejemplo una cuenca de pie de montaña; y la curva tres se refiere a una cuenca erosionada, por ejemplo una cuenca de valle.

Para construir la curva hipsométrica es necesario conocer las áreas limitadas por cada intervalo de elevaciones, de manera que se tuvieron que hacer varias mediciones utilizando un planímetro polar de operación manual. En el cuadro 2.4 se pueden observar los valores del área para un intervalo de elevaciones de 100 msnm.

CUADRO 2.4 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA			
ELEVACIONES ( msnm )	ÁREA PROPIA ( km <sup>2</sup> )	ÁREA ACUMULADA ( km <sup>2</sup> )	ÁREA ACUMULADA ( % )
2600-2500	4.14	4.14	4.09
2500-2400	5.85	9.99	13.97
2400-2300	10.67	20.66	20.42
2300-2236	80.51	101.17	100.00

Con base en los datos registrados en el cuadro 2.4 se dibuja la curva hipsométrica, la cual se muestra en la figura 2.2. Del análisis de esta gráfica se llega a la conclusión de que la cuenca del canal de La Compañía es una cuenca erosionada, es decir una cuenca de valle.

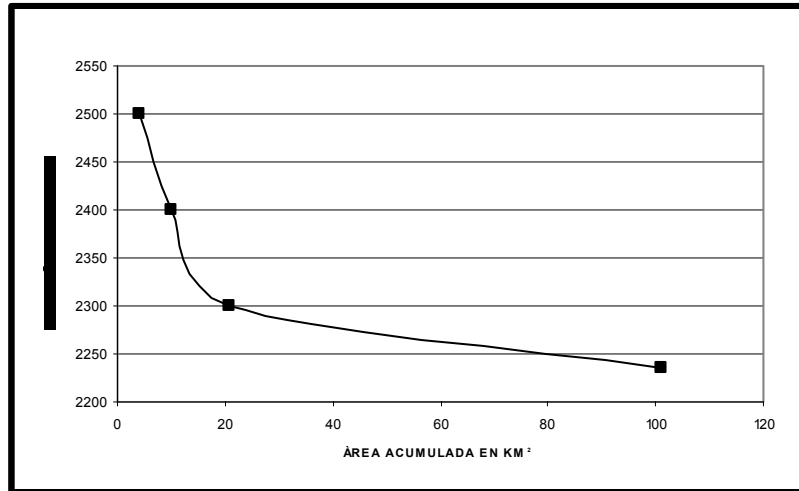


FIGURA 2.2 CURVA IPSOMÉTRICA CANAL DE LA COMPAÑÍA

### 2.1.5 Rectángulo Equivalente

De acuerdo a la influencia de las características de una cuenca sobre el escurrimiento que se produce en su cauce principal, M. Roche introdujo el concepto de rectángulo equivalente para comparar varias cuencas hidrográficas. M. Roche supone que el escurrimiento de una cuenca dada es aproximadamente el mismo, en condiciones climatológicas idénticas, que el que se produce sobre un rectángulo de igual área, igual coeficiente de compacidad y misma repartición hipsométrica, suponiendo además que la distribución de suelo, vegetación y densidad de drenaje es respetada en las diferentes áreas comprendidas entre curvas de nivel.

Para llevar a cabo la transformación geométrica de la cuenca a un rectángulo de igual perímetro, se supone que las curvas de nivel son rectas y paralelas al lado menor, siendo éstas la primera y la última curva de nivel. Si L es el lado mayor y l el lado menor del rectángulo equivalente, P y A el perímetro y el área de la cuenca, en km y km<sup>2</sup> respectivamente, entonces se tiene que para calcular L y l se utilizan las ecuaciones 2.3 y 2.4.

$$L = \frac{C_c \sqrt{A}}{1.128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.128}{C_c} \right)^2} \right] \quad (2.3)$$

$$l = \frac{C_c \sqrt{A}}{1.128} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.128}{C_c} \right)^2} \right] \quad (2.4)$$

Donde:

- L : Lado mayor, en km
- l : Lado menor, en km
- A : Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>
- C<sub>c</sub> : Coeficiente de compacidad, adimensional

Sustituyendo los valores del área  $A=101.17 \text{ km}^2$  y del coeficiente de compacidad  $C_c=1.43$ , en las ecuaciones 2.3 y 2.4, la longitud mayor resulta de 20.59 km. y la longitud menor de 4.91 km. Para obtener las distancias de las curvas de nivel sobre el lado mayor del rectángulo equivalente, se divide el área de cuenca acumulada sobre cada una de ellas entre el lado menor; en el cuadro 2.5 se indican los valores de estas distancias.

CUADRO 2.5 CONSTRUCCIÓN DEL RECTÁNGULO EQUIVALENTE				
ELEVACIONES ( msnm )	ÁREA PROPIA ( $\text{km}^2$ )	ÁREA ACUMULADA ( $\text{km}^2$ )	DISTANCIAS ( km )	ÁREA ACUMULADA ( % )
2600-2500	4.14	4.14	0.84	4.09
2500-2400	5.85	9.99	1.19	13.97
2400-2300	10.67	20.66	2.17	20.42
2300-2236	80.51	101.17	16.40	100.00

Finalmente, con base en las distancias de las curvas de nivel sobre el lado mayor del rectángulo se dibujó el rectángulo equivalente calculado, el cual se muestra en la figura 2.3.

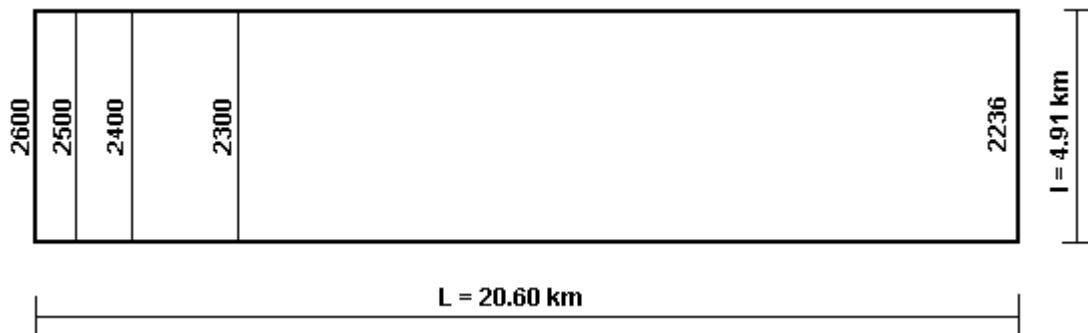


FIGURA 2.3 RECTÁNGULO EQUIVALENTE

### 2.1.6 Elevación Media

La elevación media de una cuenca tiene una influencia determinante en el régimen hidrológico, puesto que también la tiene sobre las precipitaciones que alimentan al ciclo hidrológico de la misma; cabe mencionar que existe una correlación entre este término y los demás índices de la cuenca. Para determinar la elevación media, en este estudio se propone la aplicación de tres métodos.

El método 1 denominado de las intersecciones, es un procedimiento en el que se requiere dividir el mapa topográfico de la cuenca en cuadrados de igual tamaño, considerando que por lo menos cien intersecciones estén comprendidas dentro de la superficie dominada; la elevación media de la cuenca se determina como el promedio de las elevaciones de todas las intersecciones. El método 2 tiene como base la curva hipsométrica, y consiste en determinar la elevación media a partir de la cota correspondiente al cincuenta por ciento de su área. Finalmente, el método 3 también

tiene como base la curva hipsométrica, consiste en cuantificar el volumen bajo la curva y dividirlo entre la magnitud de la cuenca.

Respecto al primer método, en la tabla 2.1 se muestran los datos de la malla reticular y el proceso de cálculo correspondiente; en cuanto al segundo método, en la figura 2.4 se muestra las cotas correspondientes a la elevación media de la cuenca; para el tercer método, en la figura 2.5 se puede ver la elevación media de la cuenca del canal de La Compañía.

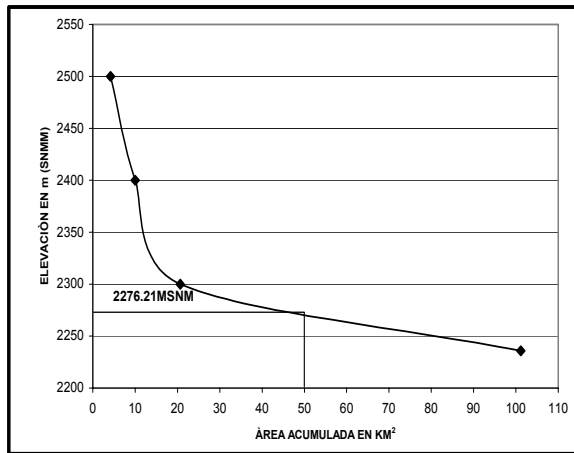


FIGURA 2.4 CURVA IPSOMETRICA CANAL DE LA COMPAÑIA  
ELEV. MEDIA METODO #2

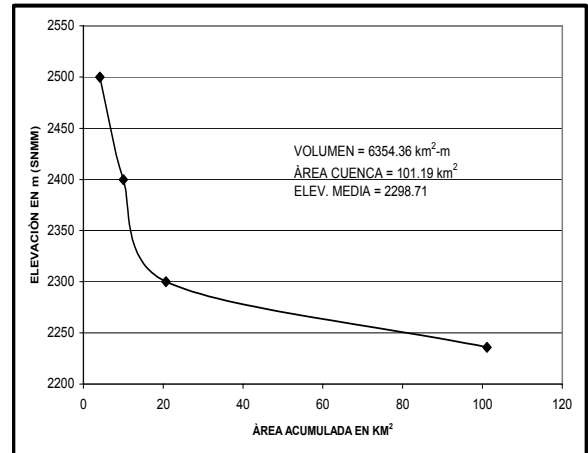


FIGURA 2.5 CURVA IPSOMETRICA CANAL DE LA COMPAÑIA  
ELEV. MEDIA METODO #3

Una vez que se analizaron los gráficos antes mencionados, se hizo una comparación numérica de la elevación media obtenida por los tres métodos propuestos, tal como se indica en el cuadro 2.6.

CUADRO 2.6 ELEVACIÓN MEDIA CALCULADA CON DISTINTOS MÉTODOS			
CUENCA	MÉTODO 1 ( msnm )	MÉTODO 2 ( msnm )	MÉTODO 3 ( msnm )
CANAL DE LA COMPAÑIA	2,292.80	2,276.21	2,298.71

Con base en los valores de la elevación media indicados en el cuadro 2.6 y en las características fisiográficas que predominan, se concluye que el método más acertado es el uno, por lo tanto los valores obtenidos con éste son los que se utilizarán cuando así se requiera.

### 2.1.7 Pendiente Media

La pendiente tiene una relación muy estrecha con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Además, controla el tiempo de concentración sobre la cuenca y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas. Existen varios criterios para evaluar la pendiente, para el análisis de la cuenca del río de La Compañía, se propone la



aplicación de tres criterios.

1. El criterio de J. W. Alvord sugiere analizar primero la pendiente existente entre curvas de nivel, para luego obtener la ecuación que permite calcular la pendiente de toda la cuenca. La ecuación 2.5 es la forma general para su cálculo.

$$S_c = \frac{D * L}{A} \quad (2.5)$$

Donde:

- $S_c$  : Pendiente de la cuenca, adimensional
- $D$  : Desnivel constante entre curvas de nivel, en km
- $L$  : Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en km
- $A$  : Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

2. El criterio de R. E. Horton sugiere el uso de una malla de cuadrados sobre el plano topográfico de la cuenca en estudio, orientando éste en el sentido de la corriente principal. El tamaño de la retícula depende del área de la cuenca, se recomienda hacer cuadrículas con un número de cuadros suficientes, ya que la aproximación del cálculo depende del tamaño de la cuadrícula.

Una vez trazada la malla, se mide la longitud de la línea de la malla comprendida dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel. La pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se valúa con las ecuaciones 2.6 y 2.7.

$$S_x = \frac{N_x * D}{L_x} \quad (2.6)$$

$$S_y = \frac{N_y * D}{L_y} \quad (2.7)$$

Donde:

- $S_x$  : Pendiente de la cuenca en la dirección x
- $S_y$  : Pendiente de la cuenca en la dirección y
- $N_x$  : Número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en la dirección x
- $N_y$  : Número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en la dirección y
- $D$  : Desnivel constante entre curvas de nivel
- $L_x$  : Longitud total de las líneas de la malla en la dirección x
- $L_y$  : Longitud total de las líneas de la malla en la dirección y

Según Horton, la pendiente de una cuenca se determina con la ecuación 2.8.

$$Sc = \frac{N * D}{L} \quad (2.8)$$

Donde:

$$N = N_x + N_y$$

$$L = L_x + L_y$$

3. El criterio del índice de pendiente propuesto por M. Roche, sugiere que este índice es el valor medio de las pendientes y se deduce a partir del rectángulo equivalente utilizando la ecuación 2.9.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \left[ \sum_{i=1}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} \right] \quad (2.9)$$

Donde:

$I_p$  : Índice de pendiente, adimensional

$L$  : Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente, en km

$n$  : Número de curvas de nivel dentro del rectángulo equivalente incluyendo las extremas

$\beta$  : Fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre  $a_i$  y  $a_{i-1}$

$a$  : Cotas de las curvas de nivel consideradas

Para el primer criterio, en el tabla 2.2 se muestra el proceso de cálculo aplicado para la determinación de la pendiente; respecto al segundo criterio, en la tabla 2.3 se puede ver la obtención de la pendiente para la cuenca del canal de La Compañía; para el tercer criterio, en el cuadro 2.7 se puede ver el procedimiento seguido para el cálculo del índice de pendiente para la cuenca del Canal de La Compañía.

CUADRO 2.7 ÍNDICE DE PENDIENTE DE M. ROCHE				
ELEVACIONES ( msnm )	ÁREA PROPIA ( km <sup>2</sup> )	$\beta_i$	$a_i - a_{i-1}$ ( m )	$\sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})}$
2600-2500	4.14	0.04092	0.100	0.06397
2500-2400	5.85	0.05782	0.100	0.07604
2400-2300	10.67	0.10547	0.100	0.10269
2300-2236	80.51	0.79579	0.064	0.22568
SUMA	101.17			0.46839
<b>ÍNDICE DE PENDIENTE = 0.10322</b>				

Finalmente, en el cuadro 2.8 se hace una comparación numérica de los valores obtenidos por los tres criterios utilizados.

<b>CUADRO 2.8 PENDIENTE MEDIA CALCULADA CON DISTINTOS CRITERIOS</b>			
<b>CUENCA</b>	<b>CRITERIO DE J. W. ALVORD</b>	<b>CRITERIO DE R. E. HORTON</b>	<b>CRITERIO DE M. ROCHE</b>
CANAL DE LA COMPAÑÍA	0.06005	0.03908	0.10322

Con base en los valores de la pendiente indicados en el cuadro anterior y en las características fisiográficas que predominan en la cuenca analizada, se concluye que el criterio más acertado es el de R. E. Horton con 0.03908, por lo tanto los valores obtenidos con éste son los que se utilizarán cuando así se requiera.

### **2.1.8 Red de Drenaje**

Se entiende por red de drenaje, al sistema de cauces por el que fluyen los escurrimientos de manera temporal o permanente. El concepto de red de drenaje involucra diversos parámetros que influyen en la formación y rapidez de drenado, también pueden dar una idea de las condiciones físicas del suelo y de la superficie de la cuenca; los parámetros más importantes son Tipos de Corrientes, Modelos de Drenaje, Orden de Corrientes, Relación de Bifurcación, Densidad de Drenaje y Frecuencia de Corrientes.

#### ***Tipos de Corrientes***

Se entiende como corriente a la conjugación de un cauce y el escurrimiento que en éste ocurre, de manera que las corrientes pueden agruparse en tres clases generales, dependiendo del tipo de escurrimiento que se tenga, así una corriente puede ser efímera, intermitente o perenne. Una corriente efímera es aquella que conduce agua únicamente cuando llueve o inmediatamente después. La corriente intermitente es aquella que lleva agua la mayor parte del tiempo, cesando su actividad cuando el nivel freático desciende por abajo del fondo del cauce. Una corriente perenne es la que conduce agua durante todo el año, aun en época de sequía, ya que el nivel freático siempre permanece por arriba del fondo del cauce. De acuerdo a la clasificación de una corriente, las principales corrientes de la cuenca del río de La Compañía se clasifican como se indica en el cuadro 2.9.

<b>CUADRO 2.9 CLASIFICACIÓN DE CORRIENTES</b>	
<b>CORRIENTE</b>	<b>TIPO</b>
RÍO SAN FRANCISCO	INTERMITENTE
RÍO SAN RAFAEL	INTERMITENTE
CANAL DE LA COMPAÑÍA	PERENNE
RÍO DE LA COMPAÑÍA	INTERMITENTE

Cabe mencionar que el canal de La Compañía se considera como corriente perenne, debido a que siempre cuenta con escurrimiento superficial, sin embargo esta condición no se debe a la influencia del nivel freático, sino a los aportes de aguas residuales que recibe a lo largo de su trayecto, durante todo el año.

### **Modelos de Drenaje**

Generalmente en una superficie hidrológica se observan dos tipos de cuencas y varios modelos de drenaje, los tipos son el endorreico y el exorreico. En el primer tipo la salida se localiza dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en el segundo, la salida se localiza en los límites de la cuenca y su destino es otra corriente o cuerpos de agua más grandes como el mar. De manera general los dos tipos de cuencas se pueden identificar fácilmente si se asocian a la figura 2.6.

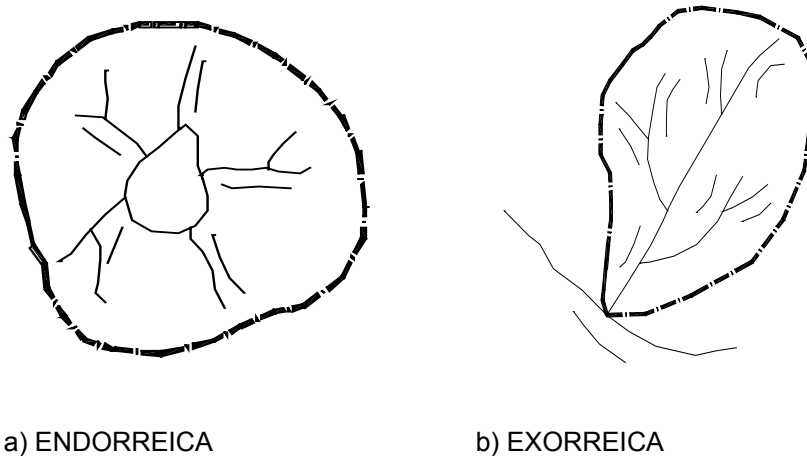


FIGURA 2.6 TIPOS DE CUENCAS (REF. 2)

El tipo de cuenca de drenaje de las corrientes principales de la cuenca del río de La Compañía se puede definir como exorreica, en virtud de que sus escurrimientos son descargados al Dren General del Valle de México. Sin embargo, la cuenca general del Valle de México es de tipo endorreico, ya que artificialmente ha sido drenada hacia la cuenca del río Tula.

En cuanto al modelo de drenaje, se debe señalar que la geología que se tiene en una cuenca, en combinación con los efectos del clima, ocasiona un proceso de erosión del suelo muy particular que se refleja en la formación de una red de cauces también muy particular. Existe una gran diversidad de modelos de drenaje, ya que las configuraciones geológicas también son muy diversas, sin embargo para el territorio de México en su conjunto se pueden considerar 18 modelos básicos, los cuales se pueden ver en la figura 2.7; de esta figura se puede establecer que en general el modelo de drenaje que se asemeja a la red de drenaje de la cuenca del río de La Compañía es el dicotómico, sin embargo en el canal de La Compañía este concepto no aplica ya que el drenaje de su cuenca es artificial.

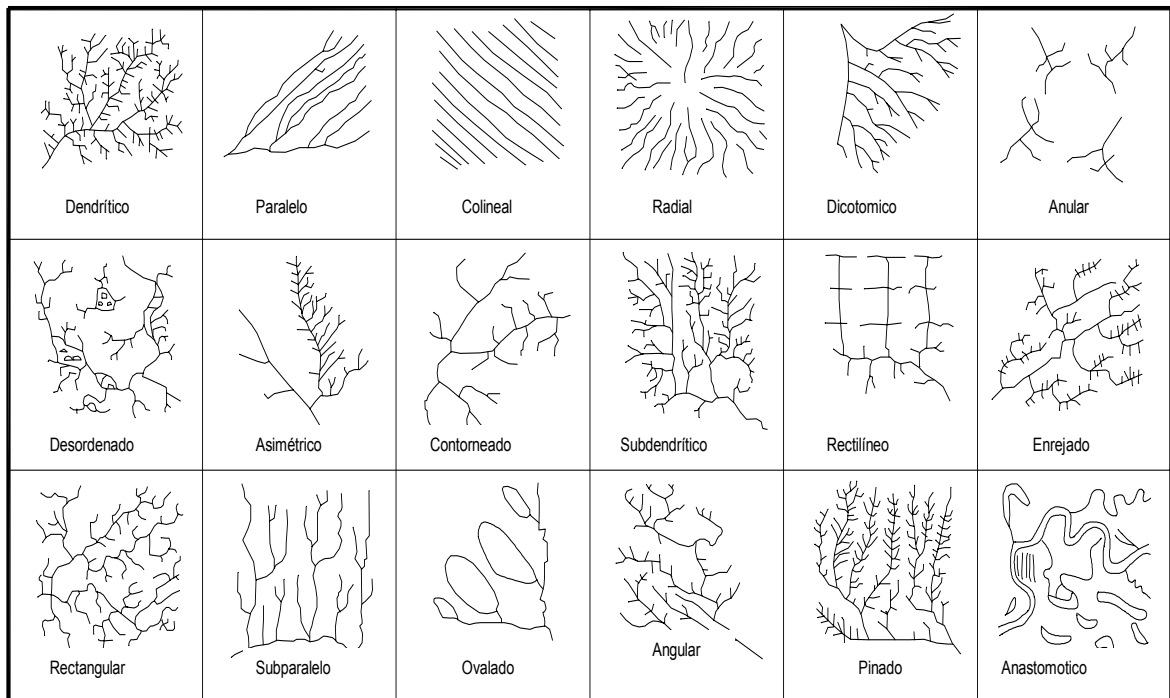


FIGURA 2.7 MODELOS DE DRENAJE (REF. 2)

### **Orden de Corrientes**

El orden de corrientes es un parámetro que indica el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca. Al respecto, R.E. Horton clasificó el orden de corrientes asignando el orden uno a las más pequeñas, esto es las que no están ramificadas; el orden dos a las corrientes que sólo tienen ramificaciones o tributarios de primer orden; y orden tres aquéllas con dos o más tributarios de orden dos o menor y así sucesivamente. Por lo anterior, el orden de la corriente principal es un indicador de la magnitud de la ramificación y de la extensión de la red de drenaje dentro de la cuenca.

En la cuenca del río de La Compañía, el río San Rafael es una corriente de orden cuatro, el río San Francisco es de orden cuatro y el canal de La Compañía es de orden cinco.

### **Relación de Bifurcación**

La relación de bifurcación se define de acuerdo con la ecuación 2.10, como el cociente entre el número de cauces de cualquier orden y el número de corrientes del siguiente orden superior.

$$Rb = \frac{N_U}{N_{U+1}} \quad (2.10)$$

Donde:

$R_b$  : Relación de bifurcación, adimensional

$N_u$  : Número de corrientes de orden  $u$ , adimensional

$N_{u+1}$  : Número de corrientes del siguiente orden superior, adimensional

Las relaciones de bifurcación varían entre tres y cinco para cuencas en las cuales las estructuras geológicas no distorsionan el modelo de drenaje, asimismo el valor promedio es del orden de 3.5. El Dr. Coates encontró que la relación de bifurcación de corrientes de primero a segundo orden varía de 4 a 5.1 y de las de segundo orden fluctúa de 2.8 a 4.9; por otro lado, A. N. Strahler propuso un modelo numérico para la obtención del valor de la relación de bifurcación. En el cuadro 2.10 se muestran los parámetros para el cálculo de la relación de bifurcación de la cuenca del canal de La Compañía.

CUADRO 2.10 PARÁMETROS PARA EL CALCULO DE LA RELACIÓN DE BIFURCACIÓN		
U	Nu	Log (Nu)
1	163	2.2122
2	34	1.5315
3	9	0.9542
4	3	0.4771
5	1	0.0000

En la figura 2.8 se muestra el cálculo final de la relación de bifurcación para las corrientes principales de la cuenca del río de La Compañía, de donde se concluye que la Relación de Bifurcación de la corriente principal de la cuenca del canal de La Compañía es 3.53.

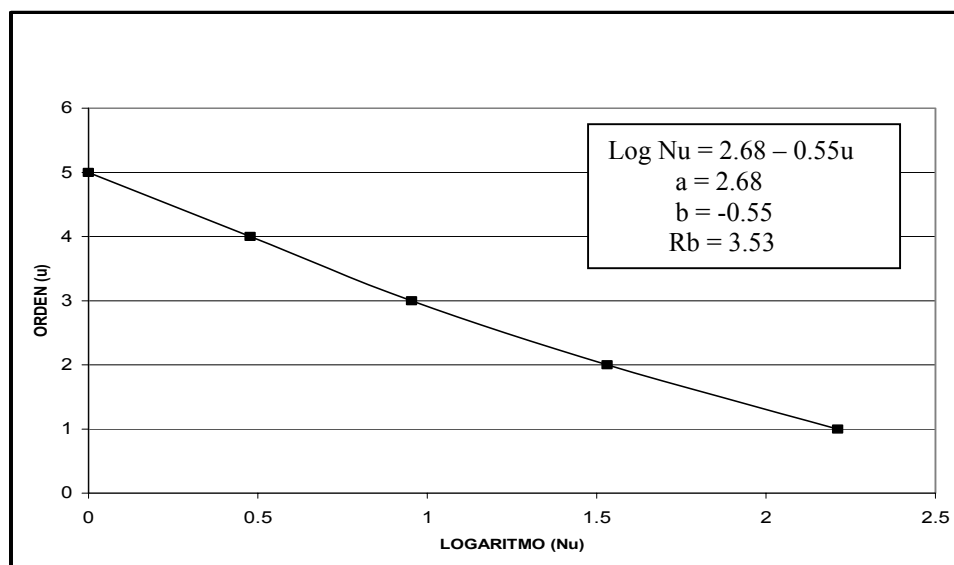


FIGURA 2.8 RELACIÓN DE BIFURCACIÓN PARA LA CUENCA DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA

### ***Densidad de Drenaje***

La densidad de drenaje se define como la longitud total de los cauces dentro de la cuenca, dividida entre el área total de drenaje, ésta se determina con la ecuación 2.11.

$$D_D = \frac{\sum L}{A} \quad (2.11)$$

Donde:

- $D_D$  : Densidad de drenaje, en km/km<sup>2</sup>
- $\sum L$  : Longitud total de corrientes, en km
- $A$  : Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Para la cuenca general del río de La Compañía, la longitud total de corrientes ( $\sum L$ ) es de 50.25 km, el área ( $A$ ) de 438.52 km<sup>2</sup>, por lo tanto, la densidad de drenaje ( $D_D$ ) resulto de 0.115.

### ***Frecuencia de Corrientes***

La frecuencia de corrientes se define como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área, para su cálculo se utiliza la ecuación 2.12.

$$F = \frac{N_U}{A} \quad (2.12)$$

Donde:

- $F$  : Frecuencia de corrientes, en corrientes/ km<sup>2</sup>
- $N_U$  : Número de corrientes perennes e intermitentes
- $A$  : Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Para la cuenca general del río de La Compañía, el número de corrientes perennes e intermitentes ( $N_s$ ) resulto de 209, el área de 438.52 km<sup>2</sup>, por lo tanto, la frecuencia de corrientes es de 0.477.

## **2.2 Superficie Terrestre de las Cuencas**

En cualquier sistema hidrológico, las características que se tienen en la superficie territorial de la cuenca se reflejan en la mayor o menor cantidad de agua que escurren por los cauces, así como en su distribución temporal. En este sentido, destacaremos tres conceptos principales: Cobertura Vegetal o Urbana, Edafología y Geología.

### **2.2.1 Cobertura Vegetal o Urbana (Uso del Suelo y Vegetación)**

El estudio del uso de suelo y vegetación, tipo de suelos y geología de una cuenca debe encaminarse a clasificar en términos generales su mayor o menor grado de permeabilidad, lo que sin duda influye significativamente en la cantidad de agua que escurre por un cauce.

La vegetación de la cuenca total del río de La Compañía se compone en su parte alta de bosques templados (zona del parque nacional Zoquiapan y parque nacional Izta-Popo), de oyameles, encinos y pinos. Existen zonas dedicadas a la agricultura de temporal, sobre todo en la cercanía a colonias o cabeceras municipales como es el caso de la parte de Río Frío de Juárez, la Colonia Manuel Ávila Camacho, San Francisco Acuautla, Tlalmanalco de Velázquez, San Rafael y Chalco.

Por otro lado, existen zonas sujetas a inundaciones, básicamente en la parte del canal de La Compañía, por ello la vegetación se compone principalmente de pastizales halófilos y tulares. Además, a partir del cruce del canal con la Autopista México-Puebla la zona está densamente poblada.

En el caso de la cuenca del canal de La Compañía el uso del suelo se distribuye de la forma que se indica en la tabla 2.4.

### **2.2.2 Uso potencial del suelo**

Los suelos de la parte alta de la cuenca del río de La Compañía, que no pertenecen al parque nacional Zoquiapan e Izta-Popo y no han sido explotados, pueden utilizarse para uso forestal debido a la importancia de las especies que existen en la zona, siempre y cuando se haga un uso racional de los recursos. Asimismo, en las partes bajas existen zonas aprovechables para uso agrícola con tecnología mecanizada.

Es importante mencionar que deben evitarse asentamientos irregulares y mayor urbanización, ya que estos factores pueden causar deforestación incrementando los problemas de inundaciones en zonas bajas, tal como sucede en la actualidad. Además, los municipios que se encuentran dentro de la cuenca deben obligarse a reforestar con especies de vegetación y árboles nativos de la zona, esto incrementaría la retención del flujo de agua de las laderas hacia las zonas planas, evitando constantes inundaciones.

### **2.2.3 Edafología (Suelos)**

Para conocer las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos es necesario apoyarse en los planos edafológicos y de textura, en donde se pueden identificar básicamente tres tipos hidrológicos:

**Tipo A.** Suelos de gravas y de arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas, estos generan el menor escurrimiento.



**Tipo B.** Suelos de arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena y limo, estos generan escurrimiento inferior al escurrimiento medio.

**Tipo C.** Suelos de arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezcla de arena, limo y arcilla, estos generan escurrimiento superior al medio.

**Tipo D.** Suelos arcillosos de alta plasticidad, con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie, estos generan el mayor escurrimiento.

Para interpretar las unidades de los suelos indicados en los planos edafológicos editados por INEGI, en la tabla 2.5 se presenta un resumen de las claves de estas unidades, su área edafológica y su clasificación hidrológica, para determinación del parámetro N del método de los números de escurrimiento. En la tabla 2.6 se muestra el cálculo del número de escurrimiento N que corresponde.

#### **2.2.4 Geología**

La cuenca del río de La Compañía se ubica en la Provincia Fisiográfica de la Meseta Neovolcánica, también denominada Faja Volcánica Transmexicana y Eje Neovolcánico Transmexicano. La estructura Geológica de la zona se compone de los siguientes elementos:

En la zona norte de la cuenca se encuentra brecha sedimentaria representando a depósitos acumulados al pie de las edificaciones volcánicas, suelos aluviales y andesitas, al este sobresalen andesitas y basalto, así como tobas volcánicas basálticas, al oeste se encuentran zonas lacustres con predominio de arcillas y limos.

En la parte alta y al sureste de la cuenca se encuentran andesitas de la serie Iztaccíhuatl, impermeables y con abundante vegetación. Esta zona forma parte de la Sierra Nevada, una de las importantes del valle por su altura y por las cimas con nieves perpetuas, de los volcanes Iztaccíhuatl y el Popocatépetl, de estas se desprenden contrafuertes y estribos que integran el relieve de la sierra en su flanco oeste, encajonando los arroyos que bajan al lago de Chalco.

La parte intermedia, constituida por abanicos aluviales de la formación Tarango Inferior, tiene una impermeabilidad media, en esta misma área se encuentran localizados al noreste y sureste de la cuenca, conos de lavas basálticas, como los cerros Papayo, de gran permeabilidad.

El río San Rafael nace en las laderas del volcán Ixtaccíhuatl y el cerro Tres Cruces, está limitado al norte por la cuenca del río San Francisco, al sur por la cuenca del río Ameca y al oriente por el parteaguas de la Sierra Nevada. Antiguamente los ríos San Rafael y San Francisco drenaban al Lago de Chalco, en la actualidad descarga al lago de Texcoco por el canal de La Compañía, pasando por el puerto de San Isidro entre los cerros Pino y Santa Catarina. La mayor parte del área de la cuenca del canal de La Compañía se compone de suelos lacustres, a los cuales se les ha extraído el agua, acelerando la compactación de la unidad de suelo, por lo que se han registrado hundimientos importantes a lo largo de su recorrido.

### 2.3 Cauce Principal

En toda cuenca hidrológica y todo sistema de corrientes, el conocimiento de las características geométricas del cauce principal constituye un factor importante para analizar el funcionamiento hidráulico de la cuenca y la estimación de los escurrimientos en el cauce, ya que en este se concentra la mayor cantidad de agua precipitada; al respecto, son de trascendencia la Longitud, el Perfil y la Pendiente.

#### 2.3.1 Longitud

La longitud del cauce principal es un parámetro también importante en la respuesta hidrológica de una cuenca, a mayor longitud mayor tiempo de concentración y viceversa. Para la determinación de la longitud del cauce de las corrientes principales, se realizaron tres mediciones con un longímetro de operación mecánica; del promedio aritmético de estas tres se obtuvo el valor final, el cual se indica en el cuadro 2.11.

CUADRO 2.11 LONGITUD DE CORRIENTES PRINCIPALES	
CORRIENTE	LONGITUD ( km )
RIO SAN FRANCISCO	22.80
RIO SAN RAFAEL	32.41
CANAL DE LA COMPAÑÍA	20.75
RIO DE LA COMPAÑÍA	48.50

#### 2.3.2 Perfil

El perfil de un cauce indica gráficamente la variación de la elevación a lo largo de su desarrollo, se obtiene llevando a una gráfica los valores de sus recorridos horizontales (abscisas) contra los cambios de elevaciones respectivos (ordenadas), en la tabla 2.7 se puede ver numéricamente los valores del perfil del cauce.

#### 2.3.3 Pendiente

La pendiente del cauce principal es uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta. Dado que la pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir un valor medio. Para tal efecto el método más aprobado hasta la fecha es el de Taylor y Schwarz, el cual propone calcular la pendiente media de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido de la corriente en cuestión. Para determinar la pendiente media del cauce se utiliza la ecuación 2.13.

$$S = \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} = \frac{L}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{l_i}{\sqrt{S_i}} \right)} \quad (2.13)$$

Donde:

- S : Pendiente media del cauce, adimensional
- L : Longitud total del cauce, en m
- m : Número de tramos a lo largo del cauce
- $l_1, l_2, \dots, l_m$  : Longitudes de cada tramo, en m
- $S_1, S_2, \dots, S_m$  : Pendiente de cada tramo, adimensional

Aplicando la ecuación 2.13 se calculó la pendiente media para cada una de las corrientes principales, como se puede ver en las tablas 2.8 a 2.10, dando los resultados que se indican en el cuadro 2.12.

<b>CUADRO 2.12 PENDIENTE MEDIA DE CORRIENTES PRINCIPALES</b>	
<b>CORRIENTE</b>	<b>PENDIENTE MEDIA</b>
RÍO SAN FRANCISCO	0.022340
RÍO SAN RAFAEL	0.016870
CANAL DE LA COMPAÑÍA	0.000194
RÍO DE LA COMPAÑÍA	0.009900

## **2.4 Relaciones Generales**

En ocasiones es conveniente analizar la relación que existe entre algunos índices geomorfológicos y el régimen hidrológico, por ejemplo con el área y la elevación media de la cuenca, así como con la longitud y pendiente del cauce principal. Con la comparación de estos parámetros se puede tener un buen indicador para establecer el grado de la respuesta al escurrimiento de una cuenca hidrológica.

### **2.4.1 Relaciones con el área de la cuenca**

La cuenca del río de La Compañía es una cuenca intermedia-grande formada por tres subcuencas pequeñas: la de los ríos San Francisco y San Rafael y la del canal de La Compañía. En función del área de la cuenca, las aportaciones de las subcuencas de los ríos San Francisco y San Rafael a su corriente principal son importantes, debido a que el sistema de corrientes drena casi totalmente hacia sus cauces; respecto a las aportaciones de la subcuenca del canal de La Compañía, éstas son menos importantes como drenado natural, pues los escurrimientos tienen su origen en la descarga de varias plantas de bombeo de aguas pluviales y residuales, que se localizan en su trayecto; el bombeo se debe a que la rasante del fondo del canal se encuentra en una cota mayor que la elevación media de la cuenca natural de aportación.

Generalmente, a medida que el área de una cuenca crece, los gastos; mínimos, promedios y máximos lo hacen también, por tal motivo la variación del gradiente de

crecimiento de los gastos máximos instantáneos se ve influenciado por el tamaño de la cuenca. Sin embargo, en algunos casos los gastos que fluyen en un sitio dado del cauce son menores que los que ingresan a la entrada, a pesar de que hay un incremento sustancial del área de la cuenca, esto se debe a que existen desbordamientos del cauce a lo largo de su trayecto; un ejemplo fehaciente es el canal de la Compañía, ya que a pesar de que áreas urbanas y no urbanas drenan artificialmente hacia el canal, las mediciones que se realizan en la estación hidrométrica Los Reyes no muestran gastos máximos importantes, respecto a los que se miden en las estaciones hidrométricas San Marcos y San Lucas, las que aforan sus afluentes naturales.

#### **2.4.2 Relación con la Elevación Media de la Cuenca**

La elevación media de la cuenca es relevante para el caso de las subcuencas de los ríos San Rafael y el San Francisco, donde se tienen elevaciones medias del orden de 2,688.58 y 2,653.18 msnm, respectivamente, mientras que la subcuenca del canal de La Compañía tiene una elevación media de 2,292.80 msnm; esta diferencia se debe a que las subcuencas de aportación de los ríos San Rafael y el San Francisco se localizan en la zona montañosa, en tanto que la del canal de la Compañía se localiza en la parte baja de la cuenca general del río de La Compañía.

La elevación media tiene influencia importante sobre los principales parámetros del régimen hidrológico, esto se observa en los valores de las precipitaciones, pendiente de la cuenca y densidad de drenaje. Así por ejemplo, generalmente a mayor elevación mayor es la lámina de precipitación.

#### **2.4.3 Relación con la Pendiente Media de la Cuenca**

En toda superficie hidrológica conforme aumenta la pendiente media de la cuenca, crece la velocidad media del escurrimiento y en función de ésta disminuye la infiltración, creciendo las magnitudes de las avenidas, la erosión del terreno natural y concentración de sedimentos en la parte baja de la cuenca.

#### **2.4.4 Relaciones de la Longitud y la Pendiente del cauce principal**

La longitud y la pendiente del cauce principal tienen influencia importante en las características de las avenidas, tales como el tiempo pico y el tiempo de concentración de sus hidrogramas respectivos. Por lo general, todos los gastos (mínimos, medios y máximos) aumentan con la longitud del cauce principal, ya que en la mayoría de las cuencas a mayor longitud del cauce principal mayor es el área. En el caso de la subcuenca del canal de La Compañía, no se tiene un aumento significativo de los caudales debido al drenado artificial que ya se mencionó.

### 3 ANÁLISIS DISTRIBUCIONAL DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO

Antes de proceder a cualquier ajuste de funciones de distribución a las series de datos, es necesario realizar pruebas estadísticas que nos den idea de las características de homogeneidad, consistencia e independencia de dichos registros.

Las pruebas de homogeneidad y/o consistencias sirven para determinar si las características estadísticas de las series hidrológicas como la media o desviación estándar han sufrido cambios abruptos en sus valores. Dichos cambios pueden ser el producto de las actividades humanas como la deforestación, apertura de nuevas áreas al cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses y reforestación, o también como el producto de procesos naturales súbitos, como incendios forestales, terremotos, deslizamiento de laderas y erupciones volcánicas.

Desde el punto de vista estadístico se dice que una serie de datos es homogénea si es una muestra de una única población, y por lo tanto será factible obtener resultados representativos de ella. En caso de no ser homogénea puede ser que los datos analizados correspondan a dos poblaciones diferentes. Las pruebas estadísticas utilizadas para revisar la homogeneidad de una serie de datos son; Helmer, t de Student y Cramer.

La independencia significa que el resultado de la precipitación o escurrimiento en un año no depende del valor de la precipitación o escurrimiento de años anteriores. Por lo cual para poder llevar a cabo el análisis de frecuencias se requiere que la muestra de la serie de datos esté compuesta por variables aleatorias. Para probar lo anterior, se aplicará la prueba de independencia de Anderson, la cual hace uso del coeficiente de autocorrelación serial  $r_k^j$  para diferentes tiempos de retraso k.

Para realizar los análisis de homogeneidad e independencia a las muestras de datos de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones climatológicas, así como a los datos de escurrimientos máximos anuales de las estaciones hidrométricas, se elaboró un programa en Visual Basic 6.0.

#### 3.1 Prueba estadística t de Student

Cuando la pérdida de homogeneidad es un abrupto cambio en la media, esta prueba es muy útil y poderosa para detectar este tipo de inconsistencias. Para obtener mejores resultados, se recomienda que la muestra total se divida en dos partes con tamaños iguales para que las medias sean muy similares. Se considera que una muestra es homogénea si el valor del estadístico  $t_d$  de la prueba t de Student que se calcula con la ecuación 3.1, resulta menor o igual al estadístico  $t_c$  de la distribución t de Student de dos colas del cuadro 3.1 y con  $n_1+n_2-2$  grados de libertad.

$$t_d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\left[ \frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}} \quad (3.1)$$

Donde:

- $\bar{X}_1$  : Media de la muestra uno  
 $\bar{X}_2$  : Media de la muestra dos  
 $n_1$  : Número de registros de la muestra uno  
 $n_2$  : Número de registros de la muestra dos  
 $S_1^2$  : Varianza de la muestra uno  
 $S_2^2$  : Varianza de la muestra dos

CUADRO 3.1 DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT (REF. 2)					
GRADOS DE LIBERTAD	NIVEL DE SIGNIFICANCIA		GRADOS DE LIBERTAD	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	
	5% *	5% **		5% *	5% **
1	6.314	12.706	18	1.734	2.101
2	2.920	4.303	19	1.729	2.093
3	2.353	3.182	20	1.725	2.086
4	2.132	2.776	21	1.721	2.080
5	2.015	2.571	22	1.717	2.074
6	1.943	2.447	23	1.714	2.069
7	1.895	2.365	24	1.711	2.064
8	1.860	2.306	25	1.708	2.060
9	1.833	2.262	26	1.706	2.056
10	1.812	2.228	27	1.703	2.052
11	1.796	2.201	28	1.701	2.048
12	1.782	2.179	29	1.699	2.045
13	1.771	2.160	30	1.697	2.042
14	1.761	2.145	40	1.684	2.021
15	1.753	2.131	60	1.671	2.000
16	1.746	2.120	120	1.658	1.980
17	1.740	2.110	∞	1.645	1.960

\* Una cola      \*\* Dos colas

Para ejemplificar su aplicación se presenta el análisis realizado a los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación climatológica Amecameca. De los datos de la tabla 1.19 se obtuvieron los siguientes valores:

Número de registros = 37

Tamaño de la primera muestra  $n_1 = 18$

Media de la primera muestra  $\bar{X}_1 = 40.94$

Desviación estándar de la primera muestra  $S_1 = 12.20$

Tamaño de la segunda muestra  $n_2 = 19$

Media de la segunda muestra  $\bar{X}_2 = 37.14$

Desviación estándar de la segunda muestra  $S_2 = 12.44$

Grados de libertad = 35

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.1, se obtiene  $t_d=0.9123$ . Con el valor de los grados de libertad se entra al cuadro 3.1 para determinar el valor del estadístico  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student, el cual resulta de 2.0315. Como  $t_d < t_c$ , se concluye que la muestra es homogénea.

Los resultados de los análisis de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones climatológicas y de los registros de gastos máximos anuales de las estaciones hidrométricas, se presentan en la tabla 3.1. En ella se observa que todas las muestras de las estaciones climatológicas resultaron homogéneas, así como los registros de gastos máximos de la estación hidrométrica San Lucas, mientras que los registros de las estaciones San Marcos y Los Reyes son no homogéneas.

### 3.2 Prueba estadística de Cramer

Para investigar la homogeneidad de una muestra, a veces es conveniente comparar la media de toda la serie con la media de una cierta parte del registro, es decir, realizar un análisis por bloques. Para ello es muy útil la prueba de H. Cramer, que además es complementaria de la prueba  $t$  de Student, sobre todo cuando las muestras  $n_1$  y  $n_2$  no son muy parecidas. Para investigar la homogeneidad de una muestra, es necesario calcular el estadístico  $t_k$ , el cual tiene una distribución  $t$  de Student de dos colas con  $v = n - 2$  grados de libertad, se calcula con la ecuación 3.2 y las ecuaciones 3.3 y 3.4. El estadístico  $t_k$  se utiliza de la misma forma que el  $t_d$  de la  $t$  de Student.

$$t_k = \left[ \frac{n_1(n-2)}{n-n_1(1+(\tau_k)^2)} \right]^{1/2} (\tau_k) \quad (3.2)$$

$$\bar{X}_k = \frac{\sum_{i=k+1}^{i=k+n} X_i}{n_1} \quad (3.3)$$

$$\tau_k = \frac{(\bar{X}_k - \bar{X})}{S} \quad (3.4)$$

Donde:

$n$  : Número de registros de toda la muestra  
 $\bar{X}$  : Media de toda la muestra

S	:	Desviación estándar de toda la muestra
$n_1$	:	Número de registros de la submuestra
$\bar{X}_k$	:	Media de la submuestra
K	:	índice o contador, posterior al cual debe tomarse la submuestra, se determina como; $k = n - n_1$ .
$\tau_k$	:	Parámetro que relaciona las medias de la muestra y submuestra

Para ejemplificar su aplicación se presenta el análisis realizado a los registros de precipitaciones máximas en veinticuatro horas de la estación climatológica Amecameca. De los datos de la tabla 1.19 se obtuvieron los siguientes valores:

Tamaño de la muestra  $n = 37$

Media de la muestra total  $\bar{X} = 38.96$

Desviación estándar de la muestra total  $S = 9.72$

Primer bloque formado por los últimos 25 años

Media de la submuestra  $\bar{X}_k = 37.98$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 3.4, se obtiene el valor de  $\tau_k = 0.1026$  y de  $t_k = 0.8863$ . Con el valor de los grados de libertad  $v = n + 2 = 35$  y entrando al cuadro 3.1 se obtiene un valor para  $t_c = 2.0315$ , como  $t_k < t_c$  la muestra es homogénea.

Segundo bloque formado por los últimos 12 años

Media de la submuestra  $\bar{X}_k = 40.7166$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 3.4, se obtiene el valor de  $\tau_k = 0.1937$  y de  $t_k = 0.7347$ . Con el valor de los grados de libertad  $v = n + 2 = 35$  y entrando a el cuadro 3.1 se obtiene un valor para  $t_c = 2.0315$ , como  $t_k < t_c$  la muestra es homogénea.

Los resultados de los análisis de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones climatológicas y de los registros de gastos máximos anuales de las estaciones hidrométricas, se presentan en la tabla 3.2. De acuerdo con los resultados, se puede considerar que todas las muestras de las estaciones climatológicas son homogéneas, así como los registros de gastos máximos de la estación hidrométrica San Lucas, mientras que los registros de las estaciones San Marcos y Los Reyes resultan no homogéneas.

### 3.3 Prueba estadística de Helmert

Esta prueba consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento de la serie respecto a su valor medio. Si una desviación de un cierto signo es seguida por otra del mismo signo se dice que ha ocurrido una secuencia (S), en caso contrario se dice que ha ocurrido un cambio (C). Para que una serie sea homogénea, la diferencia entre el número de secuencias y cambios debe ser cero, o estar dentro de los límites de un cierto error probable (menor o igual), el cual se calcula con la ecuación 3.5



$$S - C = \pm\sqrt{n-1} \quad (3.5)$$

Siendo n el número de eventos o registros de la muestra por analizar. Para ejemplificar su aplicación se analizaran los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación climatológica Amecameca. De la tabla 1.19 se obtuvieron los siguientes valores:

Número de registros = 37  
 Media = 38.98  
 Número de secuencias S= 21  
 Número de cambios C = 15

Aplicando los valores en la ecuación 3.5, se determina el valor de la tolerancia o error permitido como;  $21-15 = 6$ , y  $\sqrt{37-1} = 6$ , por lo tanto se concluye que la muestra es homogénea.

Los resultados de los análisis a los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones climatológicas y a los registros de gastos máximos anuales de las estaciones hidrométricas, se presentan en la tabla 3.3. De acuerdo con los resultados, para los registros de las estaciones climatológicas, cuatro de ellos resultaron no homogéneas y siete homogéneas, mientras que todos los registros de las estaciones hidrométricas resultaron no homogéneas.

### 3.4 Prueba de Anderson

Para llevar a cabo el análisis de frecuencias de una serie de datos, es necesario que la muestra sea independiente, es decir, que sean variables aleatorias. Para probar que lo son, se aplica la prueba de independencia de Anderson, la cual se basa en la determinación del coeficiente de autocorrelación serial  $r_k^j$  para diferentes tiempos de retraso. Cuando se analiza un solo registro  $j=1$ , y la ecuación para calcularlo es la 3.6.

$$r_k^j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j-k} (x_i^j - \bar{X}^j)(x_{i+k}^j - \bar{X}^j)}{\sum_{i=1}^{n_j} (x_i^j - \bar{X}^j)^2} \quad (3.6)$$

Donde:

j : Muestra de datos analizada  
 k : Tiempo de retraso  
 $n_j$  : Número de datos de la muestra j  
 $\bar{X}^j$  : Media de la muestra j

Los límites al 95% de confianza para  $r_k^j$  se puede obtener con la ecuación 3.7.

$$r_k^j(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{(n_j - k - 1)}}{n_j - k} \quad (3.7)$$

Con los valores estimados para  $r_k^j$  (ordenadas) contra los tiempos de retraso  $k$  (abscisas) y los valores correspondientes a los límites de confianza, se elabora una grafica denominada correlograma de la muestra. Si solo el 10% de los valores de  $r_k^j$  sobrepasan los límites de confianza, se considera que la muestra analizada es independiente y sigue las leyes de la probabilidad.

Para ejemplificar su aplicación, se analizaran los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación climatológica Amecameca (tabla 1.19). Se calcularán los valores del coeficiente de autocorrelación serial hasta para un tiempo de retraso:

$$k = \frac{n_j}{3} \quad (3.8)$$

Mediante un programa se realizaron los cálculos de  $r_k^j$ , mismos que se muestran en el cuadro 3.2 y en la figura 3.1 la grafica del correlograma.

<b>CUADRO 3.2 VALORES DEL COEFICIENTE DE AUTOCORRELACIÓN SERIAL, ESTACIÓN AMECAMECA</b>			
<b>LÍMITES DEL 95% DE CONFIANZA</b>			
<b>k</b>	<b>LÍM. INFERIOR</b>	<b>r(k)</b>	<b>LÍM. SUPERIOR</b>
1	-0.34988	0.15445	0.29432
2	-0.3551	0.09642	0.29796
3	-0.36057	-0.20607	0.30175
4	-0.36629	-0.01686	0.30568
5	-0.37228	0.02599	0.30978
6	-0.37856	0.00209	0.31404
7	-0.38516	-0.30335	0.3185
8	-0.39212	-0.3507	0.32315
9	-0.39944	-0.23486	0.32802
10	-0.40719	0.05609	0.33311
11	-0.41538	0.02153	0.33846
12	-0.42408	-0.02105	0.34408
13	-0.43333	0.00156	0.34999
14	-0.44318	0.07954	0.35623
15	-0.45372	0.2498	0.36281

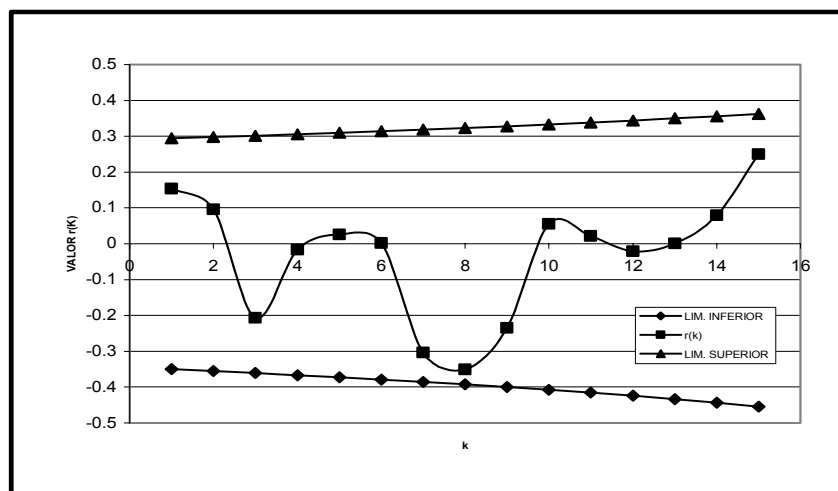


FIGURA 3.1 CORRELOGRAMA AMECAMECA

Se puede observar en el cuadro 3.2 y en la figura 3.1, que los valores del coeficiente de autocorrelación serial  $r_k^j$  no sobrepasa los límites de confianza, por lo tanto, la muestra se considera independiente.

Los resultados de los análisis de independencia a los registros de precipitaciones máximas en 24 horas y gastos máximos anuales se presentan en la tabla 3.4, mientras que en las tablas 3.5 y 3.6 los valores del coeficiente de autocorrelación serial para cada estación analizada. En ambas tablas se puede observar que todas las muestras resultan independientes, por lo tanto, se trata de variables aleatorias y se les puede realizar un análisis distribucional.

### 3.5 Ajustes de Funciones de Distribución de Probabilidad a los registros de precipitaciones máximas en 24 horas.

La aplicación de las funciones de distribución de probabilidad, tiene como objetivo determinar de acuerdo con la importancia de las obras por diseñar, la magnitud de los parámetros de diseño que mejor se ajusten a los datos reales y que su extrapolación hacia los periodos de retorno seleccionados sean los más adecuados, esto con objeto de evitar en lo posible sobre diseñar o subdiseñar dichas obras. Dentro del análisis se contempla obtener la magnitud de la precipitación máxima en 24 horas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años.

Generalmente en los estudios hidrológicos que se realizan, se utilizan las funciones de distribución de probabilidad más comunes en la hidrología como son: Normal, Exponencial, Log-Normal, Gamma, Gumbel y Doble Gumbel. Para poder tener una idea de la magnitud de los valores que pueden obtenerse con otro tipo de funciones, además de las mencionadas, se aplicaran para el análisis las funciones de distribución como; General de Valores extremos (GVE), Log Pearson III, General de Valores Extremos Mixta (GVE mixta), Gumbel GVE, TCEV y Gumbel Mixta. Por otra parte, también se consideraran dentro de los análisis para su ajuste, además de los métodos de Momentos y Máxima Verosimilitud, los de Momentos de Probabilidad Pesada,

Momentos L, Momentos Método Directo, Momentos Método Indirecto y Máxima Entropía. Para realizar el ajuste de las funciones de distribución a las muestras de datos, se elaboró un programa en Visual Basic 6.0.

Los análisis se realizaron a los datos de la tabla 1.19 y los resultados para cada estación se muestran en las tablas 3.7 a 3.17, en el cuadro 3.3 se muestra un resumen de las funciones de distribución de probabilidad con valor del error estándar de ajuste (EEA) menor.

<b>CUADRO 3.3 RESUMEN DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN</b>										
<b>A LOS DATOS DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 h</b>										
<b>ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>PERIODO DE RETORNO</b>								<b>E.E.A</b>
		<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	
AMECAMECA	LOGP3-MI	41.28	55.59	65.22	74.57	86.89	96.35	119.13	129.41	2.93
MANUEL A. CAMACHO	GUMB-MIX	49.25	66.95	82.26	89.44	97.09	103.03	118.95	126.70	2.62
CHALCO	GUMB-MIX	41.83	52.09	56.45	60.45	65.70	69.81	79.92	84.52	1.00
CHIMALHUACAN	GUMBELMV	40.61	49.98	56.18	62.13	69.84	75.61	88.95	94.69	2.15
COATEPEC DE LOS O.	GUMB-GVE	47.85	51.72	54.62	57.86	63.05	67.78	80.43	86.17	1.00
LOS REYES LA PAZ	PROMEDIO	38.05	47.73	53.39	58.36	64.24	68.28	76.69	79.97	1.74
NEZAHUALCOYOTL	GUMB-MIX	42.67	51.69	57.59	63.25	70.61	76.16	89.12	94.77	2.08
REPETIDORA DE TV	GVE-MTOS	50.01	64.51	74.99	85.76	100.82	112.99	144.35	159.35	5.66
SAN LUIS AMECA II	GUMB-MIX	62.18	68.05	73.16	80.25	90.74	98.69	117.03	124.91	1.51
SAN RAFAEL	LGNOR2-M	60.49	72.13	79.09	85.34	92.97	98.42	110.47	115.48	1.58
TLAHUAC	GUMBELMV	42.75	54.04	61.51	68.68	77.97	84.92	100.99	107.90	1.47

Los resultados de los ajustes de funciones de distribución realizadas en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, a los datos de la tabla 1.20, se muestran en el cuadro 3.4.

<b>CUADRO 3.4 AJUSTE DE FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN - PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 h.</b>										
<b>“ESTUDIO INTEGRAL PARA MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA DEL VALLE DE MÉXICO”</b>										
<b>ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>PERIODO DE RETORNO</b>								<b>E.E.A</b>
		<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	
AMECAMECA	NORMAL	40.47	47.55	51.27	54.35	57.81	60.12	64.78	66.57	1.42
MANUEL A. CAMACHO	DOBLE GUMBEL	43.00	70.40	78.80	84.02	90.10	94.51	104.63	108.98	2.66
CHALCO	DOBLE GUMBEL	36.37	50.10	60.89	69.82	80.50	88.24	105.84	113.34	3.27
CHIMALHUACAN	LOG-NORMAL 3MV	37.96	46.47	51.62	56.29	62.04	66.19	75.45	79.38	2.72
COATEPEC DE LOS O.	NORMAL	38.61	46.46	50.59	54.00	57.83	60.39	65.56	67.55	1.38
LOS REYES LA PAZ	DOBLE GUMBEL	32.23	49.60	51.04	52.04	53.50	55.18	63.75	67.92	1.68
NEZAHUALCOYOTL	LOG-NORMAL 3MV	38.78	48.42	54.32	59.71	66.41	71.26	82.18	86.85	2.04
REPETIDORA DE TV	DOBLE GUMBEL	44.47	60.46	74.51	86.69	101.29	111.87	135.88	146.16	5.50
SAN LUIS AMECA II	DOBLE GUMBEL	45.49	62.60	67.89	72.02	77.17	81.11	90.89	95.46	2.18
SAN RAFAEL	GAMMA2M	53.58	64.76	71.17	76.79	83.39	88.08	97.74	102.29	2.12
TLAHUAC	LOG-NORMAL 3MV	38.75	49.31	55.88	61.95	69.57	75.14	87.81	93.28	1.36

Comparando los resultados del cuadro 3.3 con el 3.4, se observa que en cuatro de las once estaciones se logra un ajuste con un error estándar menor, esas estaciones son; Manuel Ávila Camacho, Chalco, Chimalhuacán y Coatepec de los Olivos. En el cuadro 3.5 se muestran las diferencias en porcentaje, teniendo como base de comparación los datos del cuadro 3.4.

CUADRO 3.5 DIFERENCIAS EN PORCENTAJE % DE LOS AJUSTES HECHOS A LOS DATOS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 H.								
ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA	PERIODO DE RETORNO							
	2	5	10	20	50	100	500	1000
AMECAMECA	2.00	16.91	27.21	37.20	50.30	60.26	83.90	94.40
MANUEL AVILA CAMACHO	4.17	26.64	20.82	12.67	3.69	-1.91	-12.17	-15.79
CHALCO	14.53	-4.90	4.39	6.45	7.76	9.01	13.69	16.26
CHIMALHUACAN	-26.15	-25.17	-25.98	-21.94	-17.09	-14.36	-11.02	-10.54
COATEPEC DE LOS O.	15.01	3.97	-7.29	-13.42	-18.39	-20.89	-24.49	-25.43
LOS REYES LA PAZ	-9.25	-10.79	-8.56	-6.88	-5.57	-5.19	-5.59	-6.08
NEZAHUALCOYOTL	6.98	7.55	8.83	10.37	12.57	14.23	17.89	19.29
REPETIDORA DE TV	-4.92	-7.04	-9.95	-13.09	-17.20	-20.13	-26.30	-28.66
SAN LUIS AMECA II	23.92	11.33	7.97	7.15	9.03	12.24	22.69	27.56
SAN RAFAEL	-32.64	-4.10	-6.56	-10.06	-15.15	-18.59	-20.74	-21.18
TLAHUAC	18.04	-3.78	4.60	12.14	20.07	23.74	20.30	17.73

Analizando en forma individual los resultados de cada estación, se observa que las diferencias son significativas en algunas estaciones, pero es conveniente calcular la precipitación media en las cuencas mediante los polígonos de Thiessen, para estimar la diferencia real en las precipitaciones de diseño. En el cuadro 3.6 se muestran los resultados calculados con datos del cuadro 3.3.

CUADRO 3.6 LLUVIAS MEDIAS EN LAS CUENCAS ( $hp_{Tr}^{24h}$ )									
CON AJUSTES DE OTRAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN -TESIS									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (mm)	5 (mm)	10 (mm)	20 (mm)	50 (mm)	100 (mm)	500 (mm)	1,000 (mm)
R. SAN RAFAEL	293.50	52.83	65.99	75.22	81.56	89.18	94.92	108.91	115.26
R. SAN FRANCISCO	131.42	47.09	56.01	62.62	67.09	72.98	77.92	91.00	97.07
C. DE LA COMPAÑÍA	101.17	40.41	50.44	55.64	60.37	66.33	70.76	80.94	85.32
R. DE LA COMPAÑÍA	526.09	49.15	60.75	68.73	74.35	81.26	86.58	97.72	105.68

Con datos del cuadro 3.4 que representa a las precipitaciones obtenidas en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, se calcularon las precipitaciones medias en cada cuenca aplicando el método de los polígonos de Thiessen, lo resultados se muestran en el cuadro 3.7.

CUADRO 3.7 LLUVIAS MEDIAS EN LAS CUENCAS ( $hp_{Tr}^{24h}$ )									
"ESTUDIO INTEGRAL PARA MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA DEL VALLE DE MÉXICO"									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (mm)	5 (mm)	10 (mm)	20 (mm)	50 (mm)	100 (mm)	500 (mm)	1,000 (mm)
R. SAN RAFAEL	293.50	45.98	63.39	71.45	77.67	85.03	90.34	102.09	107.30
R. SAN FRANCISCO	131.42	39.4	53.78	60.36	65.32	71.07	75.13	84.03	87.73
C. DE LA COMPAÑÍA	101.17	35.18	49.52	56.13	61.62	68.32	73.39	86.63	92.46
R. DE LA COMPAÑÍA	526.09	42.38	58.65	65.97	71.64	78.35	83.21	94.33	99.20

Comparando los resultados de los cuadros 3.6 y 3.7, tomando como base los datos del cuadro 3.7 se obtuvo las diferencias en porcentaje que se muestran en el cuadro 3.8, en la cual se puede observar que no son muy significativas sobre todo para la cuenca del Canal de la Compañía.

CUADRO 3.8 DIFERENCIA EN % DE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS								
CUENCA HIDROLÓGICA	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
	2 (%)	5 (%)	10 (%)	20 (%)	50 (%)	100 (%)	500 (%)	1,000 (%)
R. SAN RAFAEL	14.90	4.10	5.28	5.01	4.88	5.07	6.68	7.42
R. SAN FRANCISCO	-25.42	-18.50	-19.76	-19.91	-20.31	-20.85	-22.84	-23.89
C. DE LA COMPAÑÍA	19.52	4.15	3.74	2.71	2.69	3.71	8.29	10.65
R. DE LA COMPAÑÍA	-25.29	-11.59	-10.36	-8.15	-6.39	-5.81	-4.80	-4.75

### 3.6 Ajustes de Funciones de Distribución de Probabilidad a los registros de Gastos Máximos Anuales.

Se aplicaron a los registros de Gastos máximos anuales de las estaciones hidrométricas San Marcos, San Lucas y Los Reyes la Paz (tabla 1.23), los análisis de las funciones de distribución como; General de Valores extremos (GVE), Log Pearson III, General de Valores Extremos Mixta (GVE mixta), Gumbel GVE, TCEV y Gumbel Mixta. Por otra parte, también se consideraran dentro de los análisis para su ajuste, además de los métodos de Momentos y Máxima Verosimilitud, los de Momentos de Probabilidad Pesada, Momentos L, Momentos Método Directo, Momentos Método Indirecto y Máxima Entropía, tal como se analizaron las precipitaciones máximas en 24 horas. Los resultados se muestran en las tablas 3.18 a 3.20, y en el cuadro 3.9 el resumen con las funciones de distribución con mejor ajuste o de menor valor del error estándar.

CUADRO 3.9 RESUMEN DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN A LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS ANALIZADAS										
ESTACIÓN HIDROMÉTRICA	FUNCIÓN	PERIODO DE RETORNO								E.E.A
		2	5	10	20	50	100	500	1000	
SAN MARCOS	GAMA3MPP	15.87	27.45	35.21	42.58	52.01	58.99	74.94	81.75	1.64
SAN LUCAS	GUMB-MIX	3.66	6.16	9.66	11.76	13.84	15.27	18.46	19.82	0.48
LOS REYES LA PAZ	GUMB-MIX	3.12	5.21	5.76	6.23	6.81	7.23	8.21	8.63	0.24

Por otra parte, en el cuadro 3.10 se muestran los resultados de los ajustes obtenidos en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”.

CUADRO 3.10 RESULTADO DEL AJUSTE DE FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN “ESTUDIO INTEGRAL PARA MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA DEL VALLE DE MÉXICO”										
ESTACIÓN HIDROMÉTRICA	FUNCIÓN	PERIODO DE RETORNO								E.E.A
		2	5	10	20	50	100	500	1000	
SAN MARCOS	GUMBEL	16.5	27.05	34.03	40.73	49.39	55.89	70.9	77.35	2.063
SAN LUCAS	DOBLE GUMBEL	3.50	7.19	10.15	12.05	14.23	15.80	19.36	20.88	0.56
LOS REYES LA PAZ										

Comparando los resultados de los cuadros 3.9 y 3.10, tomando como base los datos del cuadro 3.10 se obtuvieron las diferencias en porcentaje que se muestran en el cuadro 3.11, en el cual se puede observar que no son muy significativas.

CUADRO 3.11 DIFERENCIAS EN PORCENTAJE %									
ESTACIÓN HIDROMÉTRICA	PERIODO DE RETORNO								
	2	5	10	20	50	100	500	1000	
SAN MARCOS	-3.82	1.48	3.47	4.54	5.30	5.55	5.70	5.69	
SAN LUCAS	4.57	14.33	-4.83	-2.41	-2.74	-3.35	-4.65	-5.08	

## 4 APLICACIÓN DE MODELOS LLUVIA-ESCURRIMIENTO

Cuando no se tiene una estación hidrométrica en la cuenca en estudio, el gasto pico se puede determinar aplicando métodos indirectos, basados en modelos matemáticos y teorías de probabilidad y estadística. Existe una diversidad de métodos para este fin, dentro de ellos hay algunos que sugieren la aplicación de modelos lluvia-escorrimento. Para determinar cual de los métodos se aproxima mejor a la realidad, se analizarán las cuencas del río San Francisco y la del Río San Rafael con diferentes modelos, para posteriormente aplicarlo en forma independiente al análisis de los escurrimientos en la cuenca del Canal de la Compañía, debido a que las mediciones en la estación hidrométrica Los Reyes la Paz no son homogéneas y tampoco tiene los registros suficientes para poder confiar en los ajustes que de ella se hagan.

### 4.1 Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

El método fue desarrollado y propuesto por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, es apropiado para calcular el gasto pico de avenidas extraordinarias que ocurren en la cuenca del Valle de México, debido a que tiene su origen en numerosos análisis en los que se buscó encontrar la relación que existe entre la cantidad de agua que se precipita en una determinada subcuenca y los volúmenes de agua que realmente escurren por la estación hidrométrica que los mide.

El método consiste en determinar una altura de precipitación base, la cual está asociada a una duración de una hora y periodo de retorno de diez años ( $hp_{10\text{AÑOS}}^{1h}$ ). Se escogió el periodo de retorno de diez años, por que las estaciones climatológicas del Valle de México tienen diferentes longitudes de registro de lluvia, y principalmente por que la confiabilidad en la extrapolación se reduce para periodos de retorno mayores. La relación entre el registro de la precipitación máxima en 24 horas de una estación climatológica y una lluvia con duración de una hora es de 1.5.

CUADRO 4.1 FACTORES PARA OBTENER LA PRECIPITACIÓN DE DISEÑO (REF. 7)					
PARA LA DURACIÓN		PARA EL ÁREA DE LA CUENCA		PARA EL Tr	
DURACIÓN (hr)	FACTOR RECOMENDADO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	FACTOR RECOMENDADO	PERIODO (años)	FACTOR RECOMENDADO
0.50	0.79	1.00	1.00	2	0.67
1.00	1.00	10.00	0.98	5	0.88
2.00	1.20	20.00	0.96	10	1.00
8.00	1.48	50.00	0.92	25	1.15
24.00	1.50	100.00	0.88	50	1.25
		200.00	0.82	100	1.38
		500.00	0.70	500	1.64
				1,000	1.76

Nota: Para cualquier valor intermedio, su respectivo factor de ajuste se puede calcular por medio de una interpolación lineal

A partir de la precipitación base, se obtienen los eventos de diseño para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años, para lo cual la precipitación base



es afectada por tres factores que están relacionados con la duración de la tormenta, el área de la cuenca y el periodo de retorno. Tales factores se estimaron después de varios análisis, su finalidad es establecer una relación congruente entre la cantidad de agua precipitada y los volúmenes escurridos, su aplicación es parte de la bondad del método por lo que sus valores se han ordenado en un rango práctico, como se indica en el cuadro 4.1.

La aplicación del método es muy simple, pero se requiere calcular previamente algunos parámetros hidrológicos de la cuenca, como el área de aportación, la longitud y pendiente del cauce, el área urbanizada y no urbanizada de la cuenca. También es necesario calcular algunos parámetros de la avenida, tales como;

El tiempo de concentración  $t_c$ ,

$$t_c = 0.0003245 * \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77} \quad (4.1)$$

Donde:

- $t_c$  : Tiempo de concentración según Kirpich, en hr
- $L$  : Longitud del cauce principal, en m
- $S$  : Pendiente del cauce principal

La duración en exceso  $d_e$ .

$$d_e = 2 * (\sqrt{t_c}) \quad \text{Para cuencas grandes} \quad (4.2)$$

$$d_e = t_c \quad \text{Para cuencas pequeñas}$$

Donde:

- $d_e$  : Duración en exceso según el método del Hidrograma Unitario Triangular (HUT), en hr
- $t_c$  : Tiempo de concentración según Kirpich, en hr

El tiempo de retraso  $t_r$ ,

$$t_r = 0.6 * (t_c) \quad (4.3)$$

Donde:

- $t_r$  : Tiempo de retraso según el USBR, en hr
- $t_c$  : Tiempo de concentración según Kirpich, en hr

El tiempo de pico  $t_p$  y el tiempo base  $t_b$ .

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r \quad (4.4)$$

$$t_b = 2.67 * t_p \quad (4.5)$$

Donde:

- $t_p$  : Tiempo pico según el método del HUT, en hr
- $d_e$  : Duración en exceso según método del HUT, en hr
- $t_r$  : Tiempo de retraso según el USBR, en hr
- $t_b$  : Tiempo de base

El coeficiente de escurrimiento regional  $C_e$ .

$$C_e = \left[ \frac{C_{nu} * A_{nu}}{A_t} \right] + \left[ \frac{0.45 I_u * A_u}{A_t} \right] \quad (4.6)$$

Donde:

- $C_e$  : Coeficiente de escurrimiento del terreno natural
- $C_{nu}$  : Coeficiente de escurrimiento en zona no urbanizada
- $A_{nu}$  : Área de zona no urbanizada, en  $km^2$
- $I_u$  : Índice de urbanización (0.60 – 1.00)
- $A_u$  : Área urbanizada, en  $km^2$
- $A_t$  : Área total de la cuenca en estudio, en  $km^2$

La altura de precipitación en exceso  $h_{pe}$ .

$$h_{pe} = C_e * h_{p_{max}} \quad (4.7)$$

Donde:

- $h_{pe}$  : Precipitación en exceso, en mm
- $C_e$  : Coeficiente de escurrimiento
- $h_{p_{max}}$  : Precipitación de diseño, en mm

El gasto pico unitario  $q_p$ .

$$q_p = \left[ \frac{0.555 * A_t}{t_b} \right] \quad (4.8)$$

Donde:

- $q_p$  : Gasto pico unitario, en  $m^3/s/mm$
- $A_t$  : Área total de la cuenca en estudio, en  $km^2$
- $t_b$  : Tiempo base, en hr

El gasto pico de la avenida de diseño  $Q_p$ .

$$Q_p = q_p * h_{pe} \quad (4.9)$$

Donde:

- Qp : Gasto pico de la avenida de diseño, en m<sup>3</sup>/s
- q<sub>p</sub> : Gasto pico unitario, en m<sup>3</sup>/s/mm
- hpe : Precipitación en exceso, en mm

**Procedimiento de cálculo.-** Para ejemplificar la aplicación de este método, se realizarán los cálculos de los eventos de diseño para la subcuenca del río San Francisco. Los datos básicos son:

Área total de la cuenca de aportación A<sub>t</sub> = 131.42 km<sup>2</sup>

Porcentaje de área de zona no urbanizada = 80 %

Porcentaje de área urbanizada = 20%

Área no urbanizada Anu = 105.14 km<sup>2</sup>

Área urbanizada Au = 26.28 km<sup>2</sup>

Longitud del cauce principal L = 22.80 km

Pendiente media del cauce principal S = 0.02234

Índice de urbanización Iu = 0.80

Coefficiente de escurrimiento para el área no urbanizada Cnu = 0.15

Se aplicó el método de los polígonos de Thiessen para calcular la precipitación promedio de la cuenca, con valores resultantes de los ajustes de las funciones de distribución a los datos de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones climatológicas que tienen influencia en la zona, para un periodo de retorno de diez años (Datos obtenidos del proyecto "Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México").

$$hp_{Tr=10}^{24hr} = 60.36 \text{ mm}$$

La precipitación base o precipitación con duración de una hora y periodo de retorno de diez años resulta.

$$hp_{Tr=10}^{1hr} = \frac{60.36}{1.5} = 40.24 \text{ mm}$$

Para determinar la precipitación máxima o de diseño, es necesario afectar la precipitación base con los coeficientes de ajuste del cuadro 4.1, por duración de la tormenta, por área de la cuenca y por periodo de retorno. Para obtener el valor del factor de ajuste por duración, es necesario antes calcular el tiempo de concentración (t<sub>c</sub>) con la ecuación 4.1.

$$t_c = 0.0003245 * \left( \frac{22800}{\sqrt{0.02234}} \right)^{0.77} = 3.18 \text{ hr}$$

Se sugiere que t<sub>c</sub> = 3.5 horas, y que se considere que la duración de la tormenta (d<sub>t</sub>) es igual al tiempo de concentración (t<sub>c</sub>). Con lo cual, del cuadro 4.1 el factor de ajuste por duración es de 1.27. El área de la cuenca es de 131.42 km<sup>2</sup>, por lo tanto el factor de

ajuste por área resulta de 0.90, para un periodo de retorno de dos años el factor de ajuste es de 0.67, por lo que la precipitación máxima de diseño resulta.

$$hp_{\max} = 40.24 * 1.27 * 0.90 * 0.67 = 30.81\text{mm}$$

La altura de precipitación de diseño, correspondiente a otros periodos de retorno, se muestra en el cuadro 4.2.

CUADRO 4.2 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO	
Tr	hp <sub>max</sub> (mm)
2	30.81
5	40.47
10	45.99
20	50.59
50	57.49
100	63.47
500	75.42
1000	80.94

Una vez calculada la precipitación de diseño para los periodos de retorno propuestos, lo siguiente consiste en convertir la lámina de lluvia en escurrimiento, para lo cual es necesario calcular el coeficiente de escurrimiento Ce y el gasto pico unitario q<sub>p</sub>, que se determinan con las ecuaciones 4.6 y 4.7. Los coeficientes Cnu e lu se obtuvieron con base en la experiencia del Instituto de Ingeniería de la UNAM de estudios realizados en la cuenca del Valle de México, considerando para la zona valores conservadores de 0.15 y 0.80 respectivamente. Las áreas Anu y Au se obtuvieron de cartas de uso de suelo de escala 1:250,000 y con apoyo de observaciones hechas durante las visitas de campo.

Sustituyendo valores en las ecuaciones 4.6, se obtiene el valor del coeficiente de escurrimiento Ce.

$$Ce = \left( \frac{0.15 * 105.14}{131.42} \right) + \left( \frac{0.45 * 0.80 * 26.28}{131.42} \right) = 0.19$$

Antes de calcular el gasto de pico unitario q<sub>p</sub> y el gasto de pico de la avenida de diseño Q<sub>p</sub>, es necesario determinar la duración en exceso d<sub>e</sub>, el tiempo de retraso t<sub>r</sub>, el tiempo de pico t<sub>p</sub> y el tiempo base t<sub>b</sub>. Sustituyendo valores en las ecuaciones 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 se obtiene:

$$d_e = 2 * \sqrt{3.5} = 3.74\text{hr} , \text{ se sugiere } 4.0 \text{ hr}$$

$$t_r = 0.6 * 3.5 = 2.1\text{hr} , \text{ se sugiere } 2.5 \text{ horas}$$

$$t_p = \frac{4}{2} + 2.5 = 4.50 \text{hr}$$

$$t_b = 2.67 * 4.50 = 12.01 \text{hr}, \text{ se sugiere } 12.50 \text{ hr.}$$

$$h_{pe} = 0.19 * 30.81 = 5.85 \text{mm}$$

$$q_p = \frac{0.555 * 131.42}{12.50} = 5.83 \text{m}^3 / \text{s} / \text{mm}$$

$$Q_p = 5.83 * 5.85 = 34.13 \text{m}^3 / \text{s}$$

Finalmente, el gasto pico de las avenidas de diseño, para los diferentes periodos de retorno, se muestra en el cuadro 4.3.

CUADRO 4.3 GASTO PICO PARA LAS AVENIDAS DE DISEÑO	
Tr	Qp(m <sup>3</sup> /s)
2	34.13
5	44.91
10	51.03
20	56.13
50	63.79
100	70.42
500	83.69
1000	89.81

En la tabla 4.1 se muestra la memoria de cálculo para la subcuenca del río San Rafael, mientras que en el cuadro 4.4 el resumen de los gastos de pico de las avenidas de diseño para las cuencas del río San Rafael y San Francisco, que corresponden a los obtenidos en proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”.

CUADRO 4.4 EVENTOS DE DISEÑO OBTENIDOS CON EL MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM									
CUENCA HIDROLÓGICA	AREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
R. SAN RAFAEL	293.50	69.71	91.56	104.05	114.45	130.06	143.59	170.64	183.12
R. SAN FRANCISCO	131.42	34.13	44.91	51.03	56.13	63.79	70.42	83.69	89.81

Se aplico nuevamente el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, pero considerando ahora los resultados de los ajustes realizados a los datos de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones climatológicas del cuadro 3.3 para un periodo de retorno de diez años. Se obtuvieron las precipitaciones promedio

en las subcuencas, utilizando el método de los polígonos de Thiessen, ya que es el dato de partida. En las tablas 4.2 y 4.3 se muestran los cálculos de la precipitación promedio en las cuencas del río San Rafael y San Francisco. En las tablas 4.4 y 4.5 se muestran las memorias de cálculo correspondientes a los gastos pico de las avenidas de diseño para las subcuencas, y en el cuadro 4.5 un resumen.

CUADRO 4.5 EVENTOS DE DISEÑO OBTENIDOS CON EL MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
R. SAN RAFAEL	293.50	73.39	96.39	109.54	120.49	136.92	151.16	179.64	192.79
R. SAN FRANCISCO	131.42	33.44	43.92	49.91	54.90	62.38	68.87	81.84	87.83

Comparando los resultados del cuadro 4.4 y 4.5 se puede observar que la diferencia en los gastos no es muy significativa. Los resultados obtenidos mediante los ajustes de funciones de distribución a los registros de gastos de las estaciones hidrométricas (Cuadro 3.9), para un periodo de retorno de 1000 años, los gastos correspondientes a las estaciones hidrométricas San Marcos y San Lucas son 81.75 m<sup>3</sup>/s y 19.82 m<sup>3</sup>/s, si se comparan con los del cuadro 4.5, los errores son de 7.44% para la cuenca del río San Francisco y de más del 200% para la cuenca del río San Rafael, lo cual nos indica que la utilización de este método es muy conservador para esta última cuenca.

## 4.2 Correlación y Regresión Múltiple

Este método es utilizado para obtener una ecuación con la que se puedan predecir los valores de eventos hidrológicos, como los gastos máximos para diferentes periodos de retorno en cuencas con escasa o nula información. La ecuación queda determinada por las características fisiográficas, hidrográficas y climáticas que predominan en la superficie de una cuenca hidrológica, siendo estas las variables independientes, básicamente definidas por un modelo de regresión como el de la ecuación 4.10.

$$Y = b_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2} + \dots + X_m^{b_m} \quad (4.10)$$

En su forma lineal queda como.

$$\ln(Y) = \ln(b_0) + b_1 \ln(X_1) + b_2 \ln(X_2) + \dots + b_m \ln(X_m) \quad (4.11)$$

Para facilitar la aplicación del método, es necesario proceder como se indica a continuación:

1. Se deberá verificar si las cuencas hidrológicas de interés pertenecen a una región meteorológicamente homogénea. Para verificar la homogeneidad de una región se utiliza la técnica orográfica, la cual consiste en elegir las estaciones hidrométricas que tienen los más altos coeficientes de correlación, obtenidos al ver la relación

que existe entre los registros de dos o más estaciones.

2. Una vez elegidas las estaciones hidrométricas que habrán de utilizarse, se procede a calcular los estadísticos muestrales de cada estación elegida.
3. A continuación, se hace el ajuste estadístico de gastos máximos anuales, para los diferentes periodos de retorno considerados (2, 10, 20, 50, 100, 500 y 1,000 años), utilizando la función de probabilidades Gumbel.
4. El siguiente proceso consiste en formar un sistema lineal de ecuaciones con los datos fisiográficos característicos de la cuenca hidrológica de cada estación, para un mismo periodo de retorno. En el sistema formado debe existir un número de estaciones mayor que características fisiográficas de las subcuencas.
5. Enseguida, se resuelve el sistema lineal de ecuaciones con lo que se obtiene los coeficientes  $b_0, b_1 \dots b_m$ .
6. Con los coeficientes  $(b_0, b_1 \dots b_m)$  se obtiene la ecuación de regresión.

$$\ln(Q_{Tr}) = \ln(b_0) + b_1 \ln(X_1) + b_2 \ln(X_2) + \dots + b_m \ln(X_m) \quad (4.12)$$

**Aplicación del procedimiento.-** En toda su extensión, la cuenca del río de La Compañía cuenta con tres estaciones hidrométricas, pero como ya se mencionó se observa cierta incongruencia en los valores medidos en la estación Los Reyes, además de contar con un periodo de registro corto. Por lo anterior, para la aplicación de esta técnica sólo se utilizaron los registros de las estaciones San Lucas y San Marcos, sin embargo, dado que el método sugiere el uso de al menos tres estaciones localizadas dentro de la cuenca general de las corrientes en estudio, se decidió tomar en cuenta estaciones localizadas en cuencas vecinas, para así poder valorar la correlación con un mínimo de cuatro estaciones.

Después de numerosos análisis de correlación (tabla 4.6) se determinó que para la cuenca del río San Rafael las estaciones hidrométricas a utilizar son, además de San Lucas, las de Atenco, San Andrés y La Grande, en virtud de que con éstas se obtuvieron los coeficientes de correlación más altos (0.1500, 0.1473 y 0.2152). Con el mismo criterio, para la cuenca del río San Francisco las estaciones hidrométricas a utilizar son, además de San Marcos, las de San Andrés, La Grande y Atenco, con coeficientes de correlación 0.5636, 0.4699 y 0.4600 respectivamente.

Se realizaron los cálculos para aplicar la técnica de correlación y regresión múltiple a la cuenca del río San Rafael. Los datos básicos, son las características fisiográficas de las cuencas auxiliares mostradas en el cuadro 4.6 y los registros de gastos máximos de las estaciones hidrométricas que se muestran en el cuadro 4.7.

CUADRO 4.6 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS			
ESTACIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PENDIENTE	LONGITUD km
SAN LUCAS	293.50	0.016870	32.41
SAN ANDRÉS	64.80	0.015668	28.15
LA GRANDE	202.60	0.011093	38.25
ATENCO	54.00	0.105440	25.50

<b>CUADRO 4.7 GASTOS MÁXIMOS ANUALES</b>					
<b>AÑOS</b>	<b>ATENCO</b>	<b>LA GRANDE</b>	<b>SAN ANDRÉS</b>	<b>SAN LUCAS</b>	<b>SAN MARCOS</b>
1963	9.60	43.70	38.40	2.43	30.60
1964	8.40	71.00	32.30	1.91	21.90
1965	10.70	75.60	54.90	2.72	30.10
1966	8.40	88.50	28.40	2.50	43.90
1967	7.30	54.60	31.70	1.88	21.17
1968	7.90	60.00	32.70	2.36	14.93
1969	7.70	55.90	38.00	3.02	22.28
1970	5.20	43.50	22.70	3.42	18.48
1971	12.00	54.70	22.00	3.94	15.61
1972	12.50	49.00	36.80	4.05	17.51
1973	27.50	49.40	31.00	1.34	35.20
1974	7.90	39.00	29.30	5.28	7.17
1975	9.60	72.10	15.40	4.50	17.34
1976	6.10	43.30	26.30	11.86	25.56
1977	5.00	25.40	19.80	12.50	18.42
1978	8.10	39.80	24.80	14.44	5.00
1979	5.70	33.90	24.40	5.45	11.13
1980	4.30	31.70	15.20	7.00	31.80
1981	14.00	43.00	34.80	2.84	30.95
1982	9.20	37.30	3.90	3.48	6.74
1983	1.50	24.60	12.80	3.96	27.84
1984	5.00	44.30	22.30	9.04	7.29
1985	9.50	17.40	26.00	8.64	22.93
1986	7.30	48.00	21.50	1.41	13.71
1987	12.00	35.30	13.90	3.52	12.02
1988	4.90	59.80	5.40	2.88	14.01
1989	3.90	10.10	9.50	1.24	2.50
1990	1.20	17.60	1.70	1.04	8.56
1991	3.20	3.10	13.80	3.60	10.27
1992	4.60	7.10	2.10	3.99	9.11
1993	3.92	2.47	2.81	5.38	14.76
1994	13.20	2.60	2.90	4.40	56.10
1995	5.40	4.06	3.44	5.93	12.60
1996	7.96	39.03	21.90	5.81	5.28
1997	0.96	5.57	1.34	1.45	3.37
<b>MEDIA</b>	<b>7.76</b>	<b>38.07</b>	<b>20.69</b>	<b>4.55</b>	<b>18.46</b>
<b>DESV. ST</b>	<b>4.80</b>	<b>22.67</b>	<b>13.12</b>	<b>3.26</b>	<b>11.93</b>
<b>PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN GUMBEL</b>					
$\mu$	<b>5.60</b>	<b>27.87</b>	<b>14.79</b>	<b>3.08</b>	<b>13.09</b>
$\alpha$	<b>3.74</b>	<b>17.68</b>	<b>10.23</b>	<b>2.54</b>	<b>9.31</b>



A los datos del cuadro 4.7 se le ajusto la función de distribución Gumbel cuyo parámetro de ubicación  $\mu$  y de escala  $\alpha$  se muestran en los dos últimos renglones. Por lo tanto, para obtener los eventos de diseño para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años se utiliza la ecuación 4.13.

$$Q_{Tr} = \mu - \alpha * \ln\left(-\left(\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)\right) \quad (4.13)$$

Para obtener la ecuación de regresión, que relaciona las características fisiográficas con los gastos para un cierto periodo de retorno, el cual se considera de dos años para los cálculos.

Los gastos para cada estación, resultan al sustituir los datos del cuadro 4.7 en la ecuación 4.13.

$$Q_{Tr=2} = 5.60 - 3.74 * \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{2}\right)\right) = 6.9707 \text{ Atenco}$$

$$Q_{Tr=2} = 27.87 - 17.68 * \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{2}\right)\right) = 34.3499 \text{ La Grande}$$

$$Q_{Tr=2} = 14.79 - 10.23 * \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{2}\right)\right) = 18.5394 \text{ San Andrés}$$

$$Q_{Tr=2} = 3.08 - 2.54 * \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{2}\right)\right) = 4.0109 \text{ San Lucas}$$

Sacando logaritmos naturales a los parámetros fisiográficos del cuadro 4.6 y a los gastos con periodo de retorno de dos años calculados en el párrafo anterior, estos valores se sustituyen en la ecuación 4.11 para obtener el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\ln(b_0) + 3.9889b_1 - 2.2496b_2 + 3.2386b_3 = 1.9417$$

$$\ln(b_0) + 5.3112b_1 - 4.5014b_2 + 3.6441b_3 = 3.5365$$

$$\ln(b_0) + 4.1713b_1 - 4.1561b_2 + 3.3375b_3 = 2.9198$$

$$\ln(b_0) + 5.6818b_1 - 4.0822b_2 + 3.4784b_3 = 1.3890$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, se tiene:

$$\ln(b_0) = -18.5527$$

$$b_1 = -1.7797$$

$$b_2 = -0.2503$$

$$b_3 = 8.3463$$

El gasto para un periodo de retorno de dos años en la estación con escasa información, se calcula sustituyendo los valores anteriores y los datos del área A, pendiente S y longitud L de dicha estación en la ecuación 4.12, resultando:

$$\ln(Q_{Tr=2}) = -18.5527 - 1.7797 \cdot \ln(293.50) - 0.2503 \cdot \ln(0.016870) + 8.3463 \cdot \ln(32.4) = 1.3882$$

$$Q_{Tr=2} = 4.0079 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para obtener los gastos con periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 100 años, se procede de la misma forma. En la tabla 4.7 se presentan los datos base y cálculos necesarios para aplicar esta técnica, y en las tablas 4.8 y 4.9 los gastos pico de las avenidas de diseño para las cuencas del río San Rafael y río San Francisco. Finalmente, el resumen de los gastos calculados para las cuencas analizadas se muestra en el cuadro 4.8.

<b>CUADRO 4.8 EVENTOS DE DISEÑO OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN PARA EL CASO DE ESCASA INFORMACIÓN</b>									
CUENCA HIDROLOGICA	AREA CUEN. (km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
R. SAN RAFAEL	293.50	4.00	6.71	8.62	10.43	12.74	14.51	18.63	20.39
R. SAN FRANCISCO	131.42	16.41	27.06	34.08	40.80	49.33	55.62	70.70	74.11

Los resultados de la aplicación del modelo de correlación múltiple del cuadro 4.8 son muy similares a los obtenidos con los ajustes de gastos máximos del Cuadro 3.9. Los gastos con periodo de retorno de 1000 años para las cuencas del río San Rafael y San Francisco son 19.82 m<sup>3</sup>/s y 81.75 m<sup>3</sup>/s respectivamente, para estas mismas cuencas, los gastos del cuadro 4.8 son 20.39 m<sup>3</sup>/s y 74.11 m<sup>3</sup>/s, por lo tanto, los errores son bajos de 2.87 % y -9.35%. Lo cual se explica por que se utilizan los datos de las estaciones San Lucas y San Marcos para obtener los valores de los coeficientes b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub>. Posteriormente se vuelven a utilizar los valores de los datos fisiográficos de las cuencas de los ríos San Lucas y San Marcos para obtener las ecuaciones de regresión. Con los resultados del cuadro 4.8 se corrobora que esta técnica es muy útil para obtener parámetros de diseño en cuencas con escasa información.

Para el caso de nula información se aplicará la técnica de correlación y regresión múltiple para determinar los parámetros de ubicación y escala para la estación San Lucas considerada con nula información, con los datos de las estaciones San Andrés, La Grande y Atenco, y para obtener la ecuación de regresión se utilizarán las características fisiográficas de la estación San Lucas, se realizaran los cálculos para obtener los parámetros de ubicación  $\mu$  y de escala  $\alpha$  de la función Gumbel.

Sustituyendo datos del cuadro 4.6 y 4.7 en la ecuación 4.11, considerando el área A y la pendiente S como los parámetros fisiográficos, se tiene el siguiente sistema de ecuaciones para el parámetro de ubicación  $\mu$ .

Haciendo  $a = \ln(b_0)$

$$a + 4.1713b_1 - 4.1561b_2 = 2.6939$$

$$a + 5.3112b_1 - 4.5014b_2 = 3.3275$$

$$a + 3.9889b_1 - 2.2496b_2 = 1.7227$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, resulta:

$$a = -0.9837$$

$$b_1 = 0.4135$$

$$b_2 = -0.4699$$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación de regresión 4.12, se tiene:

$$\ln(\mu) = -0.9837 + 0.4135 * \ln(293.50) - 0.4669 * \ln(0.016870) = 3.2717$$

$$\mu = 26.3561$$

Sustituyendo datos del cuadro 4.6 y 4.7 en la ecuación 4.11, considerando el área A y la pendiente S como los parámetros fisiográficos, se tiene el siguiente sistema de ecuaciones para el parámetro de escala  $\alpha$ .

$$a + 4.1713b_1 - 4.1561b_2 = 2.3253$$

$$a + 5.3112b_1 - 4.5014b_2 = 2.8724$$

$$a + 3.9889b_1 - 2.2496b_2 = 1.3191$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, resulta:

$$a = -1.1121$$

$$b_1 = 0.3296$$

$$b_2 = -0.4962$$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación de regresión 4.12, se tiene:

$$\ln(\alpha) = -1.1121 + 0.3296 * \ln(293.50) - 0.4962 * \ln(0.016870) = 2.7862$$

$$\alpha = 16.2199$$

Con los valores de los parámetros de ubicación  $\mu$  y de escala  $\alpha$ , se sustituyen en la ecuación 4.13 para obtener los eventos de diseño que se muestran en el cuadro 4.9.

<b>CUADRO 4.9 GASTO PICO PARA LAS AVENIDAS DE DISEÑO (SAN LUCAS)</b>	
Tr	Qp(m <sup>3</sup> /s)
2	32.30
5	50.68
10	62.85
20	74.53
50	89.64
100	100.97
500	127.14
1000	138.39

Se realizaron otros cálculos para obtener los parámetros de ubicación y de escala considerando diferentes combinaciones de los parámetros fisiográficos, como son: la pendiente S, la longitud L y el área A. Los resultados de los cálculos se muestran en la tabla 4.10 para la cuenca del río San Rafael (estación San Lucas) y en la tabla 4.11 para la cuenca del río San Francisco (estación San Marcos). De las cuatro combinaciones para la cuenca de río San Rafael (San Lucas), se selecciono la combinación pendiente S y longitud L con sus respectivos valores para los parámetros de ubicación  $\mu$  y de escala  $\alpha$ . Para la cuenca del río San Francisco (San Marcos), se selecciono la combinación área A y pendiente S con sus respectivos valores para los parámetros de ubicación  $\mu$  y de escala  $\alpha$ . El resumen de los gastos pico de los eventos de diseño para ambas cuencas se muestran en el cuadro 4.10.

<b>CUADRO 4.10 EVENTOS DE DISEÑO OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN PARA EL CASO DE NULA INFORMACIÓN</b>									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
<b>R. SAN RAFAEL</b>	<b>293.50</b>	<b>22.18</b>	<b>35.54</b>	<b>44.39</b>	<b>52.88</b>	<b>63.87</b>	<b>72.10</b>	<b>91.13</b>	<b>99.31</b>
<b>R. SAN FRANCISCO</b>	<b>131.42</b>	<b>20.74</b>	<b>33.02</b>	<b>41.15</b>	<b>48.95</b>	<b>59.04</b>	<b>66.60</b>	<b>84.08</b>	<b>91.60</b>

Si se comparan los gastos para un periodo de retorno de 1000 años, del Cuadro 3.9 se tienen 19.82 m<sup>3</sup>/s y 81.75 m<sup>3</sup>/s para San Lucas y San Marcos, contra 99.31 m<sup>3</sup>/s y 91.60 m<sup>3</sup>/s también para San Lucas y San Marcos del cuadro 4.10, por lo tanto, los errores resultan de más del trescientos por ciento para la cuenca del río San Rafael y del 12.04% para la del río San Francisco. Se puede concluir que esto se debe a la baja correlación que existe entre los datos registrados en las cuencas auxiliares utilizadas (San Andrés, La Grande y Atenco) y los registros de la estación San Lucas.

### 4.3 Estaciones-Año

La técnica de estaciones años es un método de regionalización en el cual los datos de los gastos máximos anuales de sitios cercanos a la cuenca en estudio son utilizados sin ser modificados, esto con el fin de obtener el periodo más grande para realizar un análisis de frecuencia, dado que cuando se utiliza un periodo común se eliminan muchos datos medidos. Esta técnica utiliza el registro completo de datos de cada estación no importando el periodo de tiempo disponible.

El procedimiento es el siguiente:

1. Se verifica si las cuencas hidrológicas de interés pertenecen a una región meteorológicamente homogénea.
2. Una vez elegidas las estaciones hidrométricas que habrán de utilizarse, se procede a calcular los estadísticos muestrales de cada estación.
3. Posteriormente se procede a modular las muestras, lo cual consiste en dividir los gastos máximos anuales de cada estación entre el gasto medio anual de la misma, para lo cual si  $Q_i^m$  representa el i-ésimo gasto máximo anual de la muestra de datos y  $\bar{Q}_m$  representa el gasto medio anual en todo el periodo de datos de la estación hidrométrica, entonces:

$$\begin{array}{ccc} \frac{Q_1^1}{\bar{Q}_1} & \frac{Q_1^2}{\bar{Q}_2} \dots \frac{Q_1^m}{\bar{Q}_m} & \\ \frac{Q_2^1}{\bar{Q}_1} & \frac{Q_2^2}{\bar{Q}_2} \dots \frac{Q_2^m}{\bar{Q}_m} & \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{Q_n^1}{\bar{Q}_1} & \frac{Q_n^2}{\bar{Q}_2} \dots \frac{Q_n^m}{\bar{Q}_m} & \end{array}$$

Donde:

- i : i-ésimo gasto máximo anual de la estación m
- m : Número asignado a la estación hidrométrica
- n : Tamaño de la muestra

4. El siguiente paso consiste en crear el registro de estaciones años, para lo cual se agrupan todos los valores en un solo archivo.
5. A continuación se busca la función de distribución que mejor se ajuste a los datos.
6. Una vez que ha hecho el ajuste, se encuentran, para los periodos de retorno elegidos, los valores de  $(Q_{Tr})_R$
7. A datos de las estaciones auxiliares como el área de la cuenca A y el gasto medio  $\bar{Q}_i$  se les ajusta una ecuación de tipo polinomial, logarítmica, exponencial o potencial, para obtener una ecuación de regresión en la cual se sustituye el área de

la cuenca con escasa o nula información para obtener el gasto medio  $\bar{Q}_R$  regional.

8. Finalmente para obtener los gastos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años para la estación con escasa o nula información se utiliza la ecuación 4.14

$$Q_{Tr}^E = \bar{Q}_R * (Q_{Tr})_R \quad (4.14)$$

Donde:

- $Q_{Tr}^E$  : Gasto en la cuenca con escasa o nula información para un  $Tr$ , en  $m^3/s$
- $\bar{Q}_R$  : Gasto medio regional, en  $m^3/s$
- $(Q_{Tr})_R$  : Gasto regional para un periodo de retorno  $Tr$ , en  $m^3/s$
- $Tr$  : Periodo de retorno para el cual se quiere conocer el gasto, en años

Para ejemplificar la aplicación de este método, se presentan los cálculos tal como se realizaron en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México” para la cuenca del río San Rafael, la cual se considero con escasa información.

Se utilizan los datos de las estaciones; Atenco, La Grande, San Andrés y San Lucas del cuadro 4.7, los cuales se modularon dividiéndolos por su gasto medio, los datos modulados se muestran en el cuadro 4.11.

Con los datos del cuadro 4.11 se forma una sola muestra, a la cual se le ajusta una función de distribución de probabilidades Gumbel por momentos, cuyo parámetro de ubicación  $\mu$  resultó de 0.714 y el de escala  $\alpha$  de 4.4957, por lo tanto, para obtener los gastos regionales para un determinado periodo de retorno  $(Q_{Tr})_R$ , se utiliza la ecuación 4.13, los resultados se muestran en el cuadro 4.12.

El siguiente paso consiste en encontrar el gasto medio regional  $\bar{Q}_R$ , el cual se obtiene al realizar un ajuste de tipo exponencial a los datos del área de la cuenca  $A$  y el gasto medio  $\bar{Q}_i$  de las estaciones auxiliares del cuadro 4.6, resultando la ecuación de regresión 4.15.

$$\bar{Q}_R = 17.873 * e^{-0.0021A} \quad (4.15)$$

<b>CUADRO 4.11 GASTOS MÁXIMOS MODULADOS (ESTACIONES-AÑO)</b>					
<b>AÑOS</b>	<b>ATENCO</b>	<b>LA GRANDE</b>	<b>SAN ANDRÉS</b>	<b>SAN LUCAS</b>	<b>SAN MARCOS</b>
<b>1963</b>	1.24	1.15	1.86	0.53	1.66
<b>1964</b>	1.08	1.87	1.56	0.42	1.19
<b>1965</b>	1.38	1.99	2.65	0.60	1.63
<b>1966</b>	1.08	2.32	1.37	0.55	2.38
<b>1967</b>	0.94	1.43	1.53	0.41	1.15
<b>1968</b>	1.02	1.58	1.58	0.52	0.81
<b>1969</b>	0.99	1.47	1.84	0.66	1.21
<b>1970</b>	0.67	1.14	1.10	0.75	1.00
<b>1971</b>	1.55	1.44	1.06	0.87	0.85
<b>1972</b>	1.61	1.29	1.78	0.89	0.95
<b>1973</b>	3.54	1.30	1.50	0.29	1.91
<b>1974</b>	1.02	1.02	1.42	1.16	0.39
<b>1975</b>	1.24	1.89	0.74	0.99	0.94
<b>1976</b>	0.79	1.14	1.27	2.61	1.38
<b>1977</b>	0.64	0.67	0.96	2.75	1.00
<b>1978</b>	1.04	1.05	1.20	3.17	0.27
<b>1979</b>	0.73	0.89	1.18	1.20	0.60
<b>1980</b>	0.55	0.83	0.73	1.54	1.72
<b>1981</b>	1.80	1.13	1.68	0.62	1.68
<b>1982</b>	1.19	0.98	0.19	0.77	0.37
<b>1983</b>	0.19	0.65	0.62	0.87	1.51
<b>1984</b>	0.64	1.16	1.08	1.99	0.39
<b>1985</b>	1.22	0.46	1.26	1.90	1.24
<b>1986</b>	0.94	1.26	1.04	0.31	0.74
<b>1987</b>	1.55	0.93	0.67	0.77	0.65
<b>1988</b>	0.63	1.57	0.26	0.63	0.76
<b>1989</b>	0.50	0.27	0.46	0.27	0.14
<b>1990</b>	0.15	0.46	0.08	0.23	0.46
<b>1991</b>	0.41	0.08	0.67	0.79	0.56
<b>1992</b>	0.59	0.19	0.10	0.88	0.49
<b>1993</b>	0.51	0.06	0.14	1.18	0.80
<b>1994</b>	1.70	0.07	0.14	0.97	3.04
<b>1995</b>	0.70	0.11	0.17	1.30	0.68
<b>1996</b>	1.03	1.03	1.06	1.28	0.29
<b>1997</b>	0.12	0.15	0.06	0.32	0.18

CUADRO 4.12 GASTO PICO REGIONALES CUENCA DEL RÍO SAN RAFEL	
Tr	$(\bar{Q}_{Tr})_R$ (m <sup>3</sup> /s)
2	0.90
5	1.47
10	1.85
20	2.21
50	2.68
100	3.03
500	3.85
1000	4.20

En la figura 4.1 se graficaron los diferentes tipos de ajustes que se le realizaron a los datos de la relación área contra gasto medio, seleccionando una curva de regresión de tipo exponencial, por que es la que tiene el coeficiente de correlación más alto. Sustituyendo el valor del área de la cuenca del río San Rafael  $A=293.50 \text{ km}^2$  en la ecuación 4.15, se obtiene el valor del gasto medio regional  $\bar{Q}_R=9.67 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Finalmente, los gastos pico extrapolados para la cuenca del río San Rafael, se obtienen al multiplicar cada uno de los gastos  $(\bar{Q}_{Tr})_R$  del cuadro 4.12, por el valor del gasto medio regional  $\bar{Q}_R=9.67 \text{ m}^3/\text{s}$ , los resultados se muestran en el cuadro 4.13.

CUADRO 4.13 GASTOS PICO PARA LA CUENCA DEL RÍO SAN RAFEL	
Tr	$Q_{Tr}$ (m <sup>3</sup> /s)
2	8.70
5	14.21
10	17.89
20	21.37
50	25.92
100	29.30
500	37.22
1000	40.61

Para la cuenca del río San Francisco se procedió de la misma forma, utilizando los datos de las estaciones Atenco, La Grande, San Andrés y San Marcos resultando los gastos regionales  $(\bar{Q}_{Tr})_R$  que se muestran en el cuadro 4.14.

CUADRO 4.14 GASTO PICO REGIONALES CUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO	
Tr	$(\bar{Q}_{Tr})_R$ (m <sup>3</sup> /s)
2	0.90
5	1.44
10	1.81
20	2.15
50	2.60
100	2.94
500	3.71
1000	4.05



El gasto medio regional  $\bar{Q}_R$ , se obtuvo al ajustar una ecuación de tipo polinómica a los datos del área de la cuenca A (cuadro 4.6) y el gasto medio  $\bar{Q}_i$  de las estaciones auxiliares (cuadro 4.7), resultando la ecuación de regresión 4.16.

$$\bar{Q}_R = 0.001 * A^2 - 0.0993 * A + 15.776 \quad (4.16)$$

En la figura 4.2 se graficaron los diferentes tipos de ajustes que se le realizaron a los datos de la relación áreas-gastos medios. Sustituyendo el valor del área de la cuenca del río San Francisco  $A=131.42 \text{ km}^2$  en la ecuación 4.16, se obtiene el valor del gasto medio regional  $\bar{Q}_R=20.00 \text{ m}^3/\text{s}$ . Los gastos pico extrapolados para la cuenca del río San Francisco se obtienen al multiplicar cada uno de los gastos  $(\bar{Q}_{Tr})_R$  del cuadro 4.14, por el valor del gasto medio regional  $\bar{Q}_R=20.00 \text{ m}^3/\text{s}$ , los resultados se muestran en el cuadro 4.15.

<b>CUADRO 4.15 GASTOS PICO PARA LA CUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO</b>	
Tr	$Q_{Tr}(\text{m}^3/\text{s})$
2	18.00
5	28.80
10	36.19
20	42.99
50	51.99
100	58.79
500	74.19
1000	80.99

En el cuadro 4.16 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para las cuencas de los ríos San Rafael y San Francisco aplicando la técnica de estaciones año.

<b>CUADRO 4.16 EVENTOS DE DISEÑO, MÉTODO DE ESTACIONES-AÑOS</b>									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( $\text{km}^2$ )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	5 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	10 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	20 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	50 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	100 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	500 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	1,000 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
<b>R. SAN RAFAEL</b>	<b>293.50</b>	<b>8.70</b>	<b>14.21</b>	<b>17.89</b>	<b>21.37</b>	<b>25.92</b>	<b>29.30</b>	<b>37.22</b>	<b>40.61</b>
<b>R. SAN FRANCISCO</b>	<b>131.42</b>	<b>18.00</b>	<b>28.80</b>	<b>36.19</b>	<b>42.99</b>	<b>51.99</b>	<b>58.79</b>	<b>74.19</b>	<b>80.99</b>

Si se comparan los gastos para un periodo de retorno de 1000 años, del Cuadro 3.9 se tienen  $19.82 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $81.75 \text{ m}^3/\text{s}$  para San Lucas y San Marcos, contra  $40.61 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $80.99 \text{ m}^3/\text{s}$  también para San Lucas y San Marcos del cuadro 4.16, por lo tanto, los errores resultan del 104.89% para la cuenca del río San Rafael y del 0.93 % para la del río San Francisco. Esto puede deberse a la baja correlación que existe entre los datos registrados en las cuencas auxiliares utilizadas (San Andrés, La Grande y Atenco) y los registros de la estación San Lucas. También puede influir el hecho de no haber

utilizado los registros completos de cada estación, es decir, haber tomado un periodo común de datos.

Como complemento del método, se buscará utilizar los registros completos de cada estación, y se considerará que las estaciones San Lucas y San Marcos son estaciones con escasa información, por lo tanto, se pueden utilizar los gastos medios de ellas como los valores del gasto medio regional  $\bar{Q}_R$  que se multiplicaran por los gastos regionales  $(\bar{Q}_{Tr})_R$  para determinar los gastos de diseño para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años.

En la tabla 4.12 se muestran los registros completos de gastos máximos anuales de las estaciones auxiliares utilizadas y los gastos modulados de las mismas. Se crearon dos archivos con datos ampliados, uno para la estación San Marcos y otro para la estación San Lucas, para cada estación se consideraron además de los datos propios, los correspondientes a las estaciones; Los Reyes la Paz, San Luis Ameca II, El Tejocote, San Andrés, La Grande y Atenco. Posteriormente se ordenaron y se le ajusto la función Gumbel por momentos, los resultados para la cuenca del río San Rafael se presentan en la tabla 4.13 y para la cuenca del río San Francisco en la tabla 4.14, el resumen de ambas se presenta en el cuadro 4.17.

CUADRO 4.17 EVENTOS DE DISEÑO, MÉTODO DE ESTACIONES-AÑOS UTILIZANDO LOS REGISTROS TOTALES DE CADA ESTACIÓN									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
R. SAN RAFAEL	293.50	3.74	6.29	7.97	9.62	11.71	13.32	16.97	18.54
R. SAN FRANCISCO	131.42	15.59	26.33	33.60	40.36	49.19	55.77	71.19	77.77

Si comparamos los resultados del cuadro 4.17 con los ajuste de las funciones de distribución de gastos máximos del Cuadro 3.9, podemos observar que los resultados tienen un error menor del 6%. Se concluye que para escasa información y utilizando los gastos medios de las estaciones analizadas, los resultados son aceptables.

#### 4.4 Avenida Índice

El procedimiento de la avenida índice es una técnica con una larga historia en hidrología y en el análisis de frecuencias de avenidas. En esta técnica se utilizan los gastos máximos anuales de algunos sitios para determinar las avenidas en otros con escasa o nula información disponible.

El procedimiento es el siguiente:

1. Verificar si las cuencas hidrológicas de interés pertenecen a una región meteorológicamente homogénea.

2. Una vez elegidas las estaciones hidrométricas que habrán de utilizarse, se procede a calcular los estadísticos muestrales de cada estación elegida.
3. A continuación, para cada estación de aforo se hace el ajuste estadístico a una distribución Gumbel por momentos.
4. Posteriormente, se estima el gasto medio para cada estación, para un periodo de retorno de 2.33 años, mismo que se identifica como  $q_{2.33}$ .
5. Con base en el gasto medio anual de cada estación (paso 4) y su área de cuenca correspondiente (cuadro 4.6), se calcula la relación  $q_{2.33}$  contra Área encontrando una curva de regresión que de el gasto medio regional  $(q_{2.33})_R$ .
6. El siguiente paso consiste en ordenar los gastos de mayor a menor, hacer una modulación dividiendo los gastos de cada estación entre el gasto medio de la misma, es decir, hacer  $Q/q_{2.33}$ .
7. Una vez modulados los gastos de las estaciones, se obtiene la curva regional sacando la mediana en cada renglón de datos ordenados. A los gastos de la curva regional se le ajustan las diferentes funciones de distribución, seleccionando aquella con el error estándar de ajuste más bajo. Se calculan los gastos regionales  $(Q/q_{2.33})_R$  para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años.
8. Finalmente los gastos de pico o eventos de diseño, se obtienen multiplicando el gasto medio regional (paso 5) por los gastos regionales (paso 7) evaluados con la ecuación 4.17.

$$Q_{Tr} = (q_{2.33})_R * \left( \frac{Q}{q_{2.33}} \right)_{Tr} \quad (4.17)$$

Donde:

- $Q_{Tr}$  : Gasto para la cuenca con escasa o nula información para un periodo de retorno dado, en  $m^3/s$
- $q_{2.33}$  : Gasto para un periodo de retorno de 2.33 años, en  $m^3/s$
- $Q$  : Gasto máximo anual en las cuencas auxiliares, en  $m^3/s$
- $Tr$  : Periodo de retorno para el cual se quiere conocer el gasto, en años

Para aplicar el método de Estaciones-Años, se harán los cálculos de los eventos de diseño para la cuenca del río San Rafael, utilizando los datos de las estaciones hidrométricas del cuadro 4.7, a los cuales se les ajustará una función de distribución Gumbel por momentos, los parámetros de la función aparecen en las últimas filas del cuadro 4.7, y son; para la estación Atenco  $\mu=5.60$  y  $\alpha=3.74$ , La Grande  $\mu=22.87$  y  $\alpha=17.68$ , San Andrés  $\mu=14.79$  y  $\alpha=10.23$  y San Lucas  $\mu=3.08$  y  $\alpha=2.54$ . Para cada estación se obtiene el gasto para un periodo de retorno de 2.33 años ( $q_{2.33}$ ), utilizando la ecuación 4.13, los valores resultantes son; 7.7639  $m^3/s$ , 38.0994  $m^3/s$ , 20.7089  $m^3/s$  y 4.5496  $m^3/s$ . Los gastos del cuadro 4.7, se dividen entre los respectivos valores de  $q_{2.33}$ , los resultados se muestran en el cuadro 4.18, así como la curva regional que resulta de sacar la mediana por renglón a los datos ordenados.

CUADRO 4.18 GASTOS MÁXIMOS MODULADOS (AVENIDA ÍNDICE)					
AÑOS	ATENCO	LA GRANDE	SAN ANDRÉS	SAN LUCAS	CURVA REGIONAL
1963	3.54	2.32	2.65	3.17	2.914
1964	1.80	1.99	1.86	2.75	1.921
1965	1.70	1.89	1.84	2.61	1.865
1966	1.61	1.87	1.78	1.99	1.822
1967	1.55	1.58	1.68	1.90	1.629
1968	1.55	1.57	1.58	1.54	1.558
1969	1.38	1.47	1.56	1.30	1.424
1970	1.24	1.44	1.53	1.28	1.357
1971	1.24	1.43	1.50	1.20	1.336
1972	1.22	1.30	1.42	1.18	1.261
1973	1.19	1.29	1.37	1.16	1.236
1974	1.08	1.26	1.27	0.99	1.172
1975	1.08	1.16	1.26	0.97	1.123
1976	1.04	1.15	1.20	0.89	1.096
1977	1.03	1.14	1.18	0.88	1.084
1978	1.02	1.14	1.10	0.87	1.057
1979	1.02	1.13	1.08	0.87	1.048
1980	0.99	1.05	1.06	0.79	1.019
1981	0.94	1.03	1.06	0.77	0.983
1982	0.94	1.02	1.04	0.77	0.983
1983	0.79	0.98	0.96	0.75	0.871
1984	0.73	0.93	0.74	0.66	0.739
1985	0.70	0.89	0.73	0.63	0.715
1986	0.67	0.83	0.67	0.62	0.671
1987	0.64	0.67	0.67	0.60	0.656
1988	0.64	0.65	0.62	0.55	0.631
1989	0.63	0.46	0.46	0.53	0.497
1990	0.59	0.46	0.26	0.52	0.488
1991	0.55	0.27	0.19	0.42	0.343
1992	0.51	0.19	0.17	0.41	0.300
1993	0.50	0.15	0.14	0.32	0.232
1994	0.41	0.11	0.14	0.31	0.223
1995	0.19	0.08	0.10	0.29	0.147
1996	0.15	0.07	0.08	0.27	0.118
1997	0.12	0.06	0.06	0.23	0.094

A los datos de la última columna del cuadro 4.18, se les ajustaron diferentes funciones de distribución, resultando la Gumbel por máxima verosimilitud la de menor error estándar de ajuste, con valor del parámetro de ubicación  $\mu=0.7074$  y el de forma  $\alpha=0.4974$ . Con los valores de los parámetros y para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años, se utilizó la ecuación 4.13 para calcular los gastos regionales  $(Q/q_{2.33})_R$  que se muestran en el cuadro 4.19.

CUADRO 4.19 GASTO PICO REGIONALES CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL	
Tr	$(Q/q_{2.33})_R$
2	0.89
5	1.45
10	1.83
20	2.19
50	2.65
100	3.00
500	3.80
1000	4.15

A los datos del gasto medio  $q_{2.33}$  y área de las estaciones auxiliares (cuadro 4.6), se les ajustó una función de tipo exponencial (figura 4.3), por ser esta la que tiene el coeficiente de correlación más alto, resultando la ecuación de regresión 4.18.

$$(q_{2.33})_R = 17.903 * e^{-0.0021A} \quad (4.18)$$

Sustituye el valor del área de la cuenca del río San Rafael  $A=293.50 \text{ km}^2$  en la ecuación 4.18, se obtiene el valor del gasto medio regional  $(q_{2.33})_R=9.67 \text{ m}^3/\text{s}$ . Los gastos pico extrapolados para la cuenca del río San Rafael se obtienen multiplicando los gastos del cuadro 4.19, por el valor del gasto medio regional  $(q_{2.33})_R$ , los resultados se muestran en el cuadro 4.20.

CUADRO 4.20 GASTOS PICO PARA LA CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL	
$T_r$	$Q_{T_r} (\text{m}^3/\text{s})$
2	8.61
5	14.02
10	17.70
20	21.18
50	25.63
100	29.01
500	36.75
1000	40.13

Para la cuenca del río San Francisco se realizó el mismo procedimiento, se utilizaron como estaciones auxiliares los datos de Atenco, La Grande, San Andrés y San Marcos. Los gastos, los gastos modulados y la curva regional se muestran en la tabla 4.15, mientras que en la tabla 4.16 los resultados de aplicar la técnica de la Avenida Índice, con los valores de los gastos regionales  $(Q/q_{2.33})_R$  que resultan del ajuste de la función Gumbel por máxima verosimilitud, el valor del gasto medio regional  $(q_{2.33})_R$  obtenido mediante el ajuste polinomial a los datos de gastos medios  $q_{2.33}$  contra Áreas de las cuencas (figura 4.4), así como los gastos pico o parámetros de diseño.

El resumen de los resultados de la aplicación del método de la Avenida índice a las cuencas de los ríos San Rafael y San Francisco se muestran en el cuadro 4.21.

CUADRO 4.21 EVENTOS DE DISEÑO, MÉTODO DE LA AVENIDA ÍNDICE									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( $\text{km}^2$ )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	5 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	10 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	20 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	50 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	100 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	500 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	1,000 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
R. SAN RAFAEL	293.50	8.61	14.02	17.70	21.18	25.63	29.01	36.75	40.13
R. SAN FRANCISCO	131.42	17.99	29.38	36.98	44.18	53.57	60.57	76.76	83.75

Comparando los resultados del cuadro 4.21 con los obtenidos por el método de las Estaciones-Años del cuadro 4.16, se observa que son muy similares, por lo tanto, los comentarios vertidos en torno al método de las Estaciones-Años son válidos también para el de la Avenida Índice, por la misma razón no se probará la condición de escasa información.

#### 4.5 Método Racional

En este método se incorporan las características medias de la lluvia, y a través del coeficiente de escurrimiento y del tiempo de concentración, algunas características de la cuenca además de su área. El método parte de la idea de que si la duración de la lluvia efectiva es mayor que el tiempo de concentración de la cuenca, se alcanzará un estado de equilibrio, tal que el volumen de lluvia efectiva que se precipita en la cuenca en un instante dado es igual al que escurre a la salida de la cuenca en el mismo instante, lo mencionado queda expresado por la ecuación 4.19 conocida como fórmula racional.

$$Q = CiA \quad (4.19)$$

La fórmula racional es de las más antiguas (1889), y probablemente todavía una de las más utilizadas. En ella se considera que el caudal máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional traducida para su aplicación al sistema internacional de medidas esta representada por la ecuación 4.20.

$$Q_p = 0.276CiA \quad (4.20)$$

Donde:

- $Q_p$  : Es el caudal máximo o de pico, en  $m^3/s$ , a la salida de la cuenca cuando alcanza el equilibrio.
- $C$  : Es el coeficiente de escurrimiento
- $i$  : Es la intensidad media de la lluvia para un tiempo igual al tiempo de concentración, en  $mm/h$ .
- $A$  : Es el área de la cuenca en  $km^2$ .

En general, se supone que el coeficiente de escurrimiento  $C$  es independiente del periodo de retorno, lo cual es aproximadamente cierto para periodos de retorno de dos a diez años, para periodos mayores esta hipótesis conduce a errores muy grandes.

Con la utilización de este método se pretende obtener los eventos de diseño para las cuencas del río San Rafael y río San Francisco, determinando la magnitud de los errores que se cometen al considerar que solo se cuenta con registros de lluvia de las estaciones climatológicas de la zona, dado que estas dos cuencas están aforadas.

**Polígonos de Thiessen.-** Para la aplicación de este método se requiere conocer la localización de las estaciones climatológicas, y tener delimitada su zona de influencia

dentro del área de interés. Antes del proceso de cálculo, primero se trazan triángulos que ligan las estaciones más próximas entre sí, a continuación se trazan líneas que bisectan los triángulos formando polígonos, cada uno de ellos define el área de influencia de cada estación, en la figura 4.5 se muestra el trazo de los Polígonos de Thiessen para la cuenca del río de la Compañía y en la tabla 4.17 las áreas de influencia de cada estación, así como las áreas que corresponden a cada subcuenca.

La altura de precipitación media en cada subcuenca se calcula con la ecuación 4.21.

$$\bar{h}_p = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{h}_{p_i} * A_i)}{A_T} \quad (4.21)$$

Donde:

- $\bar{h}_p$  : Altura de precipitación media en toda la cuenca, en mm
- $\bar{h}_{p_i}$  : Altura de precipitación media registrada en cada estación, en mm
- $A_i$  : Área de influencia de cada estación, en km<sup>2</sup>
- $A_T$  : Área de la subcuenca, en km<sup>2</sup>
- $n$  : Número de estaciones utilizadas para el análisis

**Coefficiente de Escurrimiento.-** Es fundamental determinar en forma apropiada los coeficientes de escurrimiento que deben aplicarse en la fórmula racional, dichos valores pueden obtenerse de varias fuentes, como los de la tabla 15.1.1 del libro Hidrología aplicada de Ven Te Chow, donde el coeficiente de escurrimiento esta en función de las características de la superficie y de su cubierta vegetal, de la pendiente del terreno y del periodo de retorno. También se pueden obtener de la tabla 8.3 del libro Fundamentos de Hidrología de Superficie del Dr. Aparicio Mijares, en el cual los coeficientes están en función de las características del área drenada, del tipo de suelo y de su pendiente, con dos valores, uno máximo y otro mínimo, sin considerar su variación con respecto a los periodos de retorno.

**Tiempo de concentración.-** El tiempo de concentración se define como el tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar de la parte más alejada hasta la salida de la cuenca. Para su determinación existen diferentes fórmulas, como:

La de Kirpich, que se calcula con la ecuación 4.22.

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (4.22)$$

Donde:

- $L$  : Longitud del cauce en m.
- $S$  : Pendiente promedio, adimensional.
- $t_c$  : Tiempo de concentración en horas.

La de California Culverts Practice, que se calcula con la ecuación 4.23.

$$t_c = 60 \left[ 11.9 * \frac{L^3}{H} \right]^{0.385} \quad (4.23)$$

Donde:

- L : Longitud más larga del cauce del río, en millas
- H : Diferencia de nivel entre la parte más alta y la salida de la cuenca, en pies.
- $t_c$  : Tiempo de concentración en minutos.

La de Chow, que se calcula con la ecuación 4.24.

$$t_c = 0.10 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.64} \quad (4.24)$$

Donde:

- L : Longitud del cauce principal, en m.
- S : Pendiente del cauce principal, en porcentaje.
- $t_c$  : Tiempo de concentración en horas.

**Pendiente promedio.-** La pendiente del cauce principal puede calcularse de tres formas diferentes, con la ecuación 4.25 denominada pendiente  $S_1$ .

$$S_1 = \frac{\Delta h}{L} \quad (4.25)$$

Donde:

- $\Delta h$  : Desnivel entre el inicio y terminación del cauce principal en m.
- L : Longitud del cauce principal, en m.

Con la fórmula de Taylor y Schwarz, ecuación 4.26 denominada pendiente  $S_2$ .

$$S_2 = \frac{L}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\sqrt{S_i}}} \quad (4.26)$$

Donde:

- L : Longitud total del cauce en m.
- $l_i$  : Longitud de un tramo del cauce, en m.
- $S_i$  : Pendiente del tramo, adimensional.
- n : Número de tramos



Y finalmente como la pendiente de aquella recta, que divide el perfil del cauce en dos zonas con áreas iguales, denominada compensada o  $S_3$ .

**Intensidad de lluvia.-** Con objeto de determinar las intensidades de las precipitaciones de diseño para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años, es necesario primero transformar la precipitación máxima en 24 horas para obtener su variación con respecto al tiempo, es decir, obtener las curvas i-D-Tr. La duración de la precipitación se considera igual al tiempo de concentración de cada cuenca. De acuerdo con el Método del U.S. Soil Conservation Service, la relación entre la lluvia con duración de una hora y periodo de retorno de dos años y la lluvia máxima en 24 horas y mismo periodo de retorno, se obtiene con la ecuación 4.27.

$$\frac{P_{Tr=2}^{1h}}{P_{Tr=2}^{24h}} = 0.5 \quad (4.27)$$

La precipitación para un tiempo entre 24 horas y una hora, se obtiene al graficar en un papel logarítmico los valores  $P_{Tr=2}^{1h}$  y  $P_{Tr=2}^{24h}$ , que se unen mediante una recta con ecuación 4.28, de la cual se pueden extrapolar los valores para la duración requerida y obtener la precipitación deseada con la ecuación 4.29.

$$\ln(P_{Tr=2}^t) = \ln(P_{Tr=2}^{1h}) + \left[ \frac{\ln(P_{Tr=2}^{24h}) - \ln(P_{Tr=2}^{1h})}{\ln(24)} \right] * \ln(t) \quad (4.28)$$

$$P_{Tr=2}^t = \exp(\ln(P_{Tr=2}^t)) \quad (4.29)$$

La precipitación para otros periodos de retorno y duraciones se pueden obtener utilizando las ecuaciones 4.27, 4.28 y 4.29. La intensidad de diseño se obtiene al dividir la precipitación obtenida con la ecuación 4.29 entre el tiempo de concentración de la cuenca analizada.

**Aplicación de la fórmula racional.-** Para ejemplificar su aplicación, se presentan los cálculos de los gastos pico para las cuencas de río San Rafael, río San Francisco, Canal de la Compañía y río de la Compañía, en su determinación es necesario calcular las intensidades de la lluvia para los diferentes periodos de retorno y seleccionar los coeficientes de escurrimiento de acuerdo a las características de las cuencas. Antes de determinar la intensidad de la lluvia, es necesario obtener la pendiente, el tiempo de concentración y la altura de precipitación promedio para cada cuenca.

**Cálculo de las Pendientes.-** Para determinar la pendiente del cauce principal de cada cuenca, es necesario conocer su perfil y desnivel, para obtenerlos, es necesario contar con datos de cartas topográficas y de levantamientos de secciones transversales de cada cauce. En las figuras 4.6 a 4.9 se muestran graficados los perfiles de; río de La Compañía, Canal de la Compañía, río San Rafael y río San Francisco. Con los datos que permitieron graficarlos, se calcularon las pendientes denominadas anteriormente como  $S_1$ ,  $S_2$  y  $S_3$ . En el cuadro 4.22 se muestran los resultados para cada cuenca.

CUADRO 4.22 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL					
CUENCA	LONG.CAUCE km	DESNIVEL m	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
RÍO SAN FRANCISCO	23.3558	1565	0.06701	0.01863	0.011794
RÍO SAN RAFAEL	32.9310	2665	0.08093	0.01885	0.008417
CANAL DE LA COMPAÑÍA	13.0120	3.59	0.00028	0.00841	0.000084
RÍO DE LA COMPAÑÍA	45.9430	2667.4	0.05806	0.01158	0.001817

**Cálculo del tiempo de concentración.-** Con las ecuaciones 4.22, 4.23 y 4.24 se calculan tres diferentes tiempos de concentración para cada cuenca, que combinadas con los valores de las pendientes del cuadro 4.22, da los resultados que se muestran en los cuadros 4.23 y 4.24.

CUADRO 4.23 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN				
CUENCA	KIRPICH-S <sub>1</sub>	KIRPICH-S <sub>2</sub>	KIRPICH-S <sub>3</sub>	CALIFORNIA CULVER
RÍO SAN FRANCISCO	2.1226	3.4745	4.1432	2.1255
RÍO SAN RAFAEL	2.5715	4.5063	6.1463	2.5751
CANAL DE LA COMPAÑÍA	11.2101	3.0083	17.7441	11.2257
RÍO DE LA COMPAÑÍA	3.7763	7.0259	14.3315	3.7816

CUADRO 4.24 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN			
CUENCA	CHOW-S <sub>1</sub>	CHOW-S <sub>2</sub>	CHOW-S <sub>3</sub>
RÍO SAN FRANCISCO	3.3995	5.1205	5.9271
RÍO SAN RAFAEL	3.9873	6.3559	8.2264
CANAL DE LA COMPAÑÍA	13.5563	4.5427	19.8570
RÍO DE LA COMPAÑÍA	5.4876	9.1937	16.6269

**Cálculo de la intensidad de precipitación.-** De los valores mostrados en los cuadros 4.23 y 4.24, se seleccionó el tiempo de concentración  $t_c$  calculado con la fórmula de Kirpich (ecuación 4.22) y la pendiente  $S_2$  (calculada con Taylor y Schwarz, ecuación 4.26), por lo tanto, para la cuenca del río San Francisco  $t_c=3.4745$  horas, para la del río San Rafael  $t_c=4.5063$  horas, para el Canal de la Compañía  $t_c=3.0083$  horas y para el río de La Compañía  $t_c=7.0259$  horas.

El siguiente paso consiste en determinar la altura de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno de dos años. Por ejemplo, para la cuenca del río San Rafael, en el cuadro 4.25 se muestran las precipitaciones máximas en 24 horas (datos del cuadro 3.3) de las estaciones climatológicas que tienen influencia en la cuenca (tabla 4.17), y que fueron resultado de los ajustes de

funciones de distribución a los datos de precipitaciones de dichas estaciones.

CUADRO 4.25 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm) Y Tr = 2 AÑOS ( $\bar{P}_{Tr=2}^{24h}$ )					
CHALCO	AMECAMECA	SAN LUIS AMECA II	REPETIDORA DE TV	COL. MANUEL A. CAMACHO	SAN RAFAEL
41.83	41.28	62.18	50.01	49.25	60.49

Con las ecuaciones 4.27, 4.28 y 4.29 se obtiene la precipitación para cada estación con una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca  $t_c=4.5063$  horas.

Estación Chalco:

$$\bar{P}_{Tr=2}^{1h} = 0.5 * \bar{P}_{Tr=2}^{24h} = 20.915\text{mm}$$

$$\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h} = \exp\left(\ln(20.915) + \left[\frac{\ln(41.83) - \ln(20.915)}{\ln(24)}\right] * \ln(4.5063)\right) = 29.0441\text{mm}$$

Estación Amecameca:

$$\bar{P}_{Tr=2}^{1h} = 0.5 * \bar{P}_{Tr=2}^{24h} = 20.64\text{mm}$$

$$\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h} = \exp\left(\ln(20.64) + \left[\frac{\ln(41.28) - \ln(20.64)}{\ln(24)}\right] * \ln(4.5063)\right) = 28.6622\text{mm}$$

Estación San Luis Ameca II:

$$\bar{P}_{Tr=2}^{1h} = 0.5 * \bar{P}_{Tr=2}^{24h} = 31.09\text{mm}$$

$$\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h} = \exp\left(\ln(31.09) + \left[\frac{\ln(62.18) - \ln(31.09)}{\ln(24)}\right] * \ln(4.5063)\right) = 43.1739\text{mm}$$

Estación Repetidora de TV:

$$\bar{P}_{Tr=2}^{1h} = 0.5 * \bar{P}_{Tr=2}^{24h} = 25.005\text{mm}$$

$$\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h} = \exp\left(\ln(25.005) + \left[\frac{\ln(50.01) - \ln(25.005)}{\ln(24)}\right] * \ln(4.5063)\right) = 34.7238\text{mm}$$

Estación Col. Manuel A. Camacho:

$$\bar{P}_{Tr=2}^{1h} = 0.5 * \bar{P}_{Tr=2}^{24h} = 24.625\text{mm}$$

$$\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h} = \exp\left(\ln(24.625) + \left[\frac{\ln(49.25) - \ln(24.625)}{\ln(24)}\right] * \ln(4.5063)\right) = 34.1961\text{mm}$$

Estación San Rafael:

$$\bar{P}_{Tr=2}^{1h} = 0.5 * \bar{P}_{Tr=2}^{24h} = 30.245\text{mm}$$

$$\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h} = \exp\left(\ln(30.245) + \left[\frac{\ln(60.49) - \ln(30.245)}{\ln(24)}\right] * \ln(4.5063)\right) = 42.00\text{mm}$$

Aplicando el método de los polígonos de Thiessen, de acuerdo con las áreas de influencia de cada estación (tabla 4.17), la precipitación promedio en la cuenca con una duración de t=4.5063 horas y un periodo de retorno Tr=2 años, resulta:

$$\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h} = \frac{56.14 * 29.04 + 2.68 * 28.66 + 15.8 * 43.17 + 9.37 * 34.72 + 95.94 * 34.19 + 113.57 * 42}{293.50}$$

$$\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h} = 36.6768\text{mm}$$

La intensidad de la precipitación de diseño, se obtiene dividiendo  $\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h}$  entre el tiempo de concentración.

$$i_{Tr=2}^{4.5063h} = \frac{\bar{P}_{Tr=2}^{4.5063h}}{4.5063} = \frac{36.6768}{4.5063} = 8.1390 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Definida la intensidad de diseño, solo se requiere seleccionar el coeficiente de escurrimiento (tabla 15.1.1 del libro de Chow) para cada una de las diferentes áreas por drenar en la cuenca del río San Rafael, los valores seleccionados se muestran en el cuadro 4.26.

CUADRO 4.26 COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO, Tr =2 AÑOS (REF. 11)		
SUPERFIE O CUBIERTA	ÁREA km <sup>2</sup>	COEF. ESC.
ZONA URBANA	14.97	0.73
PASTIZAL	44.03	0.25
ZONA CULTIVO	58.70	0.31
BOSQUE	175.80	0.22

El coeficiente de escurrimiento para toda la cuenca resulta:

$$C = \frac{14.97 * 0.73 + 44.03 * 0.25 + 58.70 * 0.31 + 175.8 * 0.22}{293.5} = 0.2685$$

Finalmente el gasto de pico para la cuenca del río San Rafael con periodo de retorno de dos años, se obtiene sustituyendo los valores calculados en la ecuación 4.20.

$$Q_{p_{Tr=2}} = 0.276 * 0.2685 * 8.139 * 293.5 = 177.05 \frac{m^3}{s}$$

En la tabla 4.18 se presentan los coeficientes de escurrimiento para las cuencas de los ríos; San Francisco, San Rafael, de La Compañía y el Canal de la Compañía, que permiten calcular los gastos pico. Mientras que los resultados de los gastos para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años, calculados para la cuenca del río San Rafael se muestran en la tabla 4.20.

El procedimiento anterior se aplico para determinar los gastos de diseño en todas las cuencas para diferentes combinaciones del coeficiente de escurrimiento, tiempo de concentración y pendiente. En las tablas 4.19 a 4.25 se muestran los resultados de las diferentes combinaciones realizadas, y en el cuadro 4.27 el resumen de los gastos pico con valores más bajos que corresponden a la tabla 4.25.

<b>CUADRO 4.27 EVENTOS DE DISEÑO, MÉTODO RACIONAL (REF. 11)</b>									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
<b>R. SAN RAFAEL</b>	<b>293.50</b>	110.59	153.84	191.20	221.93	276.05	323.79	451.75	478.08
<b>R. SAN FRANCISCO</b>	<b>131.42</b>	81.82	104.39	122.02	143.55	180.10	212.41	297.45	318.76

Por otra parte, en el cuadro 4.28 se muestran los resultados del ajuste de funciones de distribución del Cuadro 3.9.

<b>CUADRO 4.28 EVENTOS DE DISEÑO OBTENIDOS MEDIANTE EL AJUTE DE FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN</b>									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
<b>R. SAN RAFAEL</b>	<b>293.50</b>	3.66	6.16	9.66	11.76	13.84	15.27	18.46	19.82
<b>R. SAN FRANCISCO</b>	<b>131.42</b>	15.87	27.45	35.21	42.58	52.01	58.99	74.94	81.75

Comparando los resultados del cuadro 4.27 y 4.28, el gasto con periodo de retorno de 1000 años para la cuenca del Río San Francisco por el método racional resulta 3.89 veces mayor que el obtenido por el ajuste de funciones de distribución. Para la cuenca

del Río San Rafael es 24.12 veces mayor, por lo tanto, se puede concluir que este método es muy conservador para las cuencas estudiadas.

Los resultados del cuadro 4.27 indican que los coeficientes de escurrimiento seleccionados son muy altos, por lo tanto, se probará con los valores de la tabla 8.3 del libro Fundamentos de Hidrología de Superficie del Dr. Aparicio Mijares. De la tabla se seleccionaron los siguientes coeficientes; para la cuenca del río San Francisco  $C=0.18$ , para la del río San Rafael  $C=0.05$ , para la del Canal de la Compañía  $C=0.25$  y para la del río de La Compañía  $C=0.10$ . Respecto a los datos de tiempo de concentración y periodo de retorno fueron los mismos de la tabla 4.25. Los cálculos de las alturas de lluvia, intensidades y los gastos de diseño para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años se muestran en la tabla 4.26, un resumen de esos resultados se muestran en el cuadro 4.29.

CUADRO 4.29 EVENTOS DE DISEÑO, MÉTODO RACIONAL (REF. 1)									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 ( m <sup>3</sup> /s )	5 ( m <sup>3</sup> /s )	10 ( m <sup>3</sup> /s )	20 ( m <sup>3</sup> /s )	50 ( m <sup>3</sup> /s )	100 ( m <sup>3</sup> /s )	500 ( m <sup>3</sup> /s )	1,000 ( m <sup>3</sup> /s )
<b>R. SAN RAFAEL</b>	<b>293.50</b>	20.59	25.72	29.32	31.79	34.76	37.00	42.46	44.93
<b>R. SAN FRANCISCO</b>	<b>131.42</b>	42.64	49.98	55.03	60.82	68.94	75.14	89.76	96.19

Comparando los resultados de los cuadros 4.28 y 4.29, el gasto para 1000 años de periodo de retorno calculado con el método racional para la cuenca del Río San Francisco es 17.66 % mayor que el obtenido por el ajuste de funciones de distribución a los datos de las estaciones hidrométricas, mientras que el gasto para la cuenca del Río San Rafael el gasto resultó 2.27 veces mayor, por lo tanto, se deduce que la eficiencia de este método está en la correcta selección del coeficiente de escurrimiento para cada cuenca.

#### 4.6 Análisis en Confluencia de Ríos

Existe una técnica que permite modelar los gastos máximos anuales aguas abajo de la confluencia de dos ríos, cuando hay información disponible aguas arriba de la misma, en los casos de dependencia e independencia total. Las estaciones hidrométricas San Marcos y San Lucas están aguas arriba de una confluencia y determinan lo que puede pasar en la estación Los Reyes que se encuentra aguas abajo. Esta última estación, registra las aportaciones de las cuencas de los ríos San Francisco y San Rafael y la correspondiente a su cuenca propia que está completamente urbanizada. Dentro del estudio, se cuestiona la magnitud de los registros de la estación hidrométrica Los Reyes, debido a que por lógica debería registrar valores mayores a los que reporta actualmente. Aplicando esta técnica se estará en posibilidades de determinar la magnitud de los gastos que se espera registre la estación Los Reyes, de acuerdo con los gastos en las estaciones localizadas aguas arriba. La secuencia de cálculo es la siguiente:

1. Determinar un tiempo base común en los registros de las dos estaciones de aforos aguas arriba de la confluencia.
2. Los gastos máximos anuales se ordena de mayor a menor y se les asigna un periodo de retorno de acuerdo con la ley de Weibull y una probabilidad de no excedencia.
3. Se normalizan las series de probabilidad de no excedencia y de gastos máximos anuales a través de la aplicación de los logaritmos naturales.
4. Utilizando un papel de probabilidad logarítmico se ubica en el eje de las absisas los valores de las probabilidades de no excedencia y en el eje de las ordenadas los valores normalizados de los gastos de las dos estaciones hidrométricas.
5. Se ajustan curvas de tendencia a los datos de cada estación.
6. Para cada una de las probabilidades de no excedencia del periodo de registro, se procede a obtener el valor estimado por la línea de tendencia.
7. Para el caso de dependencia total, si un evento estimado en cada estación tiene una probabilidad de no excedencia, por ejemplo  $P = 0.9375$ , entonces el gasto máximo anual en la confluencia es la suma de los eventos estimados para esa probabilidad, la cual es considerada como la conjunta.
8. Para el caso de independencia total, si un evento estimado en cada estación tiene una probabilidad de no excedencia, por ejemplo  $P=0.9375$ , entonces el gasto máximo anual en la confluencia es la suma de los eventos estimados para esa probabilidad, pero la probabilidad conjunta es igual al complemento de las probabilidades marginales  $P=1 - (0.062)(0.0625)=0.9961$ . De acuerdo con esto, los gastos obtenidos en la confluencia siempre serán mayores en el caso de dependencia total que en el de independencia.
9. Los valores estimados para los casos de dependencia e independencia total obtenidos en los pasos anteriores se ubican en la misma grafica del paso 4 y es posible obtener estimadores para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años.

Se trata de un análisis de independencia total para la confluencia mencionada párrafos arriba, por que al correlacionar linealmente los registros de las estaciones hidrométricas San Lucas y San Marcos, el coeficiente resulta bajo, con un valor de 0.025.

El desarrollo del procedimiento de cálculo se muestra en la tabla 4.27 y en la figura 4.10 las gráficas de las líneas de tendencia. A continuación se ejemplifica el procedimiento para obtener los resultados mostrados en dicha tabla.

Los gastos registrados en la estación hidrométrica San Lucas ordenados de mayor a menor se muestran en la columna cuatro, mientras que los gastos de la estación hidrométrica San Marcos se muestran en la columna cinco. El orden numérico de los

datos se muestra en la columna uno. Establecido el orden de los datos, se procede a calcular el periodo de retorno, el cual se define como el número de años que transcurren en promedio para que un evento de una magnitud dada sea igualado o excedido al menos una vez en ese periodo, se calcula con la ecuación 4.30.

$$Tr = \frac{n+1}{m} \quad (4.30)$$

Y la probabilidad de no excedencia con la ecuación 4.31.

$$P(X < x) = 1 - \frac{1}{Tr} \quad (4.31)$$

Donde:

- n : Número de datos de la muestra
- m : Número de orden del registro (Columna 1)
- P(X<x) : Probabilidad de no excedencia (Columna 3)

De la ecuación 4.30, el periodo de retorno para los gastos mayores, resulta:

$$Tr = \frac{n+1}{m} = \frac{37+1}{1} = 38 \quad (\text{Columna 2})$$

La probabilidad de no excedencia de los gastos  $Q=14.44 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $Q=56.10 \text{ m}^3/\text{s}$  resulta:

$$P(X < 14.44) = P(X < 56.10) = 1 - \frac{1}{38} = 0.9736 \quad (\text{Columna 3})$$

La probabilidad marginal para los mismos gastos se calcula como:

$$P(X > 14.44) = P(X > 56.10) = \frac{1}{Tr} = \frac{1}{38} = 0.02631 \quad (\text{Columna 6 y 7})$$

La probabilidad de no excedencia para la estación Los Reyes, aguas abajo de la confluencia, es el complemento del producto de las probabilidades marginales.

$$P(X < 14.44) = P(X < 56.10) = 1 - P(X > 14.44) * P(X > 56.10) = 1 - 0.02631 * 0.2631$$

$$P(X < 14.44) = P(X < 56.10) = 0.9993 \quad (\text{Columna 9 y 10})$$

Los logaritmos naturales de los gastos resultan:

$$\ln(14.44) = 2.67 \quad (\text{Columna 11})$$

$$\ln(56.10) = 4.0271 \quad (\text{Columna 12})$$



Este proceso se repite para las demás parejas de gastos de las estaciones aguas arriba, los resultados de los cálculos se muestran en las columnas de la uno a la doce en la tabla 4.27. Para calcular los eventos de diseño de la estación Los Reyes, se procede a ajustar una curva de tendencia para la estación San Lucas con las parejas de datos formadas por las columnas diez y once, otra curva de tendencia para la estación San Marcos con las parejas de datos formadas por las columnas diez y doce. Las curvas de tendencia o ecuaciones de regresión que resultan son de tipo polinómicas de sexto grado, representadas por las ecuaciones 4.32 y 4.33.

$$Q_1 = 3 * 10^{-10}P_1^6 - 9 * 10^{-8}P_1^5 + 10^{-5}P_1^4 - 5 * 10^{-4}P_1^3 + 0.0138P_1^2 - 0.1361P_1 + 0.5074 \quad (4.32)$$

$$Q_2 = 10^{-10}P_1^6 - 3 * 10^{-8}P_1^5 + 4 * 10^{-6}P_1^4 - 2 * 10^{-4}P_1^3 + 0.0034P_1^2 + 0.028P_1 + 0.4892 \quad (4.33)$$

Donde  $P_1$  representa la probabilidad de no excedencia para la estación Los Reyes, en porcentaje, como se muestra en la columna diez de la tabla 4.27. Para calcular el gasto con periodo de retorno de dos años, es necesario determinar su probabilidad de no excedencia con la ecuación 4.31.

$$P(X < x) = 1 - \frac{1}{2} = 0.50$$

Sustituyendo el valor de la probabilidad anterior, en las ecuaciones 4.32 y 4.33 resulta:

$$Q_1 = 4.76 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_2 = 2.58 \frac{m^3}{s}$$

Por lo tanto, el gasto con periodo de retorno de dos años para la estación Los Reyes resulta:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 4.76 + 2.58 = 7.34 \frac{m^3}{s}$$

Los eventos de diseño para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años se muestran abajo en la tabla 4.27 y un resumen de esos gastos se presentan en el cuadro 4.30.

CUADRO 4.30 EVENTOS DE DISEÑO OBTENIDOS PARA LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS SAN MARCOS Y SAN LUCAS (CUENCA DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA)									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
RÍO DE LA COMPAÑÍA	526.	7.34	29.11	42.82	51.60	57.70	59.90	61.72	61.95

Los eventos de diseño que resultan de los ajustes de funciones de distribución a los datos de la estación hidrométrica Los Reyes la Paz (Cuadro 3.9) para los periodos de

retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años, son: 3.12 m<sup>3</sup>/s, 5.21 m<sup>3</sup>/s, 5.76 m<sup>3</sup>/s, 6.23 m<sup>3</sup>/s, 6.81 m<sup>3</sup>/s, 7.23 m<sup>3</sup>/s, 8.21 m<sup>3</sup>/s y 8.63 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Comparando estos valores con los gastos del cuadro 4.30, se observa que la diferencia es grande, por ejemplo para diez años de periodo de retorno el gasto obtenido aplicando el análisis de confluencia de ríos es 42.82 m<sup>3</sup>/s y del ajuste resulto ser de 5.21 m<sup>3</sup>/s, lo que demuestra que los valores esperados deberían ser mucho mayores a los registrados, por lo tanto, es aceptable determinar los gastos en el Canal de la Compañía en forma independiente, como se realizo en el proyecto.

#### 4.7 Eventos de Diseño para la cuenca del Canal de la Compañía

De los métodos vistos en este capítulo, se selecciono el del Instituto de Ingeniería de la UNAM para calcular los gastos de diseño en la cuenca del canal de la Compañía, ya que los valores obtenidos son menores que los calculados con el método Racional, es decir, no se sobrestiman los eventos de diseño. No se aplicaron el método de Correlación y Regresión Múltiple ni el de Estaciones Año, aunque dan mejores resultados bajo la condición de escasa información, por que se requiere utilizar los registros de la estación Los Reyes, que son pocos y no son muy congruentes con los registros esperados, como se pudo constatar al realizar el análisis de la confluencia de ríos.

Siguiendo la metodología explicada anteriormente en el inciso 4.1 se calcularon los eventos de diseño que se muestran en la tabla 4.28, que resultaron menores a los calculados en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”, básicamente por dos condiciones, una es porque la precipitación media en la cuenca resulto menor a la que se considero en el proyecto y la segunda se debe principalmente al calculo de la duración de la lluvia que resulta en el proyecto al considerarla como una cuenca grande, en lugar de hacerlo para una cuenca pequeña como se muestra en la tabla 4.29. En el cuadro 4.31 se muestran ambos resultados para su comparación.

CUADRO 4.31 EVENTOS DE DISEÑO, CUENCA DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA									
C. DE LA COMPAÑÍA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 ( m <sup>3</sup> /s )	5 ( m <sup>3</sup> /s )	10 ( m <sup>3</sup> /s )	20 ( m <sup>3</sup> /s )	50 ( m <sup>3</sup> /s )	100 ( m <sup>3</sup> /s )	500 ( m <sup>3</sup> /s )	1,000 ( m <sup>3</sup> /s )
PROYECTO	101.17	16.26	21.36	24.28	26.70	30.34	33.50	39.81	42.73
TRABAJO DE TESIS	101.17	12.45	16.36	18.59	20.44	23.23	25.64	30.48	32.71

## 5 HIDROGRAMAS DE DISEÑO

### 5.1 Hidrogramas de Diseño para las Cuencas del Río San Francisco, San Rafael y Canal de la Compañía.

La forma de un hidrograma refleja la variación temporal del volumen de una avenida extraordinaria, dicha variación está condicionada por diversos factores asociados a las características de la cuenca, entre las que se puede destacar la fisiografía, topografía, climatología, hidrografía y también la morfología, ésta última se refiere a las características del suelo (tipo y uso), de la vegetación predominante (especies y cobertura) y de los cauces (arreglo, longitud y pendiente).

La forma de un hidrograma es un parámetro de considerable importancia en un tránsito de avenidas, ya que a través de él se define el volumen de agua que fluye por el cauce de una corriente superficial, por tal motivo, se debe tener mucho cuidado en su determinación, haciendo las consideraciones lo más acertado posible al comportamiento o régimen de los escurrimientos.

Sin duda el procedimiento más adecuado para determinar la forma de un hidrograma, es aquel que toma en cuenta el comportamiento hidrológico de alguna avenida que haya ocurrido en el pasado, como ya se mencionó anteriormente, esto es posible si se dispone de una estación hidrométrica con equipo para registrar gráficamente la variación de los niveles del agua. En el caso particular de la cuenca del río de La Compañía, la información requerida es insuficiente, por lo que se utilizó otro método para darle forma al hidrograma de las posibles avenidas.

El método empleado será el del hidrograma unitario sintético de forma triangular, desarrollado por Mockus, el cual se ajusta razonablemente a la forma de las avenidas que históricamente se han presentado en la mayor parte de las corrientes superficiales de la cuenca del Valle de México.

El modelo del hidrograma unitario utiliza parámetros como el tiempo pico ( $t_p$ ), que se define como el tiempo que transcurre a partir de que se inicia la entrada de la avenida hasta que se presenta el gasto de pico, el tiempo base ( $t_b$ ) que se considera como el tiempo que tarda en pasar la avenida por una sección transversal del cauce. Dichos parámetros se calculan con las ecuaciones 4.4 y 4.5, que fueron previamente utilizadas cuando se ejemplificó el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Los datos de los gasto pico se obtuvieron del cuadro 3.9 para las cuencas de los ríos San Francisco y San Rafael, mientras que para el Canal de la Compañía se obtuvieron de la tabla 4.28, el resumen se muestra en el cuadro 5.1. Con estos valores se da forma a los hidrogramas de diseño para las tres cuencas mencionadas, y se calcula el volumen con la ecuación 5.1.

$$\text{Vol} = \frac{t_b * Q_p}{2} \quad (5.1)$$

CUADRO 5.1 EVENTOS DE DISEÑO									
CUENCA HIDROLÓGICA	ÁREA CUEN. ( km <sup>2</sup> )	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
		2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1,000 (m <sup>3</sup> /s)
R. SAN RAFAEL	293.50	3.66	6.16	9.66	11.76	13.84	15.27	18.46	19.82
R. SAN FRANCISCO	131.42	15.87	27.45	35.21	42.58	52.01	58.99	74.94	81.75
C. DE LA COMPAÑÍA	101.17	12.45	16.36	18.59	20.44	23.23	25.65	30.48	32.71

Con base en los valores del gasto de pico para los periodos de retorno considerados en el cuadro 5.1, se da forma al hidrograma de la avenida de diseño de la cuenca del río San Rafael para  $Q_p=3.66 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $T_r=2$  años. El tiempo de pico y el tiempo base se calcularon previamente en la tabla 4.1, sus valores resultaron  $t_p=6$  horas y  $t_b=16.5$  horas, por lo tanto, sustituyendo en la ecuación 5.1 el volumen de la avenida resulta:

$$\text{Vol} = \frac{16.5 * 3600 * 3.66}{2} = 108702\text{m}^3$$

El hidrograma de la avenida de diseño de la cuenca del río San Francisco para  $Q_p=15.87 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $T_r=2$  años. El tiempo de pico y el tiempo base fueron calculados previamente cuando se ejemplificó el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM para dicha cuenca, los valores que resultaron de los cálculos fueron  $t_p=4.5$  horas y  $t_b=12.5$  horas, por lo tanto, sustituyendo en la ecuación 5.1 el volumen resulta de:

$$\text{Vol} = \frac{12.5 * 3600 * 15.87}{2} = 357075\text{m}^3$$

El hidrograma de la avenida de diseño de la cuenca del Canal de la Compañía para  $Q_p=12.45 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $T_r=2$  años. El tiempo de pico y el tiempo base se calcularon previamente en tabla 4.28, sus valores resultaron de  $t_p=18$  horas y  $t_b=48$  horas, sustituyendo en la ecuación 5.1 el volumen resulta:

$$\text{Vol} = \frac{48 * 3600 * 12.45}{2} = 1075680\text{m}^3$$

En el cuadro 5.2 se muestran los datos base para darle forma a los hidrogramas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años para cada uno de los cauces mencionados, y en las figuras 5.1 a 5.3 se presentan sus gráficas correspondientes.

CUADRO 5.2 HIDROGRAMAS DE DISEÑO					
CUENCA	Tr (años)	Qp (m³/s)	tp (hr)	tb (hr)	VOLUMEN DE AVENIDA (m³)
SAN RAFAEL (A = 293.5 km <sup>2</sup> )	2	3.66	6.00	16.50	108702.00
	5	6.16	6.00	16.50	182952.00
	10	9.66	6.00	16.50	286902.00
	20	11.76	6.00	16.50	349272.00
	50	13.84	6.00	16.50	411048.00
	100	15.27	6.00	16.50	453519.00
	500	18.46	6.00	16.50	548262.00
	1000	19.82	6.00	16.50	588654.00
SAN FRANCISCO (A = 131.42 km <sup>2</sup> )	2	15.87	4.50	12.50	357075.00
	5	27.45	4.50	12.50	617625.00
	10	35.21	4.50	12.50	792225.00
	20	42.58	4.50	12.50	958050.00
	50	52.01	4.50	12.50	1170225.00
	100	58.99	4.50	12.50	1327275.00
	500	74.94	4.50	12.50	1686150.00
	1000	81.75	4.50	12.50	1839375.00
CANAL DE LA COMPAÑÍA (A = 101.17 km <sup>2</sup> )	2	12.45	18.00	48.00	1075885.94
	5	16.36	18.00	48.00	1413103.91
	10	18.59	18.00	48.00	1605799.90
	20	20.44	18.00	48.00	1766379.89
	50	23.23	18.00	48.00	2007249.88
	100	25.65	18.00	48.00	2216003.87
	500	30.48	18.00	48.00	2633511.84
	1000	32.71	18.00	48.00	2826207.83

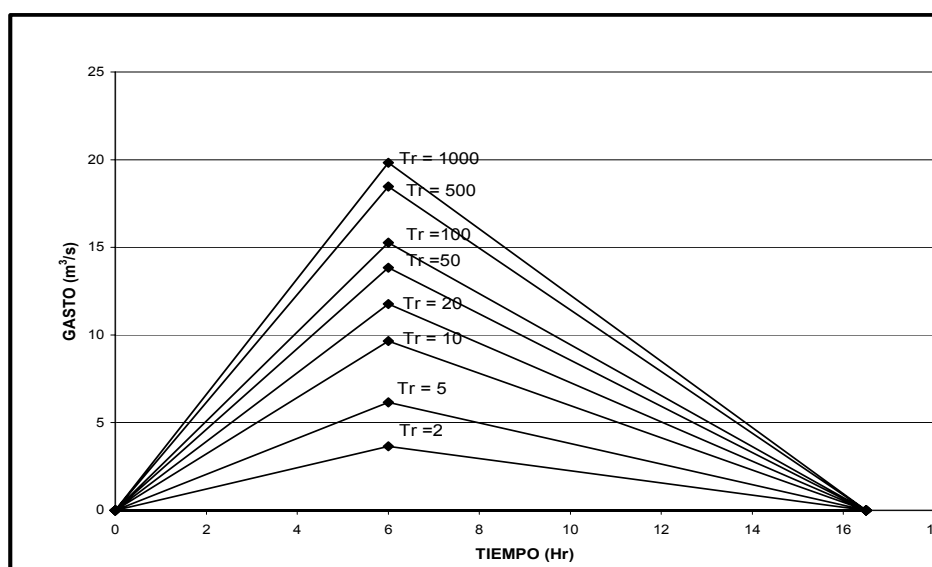


FIGURA 5.1 HIDROGRAMAS DE DISEÑO CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL

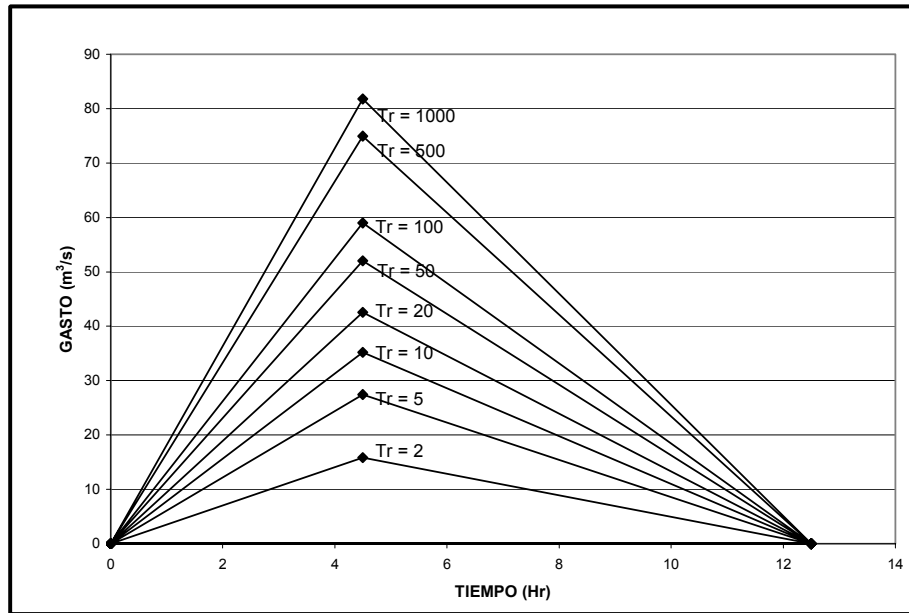


FIGURA 5.2 HIDROGRAMAS DE DISEÑO CUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO

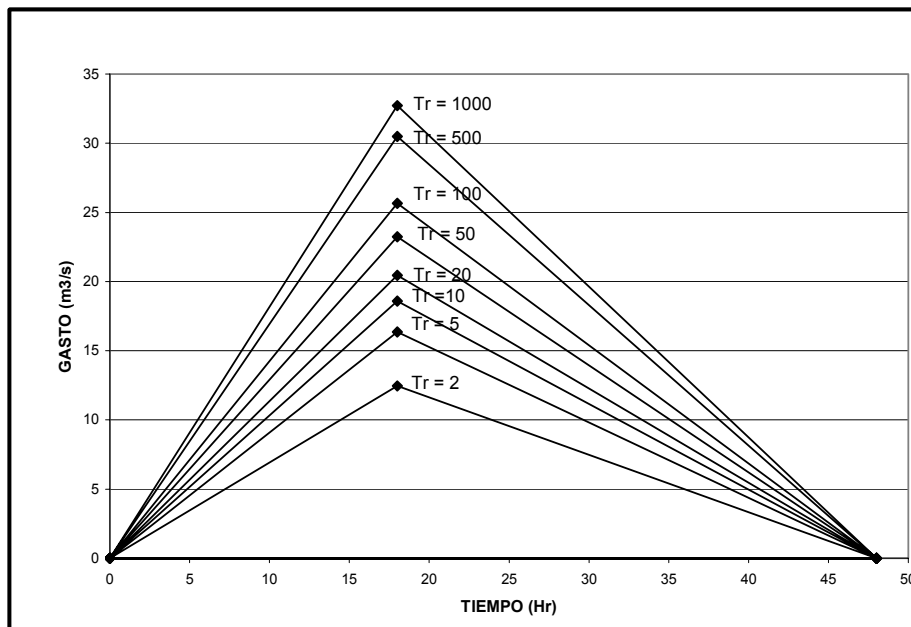


FIGURA 5.3 HIDROGRAMAS DE DISEÑO CUENCA DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA

El Canal de la Compañía tendrá los aportes de las cuencas de los ríos San Francisco y San Rafael, que corresponden a la suma de los dos hidrogramas en la confluencia, más los gastos de incorporación por cuenca propia que corresponde a los gastos de bombeo de las plantas ubicadas en las márgenes del Canal de la Compañía. En cuanto al mecanismo que deberá seguirse para considerar el desalajo de estos caudales, lo recomendable es tomar en cuenta las políticas de operación establecidas para el funcionamiento de las plantas de bombeo, sin embargo al respecto no se tiene información precisa, ya que se ha dificultado la comunicación con el organismo

encargado de su operación (Municipios de Chalco e Ixtapaluca) por otro lado, la información disponible indica que no hay una clara definición de tales políticas.

Por lo anterior, en acuerdo con la supervisión de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, se estableció la incorporación de los volúmenes de agua pluvial a partir de la influencia de cada bombeo, con base en su incidencia porcentual respecto a los caudales totales establecidos en las especificaciones de cada proyecto.

Cabe mencionar que considerar los gastos de proyecto que se bombean en cada planta, constituye un procedimiento adecuado, ya que aunque se observaron una diferencia apreciable en algunas plantas respecto a los caudales que se bombeaban al momento de realizar los recorridos de campo, es de esperarse que durante el diseño de los equipos se debió considerar las necesidades futuras; por otro lado, conviene señalar que sólo se considera el agua de origen pluvial, ya que además no se tienen datos precisos de los caudales de agua residual, se consideró que la participación de estos últimos es despreciable en época de avenidas.

En cuanto al número de plantas de bombeo que se tienen que tomar en cuenta, éste queda definido con base en la longitud del canal que será analizado en este estudio, al respecto sólo se simulará el funcionamiento hidráulico de 14 kilómetros a partir de la confluencia de los ríos San Rafael y San Francisco, debido a que sólo se tiene topografía confiable de este tramo y que la longitud restante del canal hasta el límite de la zona en estudio prácticamente no tiene problemas por desbordamiento.

Debido a lo anterior, sólo se consideraron 14 rebombes; el cálculo de los caudales aportados por cada bombeo se puede ver en forma ordenada conforme ingresan al canal en la tabla 5.1 y en el plano 1.1 (Capítulo I) su ubicación, en tanto que los valores finales de los gastos de aportación se indican en el cuadro 5.3.

Para determinar las aportaciones de la cuenca propia del canal de La Compañía, la forma de los hidrogramas para cada bombeo se estableció considerando un hidrograma rectangular tipo, con tiempo base igual al 50% del tiempo base del hidrograma triangular, es decir 24 horas, en virtud de que no se conoce las políticas de operación de las plantas de bombeo y que de esta manera se considera el mismo volumen de las posibles avenidas, en este sentido, los hidrogramas de los bombes tendrán la forma que se indica en la figura 5.4.

Con la información anterior es posible realizar los cálculos de los tránsitos de avenidas en el Canal de la Compañía y determinar los niveles que alcanza el agua para los gastos de diseño.

CUADRO 5.3 GASTOS PICO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA CUENCA DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA								
REBOMBEO	PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS							
	2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	20 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	500 (m <sup>3</sup> /s)	1000 (m <sup>3</sup> /s)
1.- SAN LUCAS AMALINALCO	0.09	0.12	0.13	0.15	0.17	0.18	0.22	0.23
2.- SAN MARCOS HUIXTOCO	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
3.- IXTAPALUCA	0.95	1.25	1.42	1.56	1.78	1.96	2.33	2.50
4.- ALFREDO DEL MAZO	0.41	0.53	0.61	0.67	0.76	0.84	0.99	1.07
5.- AYOTLA ORIENTE	1.33	1.75	1.99	2.19	2.49	2.75	3.26	3.50
6.- AYOTLA PONIENTE	0.95	1.25	1.42	1.56	1.78	1.96	2.33	2.50
7.- DARIO MARTINEZ	0.33	0.43	0.49	0.54	0.62	0.68	0.81	0.87
8.- TLALPIZAHUAC	0.25	0.33	0.38	0.42	0.47	0.52	0.62	0.67
9.- SAN JUAN TLALPIZAHUAC	0.25	0.33	0.38	0.42	0.47	0.52	0.62	0.67
10.- SOLIDARIDAD	0.95	1.25	1.42	1.56	1.78	1.96	2.33	2.50
11.- CANAL GENERAL	0.64	0.83	0.95	1.04	1.18	1.31	1.55	1.67
12.- EL PINO	0.05	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13
13.- COLECTOR VIAS	1.20	1.58	1.79	1.97	2.24	2.47	2.94	3.15
14.- COVITUR CAB. MPAL. LA PAZ	0.64	0.83	0.95	1.04	1.18	1.31	1.55	1.67

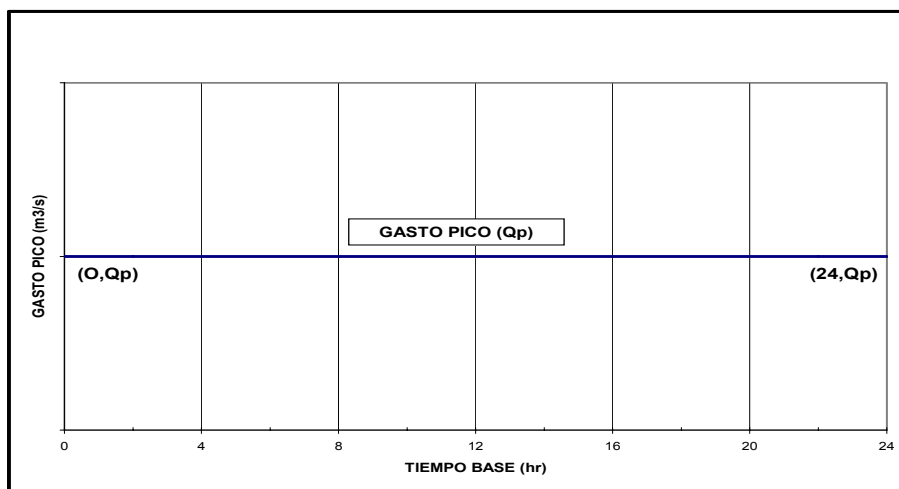


FIGURA 5.4 HIDROGRAMA TIPO PARA LA INCORPORACION DE LOS BOMBEO

En la tabla 5.2 se muestra los datos para los hidrogramas de diseño obtenidas en el proyecto “Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México”.



## 6 CONCLUSIONES

### 6.1 Conclusiones del Proyecto

Con base en las características fisiográficas, hidrográficas y climáticas de las cuencas en estudio se hacen las siguientes observaciones:

- a) Se ve una importante diferencia en la magnitud del área de aportación de cada cuenca, ya que para el río San Rafael su área drenada hasta la confluencia con el río San Francisco es de **293.50 km<sup>2</sup>**, en tanto que para éste último es **131.42 km<sup>2</sup>**, (ver plano 1.1).
- b) La magnitud de las precipitaciones medias anuales, **850 mm** y **690 mm** respectivamente, y máximas en 24 hr para un periodo de retorno de 10 años, **72.63 mm** y **64.47 mm** respectivamente, son del orden en ambas cuencas.
- c) Geológicamente, las cuencas de los ríos San Rafael y San Francisco están situadas dentro de la sierra nevada, que corre desde el Popocatepetl hasta la sierra de Río Frió formada durante la era Plioceno Superior; esta sierra está conformada por lavas porfidoandesíticas, que son el producto de numerosos estrato-volcanes mayores de intensa actividad eruptiva

El fracturamiento y fisuramiento de los basaltos y coladas de lava que predominan en la cuenca del río San Rafael, provoca que el suelo tenga infiltraciones importantes de agua pluvial; además, en esta zona es común encontrar en la superficie materiales piroclásticos producto de erupciones con permeabilidad también muy alta, lo que facilitan la filtración de aguas pluviales al subsuelo hasta los estratos de basalto, que en algunos casos son impermeables, pero en otros casos pueden ser permeables debido a su fracturamiento o fisuramiento; cuando el cauce del río San Rafael cruza materiales de tipo aluvial, en su parte baja donde los materiales son más finos, la permeabilidad en el cauce se reduce considerablemente provocando que los escurrimientos aumenten conforme se avanza hacia aguas abajo.

Contrariamente al tipo de suelos existentes en la cuenca del río San Rafael, en la del río San Francisco se tienen estratos superficiales compuestos de materiales geológicamente más sanos aunque del mismo tipo, lo cual permite que los escurrimientos fluyan superficialmente por las corrientes principales desde las partes más altas, ocasionando una propagación y acumulación de los escurrimientos máximos hacia aguas abajo.

- d) Hidrológicamente, se observa una importante diferencia en la magnitud de los caudales máximos observados históricamente en las dos cuencas, ya que en la cuenca del río San Rafael el gasto máximo (**14.44 m<sup>3</sup>/s**) es aproximadamente tres veces menor que los **56.10 m<sup>3</sup>/s** observados en la cuenca del río San Francisco, cuando por el área de aportación y la magnitud de las precipitaciones debería suceder lo contrario. Sin embargo, los escurrimientos medios anuales tienen un comportamiento más razonable, puesto que con valores de **0.192 m<sup>3</sup>/s** y **0.056 m<sup>3</sup>/s**, en el río San Rafael se tienen gastos medios aproximadamente tres veces

más grandes que en el río San Francisco, lo que indica que los volúmenes de agua llovidos corresponden a la magnitud de las precipitaciones y su área de cuenca correspondiente.

- e) La diferencia de los caudales máximos tiene su explicación en las características de los estratos superiores del suelo, lo cual ya se ha explicado en otros estudios similares como por ejemplo el que lleva por nombre **“RECURSOS AGUA EN LA CUENCA DE CHALCO”**, elaborado en marzo de 1991 por C. Bouvier y E. Didon para la Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco, ya que contrariamente al tipo de suelos existentes en la cuenca del río San Francisco en la del río San Rafael se tienen estratos superficiales que permiten la infiltración del agua precipitada, de modo que la extensión territorial de la cuenca funciona como vaso regulador con almacenamiento subsuperficial, lo que provoca un abatimiento importante de los picos en época de avenidas; sin embargo, los escurrimientos medios anuales son mayores a los que se tienen en el río San Francisco, una vez que el agua sale naturalmente del subsuelo, lo cual muestra que los gastos pico son proporcionales al área de las cuencas de aportación.
- f) De acuerdo al análisis de los caudales máximos y medios anuales, estudiando los escurrimientos a nivel diario, se llegó a la conclusión de que la medición de escurrimientos en las estaciones hidrométricas San Lucas y San Marcos son razonablemente confiables, que además el uso directo de los gastos máximos constituye el método más apropiado para calcular los gastos pico de subcuencas inmersas en la cuenca general de estas corrientes, en virtud de la confiabilidad de los datos y la incongruencia relativa de los resultados que arrojan los otros métodos propuestos.
- g) El método basado en la técnica de correlación y regresión múltiple considerando escasa información y el de Estaciones año también con escasa información, son los que arrojan resultados más parecidos a los que se obtienen con el uso directo de gastos máximos esto corrobora el acierto y la confiabilidad de los método basado en gastos máximos medidos, dado que la correlación y regresión múltiple y Estaciones Año son técnicas razonablemente confiables cuando se carece de información climatológica e hidrométrica.
- h) Para la cuenca del río de La Compañía, aguas abajo de la confluencia de los ríos San Rafael y San Francisco hasta el bordo de Xochiaca, se decidió utilizar el método basado en el modelo lluvia-escurrimiento del Instituto de Ingeniería de la UNAM, por la confiabilidad que representa en virtud de los datos y procedimientos utilizados para establecer su uso (ver el **“ESTUDIO PARA EL ANALISIS REGIONAL DE LAS LLUVIAS EN LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO”**, elaborado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM); además, debido a que los gastos máximos medidos en la estación hidrométrica Los Reyes, localizada en este tramo del río, son incongruentes respecto a los caudales medidos en las estaciones San Lucas y San Marcos, así como a que no hay similitud de las cuencas dado el alto grado de urbanización que se tiene en el área de influencia.

**Con base en las observaciones anteriores, con los ajustes necesarios y previa valoración y aceptación del personal técnico de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, se decidió utilizar los métodos que se describen a continuación:**

- I. Para la cuenca del río San Rafael, desde su origen hasta la confluencia con el río San Francisco, se utilizó el método basado en el uso de los gastos máximos medidos en la estación hidrométrica San Lucas, considerando el mejor ajuste estadístico.
- II. Para la cuenca del río San Francisco, desde su origen hasta la confluencia con el río San Rafael, se utilizó el método basado en el uso de los gastos máximos medidos en la estación hidrométrica San Marcos, considerando los resultados obtenidos con el ajuste estadístico de la función Gumbel, que no es precisamente el mejor ajuste pero que generalmente refleja con más precisión el comportamiento de los escurrimientos máximos, además que arroja valores intermedios respecto a los otros métodos analizados.
- III. Para la cuenca del río de La Compañía, desde la confluencia de los ríos San Rafael y San Francisco hasta el bordo de Xochiaca, se utilizó el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, que está basado en el uso de datos climatológicos y la aplicación de un modelo lluvia-escurrimiento.

Utilizando los métodos elegidos, se calcularon los gastos pico de las posibles avenidas, para lo cual fue necesario definir previamente las cuencas de interés, con base en las zonas potencialmente en riesgo de inundación y a los datos topográficos disponibles.

## **6.2 Conclusiones de la Revisión del Proyecto**

1. Es recomendable que en todo estudio se haga una revisión más amplia de funciones de distribución de probabilidad para obtener el mejor ajuste posible, como se observo en los datos de precipitaciones máximas en 24 horas. Con respecto a los ajustes de funciones de distribución a los datos de gastos máximos anuales, las diferencias en los valores no son muy significativas.
2. **Método del Instituto de Ingeniería.-** Los resultados obtenidos al analizar las cuencas de los ríos San Rafael y San Francisco con el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM para un periodo de retorno de 1000 años resultaron de 192.79 m<sup>3</sup>/s y 87.83 m<sup>3</sup>/s. Mientras que los valores de los ajustes de funciones de distribución a los registros de gastos máximos de las estaciones hidrométricas San Lucas y San Marcos, para el mismo periodo de retorno de 1000 años le correspondieron los gastos de 19.82 m<sup>3</sup>/s y 81.75 m<sup>3</sup>/s. Comparando ambos resultados se observa que las diferencias son muy altas (9.73 veces mayor) para la cuenca del río San Rafael y de 7.44% para la del río San Francisco, lo cual indica que la utilización de este método es muy conservador para la primer cuenca. Sin embargo da resultados para los eventos de diseño de la cuenca del Canal de la Compañía menores que el Método Racional (tabla 4.25).

3. **La aplicación del modelo de correlación múltiple.-** Los análisis realizados para estas dos cuencas, demuestran que cuando se consideró la condición de nula información, los resultados difieren mucho de los ajustes de gastos máximos. Pero para la condición de escasa información, los resultados resultaron muy parecidos a los obtenidos mediante el ajuste de funciones de distribución de probabilidad. Para el primer caso se puede concluir que esto se debe a la baja correlación que existe entre los datos registrados en las cuencas utilizadas (San Andrés, La Grande y Atenco) y los registros de las estaciones San Marcos y San Lucas.
4. **La aplicación de la técnica de Estaciones-Años.-** Bajo la condición de nula información los resultados obtenidos con la aplicación de este método no son adecuados, básicamente debido a que las correlaciones existentes entre los registros de las estaciones San Lucas y San Marcos con relación a los registros de las estaciones San Andrés, La Grande y Atenco son muy bajos, además de no utilizar los registros amplios de cada estación, es decir, se analizó con un periodo común de datos.

Los resultados mejoraron para el caso de escasa información, al considerar la utilización de los registros de las estaciones cercanas como; San Luis Ameca II, El Tejocote y Los Reyes La Paz. Prácticamente los valores obtenidos tiene un error menor del 6 % comparados con los obtenidos mediante el ajuste de funciones de distribución.

5. **La aplicación de la técnica de Avenida Índice.-** Los resultados obtenidos mediante esta técnica son similares a los calculados con la técnica de las Estaciones-Años para ambas condiciones, escasa y nula información, dado que el gasto medio resulta parecido al gasto para un periodo de retorno de 2.33 años, denominado  $Q_{2.33}$ .
6. **Método Racional.-** De acuerdo con los resultados de la revisión del método Racional los escurrimientos en las cuencas del Río San Francisco, San Rafael y Canal de la Compañía tiene más influencia en los escurrimientos el tipo de terreno que la cubierta vegetal, lo cual se pudo comprobar al seleccionar los coeficientes de escurrimiento.

La aplicación del Método Racional da resultados para los eventos de diseño muy altos (conservadores), por lo tanto, gran parte de la eficiencia de este método está en la correcta selección del coeficiente de escurrimiento para cada cuenca. Para su correcta aplicación cuenta mucho la experiencia y criterio del proyectista.

7. **El Análisis de la Confluencia de Ríos.-** Mediante este análisis se obtuvieron los gastos esperados aguas debajo de la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael que corresponden a la estación hidrométrica Los Reyes La Paz, resultando valores superiores a los calculados mediante los ajustes de funciones de distribución aplicadas a los datos de dicha estación. Lo anterior, aunado al escaso número de registros de la misma, permitió considerar que es correcto determinar los gastos de aportación de la cuenca del Canal de la Compañía mediante modelos lluvia escurrimiento o técnicas regionales.

8. Se puede concluir que para la cuenca del Canal de la Compañía, aplicar el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM resultó ser adecuado, además de sencillo y de fácil aplicación.
9. Es adecuada la decisión tomada en el proyecto de obtener los valores de los parámetros de diseño para las estaciones San Lucas y San Marcos con los ajustes de funciones de distribución a los gastos máximos anuales y utilizar el método del Instituto de Ingeniería para la cuenca baja del canal de la Compañía que es una cuenca prácticamente urbanizada.
10. Para las cuencas del río San Rafael y San Francisco existe poca diferencia entre los valores de los parámetros de diseño obtenidos con los ajustes de funciones de distribución utilizadas en el proyecto y las utilizadas en el presente trabajo, por lo tanto, es aceptable obtener los hidrogramas de diseño con los valores y procedimientos indicados en el proyecto analizado.

Para los eventos de diseño del Canal de la Compañía, cabe mencionar que los gastos de diseño obtenidos en el proyecto "Estudio Integral para Mejorar el funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía del Valle de México", aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM resultaron mayores a los calculados en el trabajo de tesis, por que en el proyecto se consideró a esta cuenca como grande, en ves de pequeña. Por lo tanto, se tendrá una sobrestimación al realizar el transito de avenidas en el cauce.

## REFERENCIAS

- 1.- Aparicio M. F., 1999. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa. México. pp. 113-303.
- 2.- Campos Aranda. D.F., 1987. Procesos del Ciclo Hidrológico. Vol. I y II. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí México. 219p.
- 3.- Dirección de Proyectos de Irrigación. Secretaria de Recursos Hidráulicos. 1972. Estudio de Regionalización y Predicción de Tormentas y Avenidas de Diseño. México. 152p.
- 4.- Escalante C. y Lilia Reyes., 2002. Técnicas Estadísticas en Hidrología. Facultad de Ingeniería UNAM. México. 300p.
- 5.- Escalante C. y Lilia Reyes., 2005. Análisis de sequías Vol. 1. Facultad de Ingeniería UNAM. México. pp. 117-132.
- 6.- Instituto de Ingeniería de la UNAM., 1999. Estudio Integral para Mejorar el Funcionamiento Hidráulico del Río de la Compañía. Gerencia Regional de Aguas del Valle de México. México. 628p.
- 7.- Instituto de Ingeniería de la UNAM., 1998. Estudio para el Análisis Regional de las Lluvias en la cuenca del Valle de México. Gerencia Regional de Aguas del Valle de México. México. 100p.
- 8.- Moreno Bonet A. y Jaufred M. F. J., 1969. Elementos de Probabilidad y Estadística. Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A. México. 283p.
- 9.- Silva Casarín Rodolfo., 1998. Apuntes del Curso Hidráulica Maritima. DEPMI. UNAM. México. pp. 67-76.
- 10.- Springall G. Rolando., 1970. Hidrología Primera parte.- Publicación D7. Instituto de Ingeniería de la UNAM. México. 209p.
- 11.- T. Chow V. , R. Maidment. D., W. Mays L., 1994. Hidrología Aplicada. Editorial McGraw-Hill. México. pp. 455-499, pp. 506-519.

**ANEXO A**  
**(Tablas y Gráficas)**

**TABLA 1.1 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS)**

ESTACION CLIMATOLÓGICA													
AMECAMECA													
ESTADO													
ESTADO DE MÉXICO													
REGISTRO HIDROLÓGICO													
CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO													
COORDENADAS GEOGRÁFICAS													
LATITUD : 19°08'00"													
LONGITUD : 98°46'00"													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1931	8.47	0.08	0.33	9.57	122.27	153.98	227.45	185.15	217.55	21.16	0.08	37.52	983.61
1932	0.00	12.71	9.67	2.57	58.30	91.10	189.64	173.85	211.61	141.50	11.18	1.62	903.75
1933	0.09	5.75	3.60	3.56	37.98	92.98	191.12	355.75	226.68	62.77	33.61	5.73	1,019.62
1934	12.31	22.94	21.95	57.33	90.42	77.88	133.97	243.31	340.12	48.08	18.24	14.55	1,081.10
1935	3.23	11.61	45.25	12.41	118.29	267.11	173.17	157.25	186.13	24.02	4.64	0.80	1,003.91
1936	10.63	1.23	0.41	24.10	105.38	90.89	261.97	200.46	215.33	101.13	7.34	1.08	1,019.95
1937	7.81	11.04	30.02	26.04	143.51	209.63	232.73	143.27	173.13	61.86	11.32	3.71	1,054.07
1938	0.00	28.78	33.10	20.96	40.50	145.92	172.33	129.61	132.21	35.39	39.28	3.39	781.47
1939	8.65	0.24	7.62	58.12	76.49	124.77	180.51	132.33	94.69	116.99	0.08	2.52	803.01
1940	28.41	2.10	64.14	2.53	116.04	176.42	211.85	155.70	60.07	22.76	16.09	10.20	866.31
1941	2.41	31.86	15.28	42.03	40.69	234.96	179.09	83.36	305.36	147.76	27.27	35.00	1,145.07
1942	6.23	14.07	20.67	17.00	66.66	222.56	161.22	183.14	213.36	43.13	43.10	8.91	1,000.05
1943	0.00	0.00	24.00	6.50	72.50	268.50	190.00	212.00	180.00	30.50	22.00	1.50	1,007.50
1944	2.50	0.00	0.00	0.00	85.60	248.50	224.50	207.00	173.50	40.50	0.00	0.00	982.10
1945	0.00	0.00	11.30	29.50	58.10	86.50	160.50	233.50	291.50	80.50	12.00	0.00	963.40
1946	0.00	0.00	0.00	60.30	78.50	183.00	135.50	134.00	174.00	0.00	0.00	23.00	788.30
1947	23.00	0.00	6.00	0.00	8.30	106.30	134.80	201.40	120.00	106.40	10.00	33.50	749.70
1948	39.50	0.00	0.00	45.00	109.50	151.00	126.50	274.40	214.00	38.00	0.00	0.00	997.90
1949	0.00	0.00	0.00	0.00	93.50	53.00	122.50	54.00	80.00	18.00	0.00	0.00	421.00
1950	27.00	7.00	17.50	11.00	129.00	80.50	221.50	147.50	130.00	28.00	0.00	0.00	799.00
1951	0.00	0.00	19.50	14.50	45.00	125.00	190.00	177.50	128.50	95.50	30.00	0.00	825.50
1952	0.00	15.50	0.00	85.00	129.00	200.00	194.00	204.00	171.00	13.00	37.50	0.00	1,049.00
1953	0.00	0.00	0.00	6.00	29.00	219.50	101.50	189.50	120.50	112.00	72.50	2.00	852.50
1954	0.00	11.50	7.50	54.50	169.00	146.00	133.50	179.00	178.00	103.50	19.00	0.00	1,001.50
1955	14.80	0.00	18.00	6.50	45.50	84.50	264.50	238.50	275.50	78.00	29.50	16.00	1,071.30
1956	3.00	0.00	10.50	52.50	159.00	178.60	255.00	192.50	171.00	38.00	4.00	4.00	1,068.10
1957	0.00	29.50	0.00	32.00	82.00	241.50	113.50	144.00	200.50	118.00	6.00	0.00	967.00
1958	90.50	28.50	0.00	11.00	96.80	171.00	239.00	165.70	217.50	127.50	120.00	36.00	1,303.50
1959	49.00	1.00	0.00	160.00	81.50	182.00	195.00	189.00	82.00	190.50	6.50	0.00	1,136.50
1960	6.00	0.00	0.00	9.00	57.50	115.50	187.00	105.10	245.50	76.00	4.50	0.00	806.10
1961	4.50	0.00	8.00	21.00	66.00	154.80	190.00	160.50	228.40	9.10	75.00	0.00	917.30
1962	14.80	7.60	11.30	32.20	92.60	141.10	49.00	155.00	169.10	73.00	13.00	4.00	762.70
1963	0.00	0.00	20.34	17.33	137.95	154.78	237.95	194.23	174.13	113.15	5.35	2.39	1,057.60
1964	34.75	0.00	17.98	34.13	156.47	215.85	126.62	148.12	176.96	90.70	15.93	10.42	1,027.93
1965	21.35	31.56	11.03	19.37	83.26	171.95	119.56	282.13	159.29	96.07	12.80	12.68	1,021.05
1966	14.80	7.60	11.30	32.20	62.50	128.00	179.50	178.00	246.00	79.00	10.50	0.00	949.40
1967	2.00	0.00	18.00	6.50	49.80	96.00	341.00	263.00	186.19	68.04	17.30	6.76	1,054.59
1968	7.17	33.25	4.36	82.40	100.06	301.87	138.85	146.96	152.31	61.19	9.37	23.96	1,061.75
1969	13.44	8.42	11.30	7.00	29.50	107.90	127.80	338.30	248.10	100.50	0.00	4.50	996.76
1970	1.00	15.30	0.00	0.00	100.10	321.40	221.00	194.70	244.50	70.50	0.00	0.00	1,168.50
1971	0.00	3.20	26.80	43.80	43.40	132.30	175.30	201.10	224.20	101.20	7.10	23.10	981.50
1972	2.10	1.10	58.20	84.60	175.00	198.60	229.60	142.30	231.20	57.50	15.60	6.10	1,201.90
1973	3.10	4.20	0.00	62.80	183.30	127.10	183.60	176.20	278.10	193.30	48.60	4.10	1,264.40
1974	5.40	13.40	54.90	29.50	81.60	139.00	137.00	122.10	252.20	15.00	0.00	0.00	850.10
1975	32.10	28.10	0.00	2.00	161.70	166.90	185.10	128.40	132.80	64.00	2.00	0.00	903.10
1976	0.00	2.50	25.00	66.80	88.50	118.20	253.90	193.30	238.50	159.00	61.30	40.30	1,247.30
1977	4.20	13.80	2.40	34.80	111.20	126.50	129.20	223.40	221.50	24.50	1.90	9.10	902.50
1978	4.00	12.50	39.70	7.20	66.80	209.40	181.40	182.50	229.00	81.30	8.00	4.00	1,025.80
1979	0.00	21.50	0.00	35.00	57.20	90.50	136.80	156.60	166.00	17.80	1.50	39.50	722.40
1980	126.40	0.00	0.00	28.70	73.10	91.20	161.50	207.90	143.70	101.90	32.40	0.00	966.80
1981	33.20	40.00	24.50	39.20	64.30	223.90	238.00	150.20	235.50	57.80	2.50	12.50	1,121.60
1982	0.00	35.90	10.50	41.00	126.20	108.60	182.90	120.50	103.40	44.90	0.00	0.00	773.90
1983	23.80	23.00	13.20	0.00	23.10	193.90	198.40	182.50	164.50	57.20	9.80	0.50	889.90
1984	24.50	16.00	10.60	4.90	63.10	172.00	264.90	166.80	187.90	59.40	0.00	0.00	970.10
1985	0.00	5.50	14.40	51.50	60.60	210.20	173.20	96.80	158.10	59.60	15.90	6.00	851.80
1986	0.00	0.00	0.00	55.80	122.90	199.30	169.20	164.20	97.10	45.50	25.50	7.60	887.10
1987	0.00	1.00	14.90	38.70	46.00	219.10	173.30	238.60	76.90	0.00	5.00	0.00	813.50
1988	0.00	0.00	53.00	15.90	35.30	173.70	152.60	186.40	204.00	23.80	0.00	0.00	844.70
1989	0.26	1.10	3.57	23.41	59.38	155.58	114.98	240.00	109.97	53.48	10.05	12.57	784.35
1990	2.60	12.06	11.23	49.76	106.50	132.36	221.42	152.74	166.60	119.32	9.13	6.96	990.68
MAX	126.40	40.00	64.14	160.00	183.30	321.40	341.00	355.75	340.12	193.30	120.00	40.30	1,303.50
MED	11.98	9.57	14.05	30.45	86.22	161.85	181.62	181.42	185.59	70.30	16.69	7.97	957.71
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	53.00	49.00	54.00	60.07	0.00	0.00	0.00	421.00

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).



**TABLA 1.2 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS)**

ESTACION CLIMATOLÓGICA														ESTADO		REGISTRO HIDROLÓGICO				COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
COATEPEC DE LOS OLIVOS														ESTADO DE MÉXICO		CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO				LATITUD (N):		19°23'00"	
														MÉXICO						LONGITUD (W):		98°51'00"	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL										
1931	7.55	0.83	0.57	15.69	93.94	104.16	164.18	112.36	112.39	21.22	0.06	26.12	659.07										
1932	0.00	11.30	7.14	4.80	58.96	72.65	118.93	106.10	93.73	115.62	8.96	1.17	599.36										
1933	0.27	2.97	11.64	7.06	27.40	40.67	115.91	237.16	123.05	32.13	24.09	3.27	625.62										
1934	12.00	20.79	20.07	60.95	62.01	68.31	106.74	155.33	172.72	29.61	10.92	12.78	732.23										
1935	4.12	2.69	36.78	16.51	98.93	153.29	128.95	111.76	129.44	22.78	1.99	3.31	710.55										
1936	60.39	0.83	1.42	30.72	100.63	59.89	202.35	133.97	114.85	69.75	10.02	3.72	788.54										
1937	5.12	20.44	52.22	32.32	126.91	162.68	178.06	103.11	75.06	53.12	14.44	3.25	826.73										
1938	0.00	19.16	42.63	29.35	45.43	88.23	106.30	56.84	96.04	65.60	53.11	2.48	605.17										
1939	7.50	0.24	11.37	58.48	45.59	86.64	113.02	81.25	63.05	77.89	0.06	2.46	547.55										
1940	28.98	1.22	41.03	1.72	85.94	123.51	107.47	96.65	23.56	17.90	13.05	10.25	551.28										
1941	5.92	22.33	13.36	40.88	49.39	156.84	113.41	61.91	170.15	102.11	14.23	26.28	776.81										
1942	9.83	5.14	20.91	21.13	28.26	161.16	67.76	118.37	113.13	25.78	31.00	12.86	615.33										
1943	0.94	0.39	11.57	28.72	71.44	102.42	66.91	124.16	84.15	5.43	10.25	11.23	517.61										
1944	0.18	0.19	17.94	11.64	53.06	79.12	130.81	139.71	177.81	12.15	13.90	0.03	636.54										
1945	3.00	3.16	23.05	22.34	34.64	80.55	117.40	95.10	71.43	32.30	24.38	0.36	507.71										
1946	15.49	7.53	11.21	68.54	72.54	103.21	69.74	88.48	63.26	71.51	19.39	3.78	594.68										
1947	14.00	7.59	1.23	45.55	138.16	79.99	71.00	143.52	93.70	66.13	47.12	8.57	716.56										
1948	23.32	0.00	10.14	22.26	86.93	94.93	155.16	98.05	85.31	54.93	22.80	1.03	654.86										
1949	3.46	0.00	7.89	15.20	74.16	86.39	81.44	62.26	99.36	25.23	2.98	1.57	459.94										
1950	7.65	0.76	20.53	35.78	88.24	68.88	106.40	75.90	83.35	35.25	0.00	0.23	522.97										
1951	0.00	0.00	37.46	11.69	112.49	126.71	141.04	106.62	99.47	26.42	4.18	0.22	666.30										
1952	13.47	5.03	0.04	62.16	124.07	115.51	87.99	90.82	91.52	11.17	87.93	0.00	689.71										
1953	5.69	1.95	2.79	27.66	14.34	107.07	83.02	119.03	79.54	65.01	21.45	2.11	529.66										
1954	0.00	17.69	14.71	48.24	105.38	112.25	118.98	115.33	123.49	137.65	14.87	0.00	808.59										
1955	6.59	0.00	5.90	3.59	32.58	59.22	162.28	167.23	239.10	37.52	11.35	10.41	735.77										
1956	2.22	6.02	0.42	34.13	127.89	114.53	148.49	85.56	83.40	19.72	16.81	0.72	639.91										
1957	0.00	21.28	3.02	56.63	51.63	89.53	74.04	50.13	78.70	32.77	10.14	5.40	473.27										
1958	128.46	12.63	2.45	21.54	89.27	101.27	175.32	151.66	197.46	96.95	48.83	28.71	1,054.55										
1959	6.85	2.78	6.04	53.57	41.41	169.64	133.71	101.35	78.94	129.57	1.94	0.49	726.29										
1960	2.11	2.82	10.72	9.57	58.93	50.62	131.88	130.74	88.28	70.61	10.32	6.38	572.98										
1961	6.90	3.60	3.40	44.30	12.90	184.10	156.70	141.10	39.20	52.30	8.50	3.50	656.50										
1962	0.00	0.00	0.60	74.60	25.60	129.50	67.90	85.90	116.00	38.90	7.20	0.50	546.70										
1963	0.00	0.00	26.80	11.10	107.50	119.60	174.60	71.90	125.30	47.10	0.00	2.30	686.20										
1964	24.00	0.00	17.00	16.00	117.50	111.40	91.70	79.20	90.50	19.60	17.80	6.80	591.50										
1965	8.40	42.40	0.00	32.80	33.50	78.90	154.90	191.00	95.50	56.80	6.00	7.30	707.50										
1966	11.10	6.20	77.60	67.40	24.10	70.80	146.10	200.10	67.60	33.90	0.00	2.80	707.70										
1967	72.50	0.60	8.00	21.20	42.80	69.10	104.80	165.70	114.60	136.10	6.90	1.40	743.70										
1968	5.30	33.50	0.00	66.00	85.40	197.60	98.20	77.20	63.50	47.50	3.00	15.30	692.50										
1969	11.10	3.90	22.70	7.00	16.70	41.90	139.10	219.20	93.50	31.60	2.70	0.00	589.40										
1970	3.20	5.70	0.00	5.60	59.80	127.70	89.80	59.90	134.80	58.00	0.00	0.00	544.50										
1971	0.00	0.00	43.70	10.40	22.70	134.40	111.30	91.40	75.10	70.50	2.80	14.30	576.60										
1972	0.60	2.20	10.20	68.90	129.60	93.90	97.70	70.90	146.70	27.40	8.30	0.00	656.40										
1973	0.00	5.80	7.00	26.20	54.60	77.40	74.10	142.40	88.50	37.70	26.70	0.00	540.40										
1974	0.00	0.50	15.20	69.00	52.40	91.50	120.00	109.40	105.30	65.90	0.00	0.00	629.20										
1975	31.80	8.90	0.00	3.00	159.10	118.80	200.00	97.30	49.30	17.80	0.00	0.00	686.00										
1976	0.00	10.70	14.90	37.10	94.40	44.60	119.00	134.60	107.90	140.90	10.60	49.60	764.30										
1977	0.50	2.50	0.00	14.20	123.50	106.10	117.20	61.20	80.80	63.00	27.20	3.50	599.70										
1978	2.50	14.60	52.90	7.50	41.30	151.90	103.60	72.90	92.60	84.20	12.50	3.00	639.50										
1979	0.00	24.20	18.30	16.50	94.20	98.20	172.90	113.30	228.90	1.60	10.30	30.40	808.80										
1980	65.20	6.20	0.80	39.60	34.30	129.30	118.60	190.20	72.90	65.00	38.10	0.00	760.20										
1981	25.00	12.00	12.00	51.30	98.40	144.80	166.10	103.30	83.80	45.90	0.50	5.80	748.90										
1982	0.00	20.30	8.50	32.90	121.00	51.10	64.80	53.90	27.40	46.60	0.00	2.50	429.00										
1983	19.20	21.40	14.20	0.00	18.80	76.40	205.90	95.40	117.80	48.30	3.70	1.80	622.90										
1984	15.00	22.70	11.80	0.00	62.40	130.30	184.00	89.50	88.10	63.50	0.00	2.20	669.50										
1985	1.00	2.70	32.50	63.50	54.40	206.00	83.40	92.60	72.50	8.00	35.80	1.00	653.40										
1986	0.00	0.00	0.00	40.00	67.60	216.20	83.70	165.10	56.20	43.10	4.60	0.70	677.20										
1987	0.00	0.30	18.00	19.10	52.00	116.90	119.50	136.30	59.10	0.00	11.30	0.00	532.50										
1988	0.00	22.50	66.00	18.60	34.70	134.00	104.20	100.10	123.90	16.90	0.00	0.00	620.90										
1989	1.64	2.89	6.16	18.59	52.97	113.88	84.50	160.78	69.68	41.21	11.48	12.44	576.22										
1990	2.60	12.07	13.89	48.16	73.02	78.46	142.80	88.29	70.21	78.66	7.92	5.06	621.14										
MAX	128.46	42.40	77.60	74.60	159.10	216.20	205.90	237.16	239.10	140.90	87.93	49.60	1,054.55										
MED	11.38	8.10	15.81	30.48	69.46	107.74	121.26	113.01	99.38	50.86	13.57	6.02	647.09										
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	12.90	40.67	64.80	50.13	23.56	0.00	0.00	0.00	429.00										

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.3 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS)**

ESTACION CLIMATOLÓGICA													
CHALCO													
ESTADO													
ESTADO DE MÉXICO													
REGISTRO HIDROLÓGICO													
CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO													
COORDENADAS GEOGRÁFICAS													
LATITUD (N): 19°16'00"													
LONGITUD (W): 98°54'00"													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1931	7.54	0.06	0.29	7.21	79.79	97.11	173.13	118.36	115.13	13.16	0.04	27.69	639.51
1932	0.00	8.03	8.51	1.90	39.23	58.31	142.21	112.58	113.97	90.05	6.96	1.19	582.94
1933	0.08	3.90	3.22	2.81	25.65	60.73	145.90	232.04	126.67	40.46	23.20	4.23	668.89
1934	10.90	15.48	19.33	47.14	58.47	49.03	100.80	157.47	190.99	31.28	11.75	10.74	703.38
1935	2.90	9.89	40.24	9.72	76.41	171.11	129.53	103.25	103.08	15.09	3.36	0.60	665.18
1936	9.43	0.93	0.37	20.05	69.88	58.69	197.83	130.30	120.12	64.51	5.55	0.79	678.45
1937	6.97	6.86	26.41	21.71	93.58	132.20	174.79	92.43	93.75	39.23	6.72	2.75	697.40
1938	0.00	20.88	28.46	16.20	26.28	92.70	130.11	81.87	65.63	22.86	25.25	2.49	512.73
1939	7.82	0.17	6.73	46.67	49.22	80.28	135.73	85.05	48.68	73.79	0.04	1.86	536.04
1940	25.49	1.36	57.46	2.02	75.71	111.54	160.55	100.58	34.77	14.48	9.65	7.53	601.14
1941	2.15	22.54	13.44	34.46	27.18	149.54	135.75	53.87	160.53	94.20	19.26	25.84	738.76
1942	5.56	11.12	18.23	13.42	43.09	142.60	122.72	120.34	116.89	27.79	29.73	6.56	658.05
1943	1.27	0.43	15.47	23.99	55.80	87.54	82.39	129.14	118.15	18.08	10.06	11.36	553.68
1944	0.25	0.19	9.93	1.33	38.66	89.54	154.66	190.85	140.63	14.35	11.09	0.03	651.51
1945	3.10	2.18	9.94	14.80	30.78	57.61	134.13	137.99	70.67	31.80	20.25	0.00	513.25
1946	19.26	6.39	8.28	70.95	63.70	110.66	72.19	109.39	72.85	54.44	17.68	0.20	605.99
1947	15.19	1.96	0.29	39.43	131.78	69.74	90.42	171.82	98.01	44.56	29.82	14.75	707.77
1948	22.37	0.00	14.43	21.39	61.19	106.07	186.13	100.40	83.86	39.07	22.46	6.42	663.79
1949	7.04	3.04	8.28	17.16	47.84	88.60	65.22	46.91	84.65	24.60	1.80	0.82	395.96
1950	4.16	1.15	17.01	12.57	69.42	70.69	117.13	74.14	89.58	34.19	0.00	0.23	490.27
1951	0.00	0.00	25.77	7.97	75.87	115.72	164.24	99.99	146.23	33.46	11.70	0.06	681.01
1952	14.04	9.75	0.00	44.54	87.70	124.48	122.22	105.08	109.29	8.66	69.53	0.00	695.29
1953	1.07	0.79	1.21	11.03	11.88	98.83	90.65	105.72	70.63	63.22	15.51	0.06	470.60
1954	0.00	18.18	10.37	121.36	72.14	116.74	111.25	101.63	113.83	91.53	24.14	0.00	781.17
1955	3.88	0.00	7.99	2.22	26.00	71.23	222.18	152.63	203.96	54.78	10.89	8.74	764.50
1956	2.31	16.35	0.33	39.57	153.16	98.32	164.52	72.49	93.61	21.68	11.28	0.50	674.12
1957	0.00	24.74	0.29	31.37	39.62	97.47	89.95	56.20	76.86	28.78	7.19	1.17	453.64
1958	132.81	20.24	0.00	13.27	66.45	100.58	210.68	117.32	184.46	91.27	71.26	35.73	1,044.07
1959	10.23	1.94	4.60	52.59	26.31	152.25	122.16	90.82	48.44	111.49	2.41	0.00	623.24
1960	5.22	1.96	3.30	7.49	38.51	60.70	149.54	111.93	108.93	43.87	1.85	6.09	539.39
1961	9.00	3.00	16.50	1.60	32.10	213.10	182.70	78.70	84.90	7.70	11.30	4.00	644.60
1962	0.00	0.00	4.00	73.20	46.50	107.90	86.10	134.20	120.20	87.70	6.50	18.50	684.80
1963	0.00	0.00	24.00	12.30	61.30	104.30	146.70	113.00	83.00	72.50	6.20	0.00	623.30
1964	18.10	0.00	9.60	3.50	95.90	123.90	124.30	67.80	62.90	17.40	8.80	3.30	535.50
1965	6.00	22.70	0.00	51.30	51.50	120.40	165.60	177.20	47.00	66.70	0.00	13.00	721.40
1966	12.50	1.30	47.60	30.90	31.70	129.60	196.40	156.50	76.50	41.80	0.00	3.50	728.30
1967	91.00	0.00	3.40	52.30	37.40	97.40	161.00	190.20	151.00	50.20	9.30	4.20	847.40
1968	16.30	17.50	0.00	59.10	44.60	203.20	129.80	77.60	73.40	74.90	1.20	15.90	713.50
1969	12.60	1.60	7.50	7.30	12.10	67.20	133.10	161.40	179.10	6.30	0.00	0.00	588.20
1970	3.20	4.80	0.00	10.50	24.30	96.40	188.70	165.20	110.30	79.40	0.00	0.00	682.80
1971	0.00	1.70	14.30	31.60	25.10	111.40	79.60	113.00	105.50	26.30	11.40	16.70	536.60
1972	0.00	1.40	19.30	45.20	164.00	85.30	198.00	111.50	104.80	60.80	18.70	0.00	809.00
1973	0.00	4.80	0.60	23.20	87.20	109.10	142.80	125.20	97.80	74.80	14.70	0.00	680.20
1974	0.00	0.00	28.90	38.20	40.10	118.40	84.50	115.90	55.80	25.50	6.50	0.00	513.80
1975	35.50	0.90	1.80	2.90	124.60	102.90	88.80	187.00	68.60	19.80	0.00	0.00	632.80
1976	0.50	7.50	23.80	43.10	88.10	61.60	163.40	174.60	180.90	118.60	5.80	21.00	888.90
1977	1.00	9.40	0.00	3.80	77.50	79.70	88.80	55.30	115.40	34.40	18.20	4.50	488.00
1978	3.80	9.80	60.70	1.00	23.90	154.00	206.40	91.50	89.90	65.90	8.50	0.50	715.90
1979	0.00	21.90	0.60	15.90	56.50	82.00	134.30	149.60	122.60	1.40	0.00	32.70	617.50
1980	56.40	1.80	3.30	55.20	24.90	42.30	51.60	126.60	73.10	71.70	20.90	0.00	527.80
1981	26.40	25.60	9.10	26.10	52.70	115.20	102.30	113.80	75.50	53.40	3.70	2.60	606.40
1982	0.00	17.30	0.50	15.40	45.90	62.70	139.20	58.80	26.90	35.70	0.30	1.20	403.90
1983	10.30	15.60	12.00	0.00	7.60	53.40	182.20	105.90	77.90	35.70	5.40	2.50	508.50
1984	11.70	5.80	2.00	3.50	72.00	85.80	146.70	97.60	76.40	42.50	0.00	2.60	546.60
1985	0.00	16.60	15.00	26.60	30.30	161.80	128.80	69.60	130.20	15.90	10.10	11.40	616.30
1986	0.00	0.00	0.00	37.40	90.80	134.70	185.10	165.50	54.90	52.40	8.40	2.00	731.20
1987	0.00	0.30	12.20	12.30	27.70	116.60	114.20	164.70	71.90	0.00	9.20	0.00	529.10
1988	0.00	0.20	51.20	19.40	50.40	95.10	133.10	97.10	97.20	10.70	0.70	0.00	555.10
1989	2.00	1.50	6.60	12.40	15.60	134.20	73.20	146.00	87.60	24.60	11.80	9.40	524.90
1990	2.28	8.33	9.92	41.58	68.32	82.89	166.72	97.78	84.92	76.56	5.63	5.15	650.08
<b>MAX</b>	132.81	25.60	60.70	121.36	164.00	213.10	222.18	232.04	203.96	118.60	71.26	35.73	1,044.07
<b>MED</b>	10.66	6.86	12.41	25.22	56.20	102.89	137.05	117.52	99.85	44.80	11.39	5.88	630.74
<b>MIN</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	7.60	42.30	51.60	46.91	26.90	0.00	0.00	0.00	395.96

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

TABLA 1.4 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES ( EN MILIMETROS)													
ESTACION CLIMATOLÓGICA				ESTADO		REGISTRO HIDROLÓGICO				COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
CHIMALHUACAN				ESTADO DE MÉXICO		CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO				LATITUD (N):		19°25'10"	
										LONGITUD (W):		98°58'45"	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1969	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	144.30	179.00	56.00	17.50	1.50	0.00	410.30
1970	6.00	5.00	0.00	3.50	36.00	117.20	137.20	114.50	95.10	23.00	0.00	0.00	537.50
1971	0.00	0.00	9.50	40.00	57.10	189.70	109.20	86.90	97.70	75.70	11.00	14.50	691.30
1972	0.00	1.00	9.00	68.00	81.70	98.50	177.50	47.50	115.80	29.30	8.70	0.00	637.00
1973	0.00	2.00	6.50	34.00	55.50	66.70	112.10	172.70	132.20	36.90	7.50	0.00	626.10
1974	0.00	1.50	12.00	22.80	50.00	125.30	188.70	61.80	70.00	24.30	0.00	0.00	556.40
1975	35.00	10.00	0.00	5.00	97.50	79.00	80.50	120.00	51.50	15.00	0.00	0.00	493.50
1976	0.00	7.00	6.00	42.70	99.80	24.10	74.10	118.00	126.60	128.70	9.00	35.50	671.50
1977	1.00	2.00	0.00	16.80	79.90	59.60	159.40	60.20	60.80	39.10	13.70	3.00	495.50
1978	2.50	12.50	50.50	3.40	27.00	228.70	111.40	78.10	105.90	58.00	13.00	8.00	699.00
1979	0.00	29.00	1.10	36.00	61.40	45.10	151.00	206.20	130.80	0.00	2.20	23.00	685.80
1980	45.00	8.70	0.00	53.50	61.70	91.00	58.00	132.40	58.70	67.00	46.70	0.00	622.70
1981	23.00	10.00	8.50	77.40	43.60	187.30	137.00	121.00	54.50	45.20	7.20	4.50	719.20
1982	0.00	9.00	10.70	41.70	96.80	78.60	140.90	77.80	25.50	44.80	0.00	0.00	525.80
1983	20.80	9.50	18.50	0.00	30.50	132.30	164.90	91.50	134.70	30.00	4.50	0.00	637.20
1984	8.50	12.00	7.50	0.00	39.90	109.50	150.40	70.40	92.20	35.60	0.00	0.00	526.00
1985	2.00	5.00	9.00	56.90	34.20	130.80	79.80	69.00	61.90	16.50	9.50	0.00	474.60
1986	0.00	5.00	0.00	21.00	57.00	194.80	65.00	106.00	32.50	92.30	7.00	0.00	580.60
1987	0.00	0.00	0.00	5.00	27.10	58.90	142.30	103.80	0.00	0.00	26.00	0.00	363.10
1988	22.00	0.00	0.00	0.00	40.00	90.50	119.50	49.00	80.30	20.50	0.00	0.00	421.80
1989	0.00	8.00	2.00	16.50	13.30	148.00	117.50	82.50	55.00	13.00	0.00	5.00	460.80
1990	25.00	2.50	15.50	80.00	62.50	98.50	102.50	143.60	139.50	51.50	0.00	0.00	721.10
1991	0.00	8.50	0.00	5.00	61.00	107.55	123.78	104.18	78.00	114.00	7.61	4.25	613.87
MAX	45.00	29.00	50.50	80.00	99.80	228.70	188.70	206.20	139.50	128.70	46.70	35.50	721.10
MED	8.30	6.44	7.23	27.36	52.76	107.55	123.78	104.18	80.66	42.52	7.61	4.25	572.64
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	58.00	47.50	0.00	0.00	0.00	0.00	363.10

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

TABLA 1.5 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES ( EN MILIMETROS)													
ESTACION CLIMATOLÓGICA				ESTADO		REGISTRO HIDROLÓGICO				COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
IXTAPALUCA				ESTADO DE MÉXICO		CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO				LATITUD (N):		19°18'56"	
										LONGITUD (W):		98°52'56"	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981	9.38	5.11	13.18	30.48	62.20	109.00	118.40	129.80	66.00	45.70	18.20	7.30	614.75
1982	0.00	6.50	0.00	32.40	68.10	36.00	121.70	78.00	32.30	54.70	0.00	7.00	436.70
1983	13.60	18.40	18.00	0.00	65.97	125.28	122.65	113.99	160.60	33.30	11.64	6.00	689.43
1984	15.90	7.50	2.20	3.90	72.10	98.20	129.70	51.90	97.20	46.60	0.00	0.00	525.20
1985	1.50	8.00	12.00	68.90	50.00	136.50	98.50	30.50	73.50	22.50	0.00	0.00	501.90
1986	0.00	0.00	0.00	49.50	35.40	141.50	160.00	152.50	72.50	48.50	16.50	2.00	678.40
1987	0.00	0.00	13.80	14.50	30.50	138.50	127.50	171.50	107.50	0.00	19.00	0.00	622.80
1988	0.00	2.50	52.50	52.00	67.50	110.50	114.50	129.00	71.50	13.50	0.00	0.00	613.50
1989	7.50	2.50	13.18	16.50	32.00	140.00	87.50	102.50	72.50	26.00	10.00	31.00	541.18
1990	9.50	7.00	16.50	55.00	59.00	100.50	151.00	124.00	75.00	71.50	0.00	6.28	675.28
1991	0.00	0.00	0.00	2.00	87.00	165.60	119.80	60.80	95.60	94.70	5.00	11.00	641.50
1992	58.00	9.00	23.00	47.00	141.30	39.00	111.00	181.00	156.40	114.00	71.00	11.00	961.70
1993	10.00	5.00	7.00	22.00	37.90	178.90	126.10	112.70	73.80	7.00	0.00	0.00	580.40
1994	6.00	0.00	13.18	32.60	114.60	234.50	128.80	157.70	160.00	65.00	11.64	6.28	930.30
MAX	58.00	18.40	52.50	68.90	141.30	234.50	160.00	181.00	160.60	114.00	71.00	31.00	961.70
MED	9.38	5.11	13.18	30.48	65.97	125.28	122.65	113.99	93.89	45.93	11.64	6.28	643.79
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	30.50	36.00	87.50	30.50	32.30	0.00	0.00	0.00	436.70

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.6 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS)**

ESTACION CLIMATOLÓGICA													
ESTADO													
REGISTRO HIDROLÓGICO													
COORDENADAS GEOGRÁFICAS													
MANUEL AVILA CAMACHO													
ESTADO DE MÉXICO													
CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO													
LATITUD (N): 19°19'00"													
LONGITUD (W): 98°45'00"													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1931	1.19	0.64	18.32	122.87	138.78	171.95	126.93	127.97	23.16	0.08	45.43	26.12	803.44
1932	16.04	7.98	5.62	77.01	96.80	124.72	119.74	106.37	125.69	12.55	2.06	1.17	695.75
1933	4.26	12.85	8.24	35.59	54.17	121.42	267.38	139.41	35.21	34.76	5.36	3.27	721.92
1934	29.36	22.36	70.79	81.15	91.03	111.88	175.41	194.81	32.10	15.51	21.81	12.78	858.99
1935	3.80	40.91	19.11	129.71	204.24	135.20	125.92	146.85	24.70	2.90	5.90	3.31	842.55
1936	1.16	1.57	35.77	131.64	79.79	211.99	150.91	129.89	76.33	14.07	6.52	3.72	843.36
1937	29.19	58.13	37.71	166.22	216.74	186.65	116.40	84.97	57.80	20.30	5.64	3.25	983.00
1938	27.08	47.65	34.18	59.62	117.55	111.46	64.67	110.10	69.84	73.75	4.06	2.48	722.44
1939	0.34	12.62	68.22	59.60	115.46	118.54	91.78	72.05	85.74	0.08	4.35	2.46	631.24
1940	1.75	45.99	2.02	112.39	164.55	112.78	108.99	26.33	19.51	18.53	17.80	10.25	640.89
1941	31.57	14.87	47.49	64.65	208.99	118.89	69.65	193.69	111.66	20.11	45.17	26.28	953.02
1942	7.24	23.48	24.52	36.75	214.73	71.16	133.52	127.85	28.25	44.47	22.77	12.86	747.60
1943	0.56	13.07	33.38	93.15	136.50	70.11	140.02	95.05	6.06	14.90	19.33	11.23	633.36
1944	0.27	19.96	13.60	69.57	105.38	137.09	157.96	202.48	13.51	19.94	0.05	0.03	739.84
1945	4.42	25.54	26.03	45.26	107.34	123.03	107.27	81.02	35.39	34.95	0.64	0.36	591.25
1946	10.75	12.44	80.03	94.80	137.53	73.04	99.89	71.66	77.30	28.00	6.74	3.78	695.96
1947	10.84	1.36	52.94	180.63	106.57	74.46	161.97	106.12	71.68	66.88	14.45	8.57	856.47
1948	0.00	11.36	25.89	113.95	126.48	162.79	110.60	96.65	59.65	32.83	1.79	1.03	743.02
1949	0.00	8.82	17.70	97.09	115.12	85.32	70.28	112.73	27.49	4.27	2.67	1.57	543.06
1950	1.07	23.00	41.68	115.35	91.78	111.53	85.57	94.29	38.48	0.00	0.38	0.23	603.36
1951	0.00	41.66	13.67	147.28	168.81	147.82	120.46	112.49	28.69	6.10	0.39	0.22	787.59
1952	7.21	0.04	72.18	162.30	153.91	92.23	102.57	103.70	12.38	126.77	0.00	0.00	833.29
1953	2.79	3.10	32.32	18.83	142.63	86.95	134.15	90.12	71.26	30.55	3.75	2.11	618.56
1954	25.02	16.49	56.18	137.87	149.58	124.49	129.94	140.56	149.02	21.49	0.00	0.00	950.64
1955	0.00	6.49	4.16	42.70	78.91	170.14	188.67	271.92	41.33	16.31	18.06	10.41	849.10
1956	8.46	0.48	39.72	167.28	152.62	155.73	96.32	94.58	21.83	24.15	1.24	0.72	763.13
1957	30.02	3.33	65.87	67.78	119.30	77.65	56.46	89.65	35.73	14.30	9.46	5.40	574.95
1958	17.88	2.69	25.12	116.95	134.94	183.68	170.76	223.41	106.00	70.25	49.74	28.71	1,130.13
1959	3.87	6.81	62.34	54.23	226.03	140.10	114.36	89.96	141.44	2.77	0.87	0.49	843.27
1960	13.53	1.00	13.60	78.30	144.60	110.50	181.90	82.70	67.10	1.30	0.30	6.38	701.21
1961	2.20	8.60	8.10	48.30	210.80	256.10	49.40	18.00	2.70	3.00	0.10	3.50	610.80
1962	0.00	1.00	34.00	5.30	12.80	116.10	177.10	142.00	57.10	14.20	23.00	0.50	583.10
1963	0.00	5.30	21.70	88.60	353.70	482.90	372.00	147.00	115.00	0.00	0.00	2.30	1,588.50
1964	0.00	25.00	25.00	154.00	222.00	103.00	82.00	69.00	40.00	31.00	29.00	6.80	786.80
1965	46.00	16.00	46.00	76.00	118.00	121.00	191.00	145.00	114.00	12.00	17.00	7.30	909.30
1966	2.00	74.00	96.00	31.50	109.30	120.20	120.60	89.40	51.40	0.00	3.40	2.80	700.60
1967	0.00	14.90	31.30	112.50	102.70	57.20	61.50	123.00	85.50	18.50	0.00	1.40	608.50
1968	28.20	0.00	56.20	115.10	186.20	97.30	76.20	186.40	57.10	7.40	28.40	15.30	853.80
1969	2.60	17.20	12.20	20.00	161.40	99.70	278.20	69.60	46.40	0.40	3.70	0.00	711.40
1970	6.10	0.00	32.10	43.90	141.60	94.00	105.30	85.90	50.30	3.00	2.50	0.00	564.70
1971	0.00	14.80	5.50	53.40	160.00	77.40	123.00	100.90	62.10	11.10	9.90	14.30	632.40
1972	1.10	27.40	67.40	151.40	136.50	144.20	139.50	114.20	54.00	26.10	23.10	0.00	884.90
1973	10.30	2.00	29.50	128.90	195.40	110.20	115.50	114.10	75.50	25.80	0.40	0.00	807.60
1974	1.90	11.90	44.80	57.90	190.30	112.90	63.10	223.20	27.00	5.30	0.00	0.00	738.30
1975	6.00	0.60	9.60	149.30	177.40	135.10	98.60	104.70	40.40	4.30	0.00	0.00	726.00
1976	14.90	33.60	65.20	105.40	99.90	101.10	147.80	106.30	136.00	15.20	35.40	49.60	910.40
1977	13.20	0.60	45.10	121.40	151.30	92.50	168.50	97.70	46.00	6.30	36.00	3.50	782.10
1978	22.10	51.80	6.50	73.30	122.20	109.20	65.90	142.40	92.60	3.20	0.70	3.00	692.90
1979	24.40	4.40	34.90	72.60	70.50	158.60	122.60	156.20	3.10	14.00	42.00	30.40	733.70
1980	2.60	8.00	56.20	131.80	78.00	136.20	216.90	39.60	50.30	40.90	0.00	0.00	760.50
1981	49.00	26.10	46.10	101.80	234.30	136.00	118.90	79.80	55.60	2.80	3.90	5.80	860.10
1982	61.40	15.80	41.40	96.00	58.80	31.70	53.70	52.30	62.50	0.00	5.10	2.50	481.20
1983	38.20	16.50	0.00	34.80	89.30	214.60	114.70	127.50	41.20	30.20	6.50	1.80	715.30
1984	16.20	8.60	0.00	90.80	225.80	137.80	183.40	167.60	56.00	9.40	1.30	2.20	899.10
1985	22.10	47.10	54.30	69.40	193.70	110.60	43.10	95.70	24.90	23.00	5.30	1.00	690.20
1986	0.00	0.00	100.10	157.80	137.10	78.90	99.00	33.80	48.00	29.90	0.70	0.70	686.00
1987	6.40	33.20	19.80	55.70	171.90	142.30	67.10	67.10	0.00	6.70	0.00	0.00	570.20
1988	1.90	84.50	14.10	62.00	145.60	88.20	134.90	94.00	10.90	16.40	0.00	0.00	652.50
1989	4.10	6.87	21.67	69.48	151.73	88.58	181.30	79.39	44.83	16.29	21.40	12.44	698.08
1990	17.08	15.50	55.98	95.69	104.56	149.69	99.78	79.98	85.88	11.13	8.78	5.06	729.11
MAX	61.40	84.50	100.10	180.63	353.70	482.90	372.00	271.92	149.02	126.77	49.74	49.60	1,588.50
MED	11.49	17.63	35.49	90.91	143.56	127.11	127.52	112.85	55.51	19.34	10.41	6.02	757.84
MIN	0.00	0.00	0.00	5.30	12.80	31.70	43.10	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	481.20

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.7 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS)**

ESTACION CLIMATOLÓGICA													
ESTADO													
REGISTRO HIDROLÓGICO													
COORDENADAS GEOGRÁFICAS													
NETZAHUALCOYOTL													
ESTADO DE MÉXICO													
CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO													
LATITUD (N): 19°25'00"													
LONGITUD (W): 99°02'00"													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1931	5.73	0.54	0.30	11.93	78.40	100.33	155.82	120.90	113.04	20.11	0.04	27.15	634.29
1932	0.00	8.07	4.15	3.63	49.07	69.53	113.60	112.18	93.95	108.51	7.01	1.19	570.89
1933	0.19	2.12	6.00	5.25	22.26	38.84	110.21	248.92	121.49	30.44	16.94	3.27	605.93
1934	9.35	14.83	11.32	46.52	51.82	65.59	101.29	164.60	171.04	27.80	8.11	13.47	685.74
1935	3.58	1.91	20.34	12.61	83.35	147.83	122.74	116.57	128.43	21.02	1.34	3.72	663.44
1936	44.52	0.60	0.74	23.05	83.64	57.13	192.15	141.15	113.74	66.70	7.82	4.09	735.33
1937	3.65	13.77	28.24	24.28	106.79	155.74	169.21	109.91	75.27	50.09	11.15	3.52	751.62
1938	0.00	13.68	24.54	22.42	38.94	84.99	101.25	62.55	97.38	59.46	42.82	2.48	550.51
1939	5.36	0.18	6.12	45.31	38.25	83.18	107.77	86.82	63.62	74.63	0.04	2.64	513.92
1940	22.72	0.87	22.76	1.40	71.45	118.60	102.55	102.51	23.02	16.95	9.68	10.90	503.41
1941	4.53	15.97	7.58	31.46	41.92	151.26	107.84	65.77	171.55	97.12	10.84	27.49	733.33
1942	6.73	6.57	8.93	22.97	55.34	86.50	70.00	126.00	89.30	10.70	48.10	2.00	533.14
1943	2.00	0.10	2.50	15.00	37.60	183.10	60.50	182.30	114.20	8.90	7.70	6.10	620.00
1944	1.30	1.20	12.10	1.10	28.60	50.20	118.00	210.10	106.70	8.00	0.00	0.00	537.30
1945	3.50	3.00	2.50	18.50	33.50	61.00	71.70	124.50	53.80	13.80	36.00	0.00	421.80
1946	6.30	5.00	1.80	13.40	49.50	107.90	117.60	81.70	63.00	91.70	33.90	0.00	571.80
1947	3.40	1.50	1.00	33.40	64.00	34.50	40.00	127.60	80.90	74.90	15.50	14.00	490.70
1948	18.48	0.00	5.98	17.27	73.27	91.78	147.79	103.43	84.19	51.52	16.18	1.04	610.93
1949	2.46	0.00	4.32	11.60	62.47	83.13	77.38	66.88	99.31	24.06	2.16	1.66	435.43
1950	6.18	0.55	11.89	26.51	74.17	67.15	101.63	79.01	83.07	33.03	0.00	0.23	483.42
1951	0.00	0.00	20.06	9.18	94.37	121.47	134.19	113.84	100.01	24.91	2.82	0.24	621.09
1952	10.78	3.60	0.02	47.59	104.68	111.56	83.78	95.95	91.75	10.64	62.05	0.00	622.40
1953	4.31	1.33	1.52	20.78	12.12	101.17	78.79	127.02	78.54	62.00	15.88	2.37	505.83
1954	0.00	12.48	8.66	35.96	87.81	107.95	112.50	120.35	122.23	128.51	10.42	0.00	746.87
1955	5.56	0.00	2.99	2.76	27.54	56.68	154.26	176.31	237.21	36.02	8.08	11.09	718.50
1956	2.00	4.31	0.24	26.31	105.78	108.91	141.62	90.72	82.70	19.42	12.06	0.75	594.82
1957	0.00	14.88	1.54	43.10	43.71	86.21	70.60	53.62	77.85	30.70	7.75	5.94	435.90
1958	101.88	8.60	1.23	15.92	75.55	97.62	166.93	160.69	195.21	92.82	34.72	29.78	980.95
1959	5.08	2.03	3.36	41.32	34.87	161.85	127.41	108.57	77.43	122.42	1.43	0.55	686.32
1960	1.78	2.06	5.73	7.39	49.00	48.84	125.47	137.91	88.50	65.26	8.65	6.44	547.03
1961	4.31	0.45	4.39	9.87	16.02	131.03	113.76	74.85	95.48	21.34	9.19	5.70	486.39
1962	0.00	0.51	2.40	46.77	35.27	97.50	65.22	116.89	100.15	54.23	4.45	10.30	533.69
1963	0.00	0.00	6.72	15.61	59.50	100.23	158.68	138.96	84.70	74.54	6.30	6.89	652.13
1964	17.04	0.00	10.74	28.78	87.32	129.01	80.51	101.56	80.22	49.59	9.81	2.41	596.99
1965	16.51	12.54	9.22	13.00	48.23	94.81	78.25	164.16	74.93	70.04	2.64	8.86	593.19
1966	6.12	11.05	29.72	48.62	49.48	77.41	146.40	169.71	92.17	62.77	0.23	3.61	697.29
1967	41.84	0.08	3.00	22.23	74.15	85.81	56.65	150.14	177.49	76.56	5.77	8.58	702.30
1968	3.50	15.10	0.00	38.30	62.20	204.90	92.50	93.50	62.90	50.30	4.00	15.00	642.20
1969	18.00	4.00	4.50	19.30	7.00	29.90	111.10	203.80	69.90	11.00	0.00	0.00	478.50
1970	4.00	3.50	0.00	0.50	34.00	96.40	183.00	90.70	94.30	20.70	0.30	0.00	527.40
1971	0.00	0.00	21.70	7.10	43.20	134.00	91.60	153.60	130.60	57.50	4.00	11.40	654.70
1972	0.00	1.70	3.00	64.90	135.60	80.60	169.10	62.30	101.60	34.20	6.60	0.00	659.60
1973	0.00	0.50	0.00	31.20	35.90	73.70	176.30	122.80	67.70	38.00	9.90	0.00	556.00
1974	16.50	7.70	23.40	28.60	50.20	128.20	142.50	52.30	86.30	15.30	0.00	0.00	551.00
1975	26.20	5.30	0.00	22.00	82.80	104.20	61.30	127.50	79.10	50.50	0.00	0.00	558.90
1976	0.00	8.10	6.80	40.20	142.40	19.20	104.60	183.50	104.50	109.00	4.30	39.20	761.80
1977	0.60	3.00	0.00	16.00	60.90	115.70	142.50	44.40	136.10	41.70	3.10	2.30	566.30
1978	3.60	10.50	55.10	8.20	34.40	210.00	101.70	63.60	67.60	119.40	20.00	26.40	720.50
1979	0.00	16.20	2.60	31.30	76.20	68.30	150.50	140.00	135.60	7.00	0.00	18.10	645.80
1980	37.30	9.10	0.30	52.80	50.10	118.00	59.50	149.50	91.90	49.00	21.40	0.00	638.90
1981	22.70	25.40	9.80	37.90	55.10	158.60	110.40	92.60	56.60	63.20	0.40	2.50	635.20
1982	0.00	10.20	21.50	35.40	65.10	124.80	168.40	49.20	27.70	46.40	0.60	2.50	551.80
1983	21.00	16.90	10.40	0.00	23.70	71.00	120.60	97.90	101.10	42.10	6.80	8.30	519.80
1984	8.40	8.40	0.60	0.50	39.90	55.30	196.30	157.60	125.50	35.90	1.00	2.70	632.10
1985	3.30	2.00	6.70	42.70	69.00	170.90	92.80	112.30	131.90	22.30	2.30	0.00	656.20
1986	0.00	0.90	2.30	28.60	90.50	239.50	86.20	122.20	80.90	76.60	10.20	0.00	737.90
1987	0.00	3.10	4.90	17.30	35.80	121.90	140.80	144.70	158.90	0.00	18.10	0.00	645.50
1988	0.10	15.00	37.60	15.70	50.60	108.90	134.20	104.20	105.30	3.30	4.00	0.00	578.90
1989	0.00	0.00	10.00	0.30	36.40	157.40	69.40	171.20	80.90	28.50	0.00	17.50	571.60
1990	1.94	8.46	7.62	36.76	61.31	76.67	136.15	94.81	72.23	74.81	6.11	5.33	582.20
<b>MAX</b>	101.88	25.40	55.10	64.90	142.40	239.50	196.30	248.92	237.21	128.51	62.05	39.20	980.95
<b>MED</b>	8.91	5.66	8.72	23.31	58.20	103.74	115.43	119.48	99.55	48.13	10.01	6.33	607.46
<b>MIN</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	19.20	40.00	44.40	23.02	0.00	0.00	0.00	421.80

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.8 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS )**

ESTACION CLIMATOLÓGICA													ESTADO		REGISTRO HIDROLÓGICO		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
REPETIDORA T.V.													ESTADO DE MÉXICO		CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO		LATITUD (N): 19°08'00" LONGITUD (W): 98°08'00"	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL					
1931	2.91	0.06	0.26	12.13	179.58	135.55	194.40	149.16	172.95	20.69	0.15	34.45	902.29					
1932	0.00	9.29	7.11	3.15	88.78	81.37	159.02	142.22	171.69	143.02	22.88	1.54	830.07					
1933	0.03	4.20	2.82	4.82	57.15	84.65	162.70	293.55	191.33	64.54	84.69	5.23	955.71					
1934	4.20	16.83	16.22	81.83	131.09	68.46	115.42	199.06	288.08	50.48	39.56	13.20	1,024.43					
1935	1.13	8.55	34.19	16.81	173.19	238.32	147.04	130.81	154.92	23.43	12.13	0.68	941.20					
1936	3.65	0.91	0.33	34.83	160.54	81.95	223.71	164.57	181.19	103.20	21.35	1.01	977.24					
1937	2.68	8.07	22.80	37.61	211.29	184.94	199.00	116.84	141.18	62.37	22.96	3.25	1,012.99					
1938	0.00	21.12	23.31	27.62	58.71	129.31	146.54	103.09	97.61	36.79	86.83	3.18	734.11					
1939	3.02	0.18	5.74	79.97	108.53	111.83	152.93	107.33	72.71	116.46	0.15	2.29	761.14					
1940	9.87	1.53	49.93	3.44	170.90	155.81	180.53	126.91	52.69	23.08	32.10	9.34	816.13					
1941	0.83	23.36	11.21	59.69	60.64	208.31	153.19	67.92	240.55	150.14	67.10	31.84	1,074.78					
1942	2.16	10.34	15.76	23.14	94.69	199.04	137.92	152.54	175.62	44.94	107.47	8.46	972.08					
1943	0.49	0.49	13.74	41.31	123.08	121.88	92.53	163.44	177.89	29.24	36.74	14.21	815.04					
1944	0.10	0.21	8.47	2.30	89.49	125.14	173.93	240.90	211.66	23.12	42.31	0.04	917.67					
1945	1.20	2.32	8.72	25.42	69.01	80.39	152.44	174.31	106.21	51.25	78.65	0.00	749.92					
1946	7.41	6.62	7.31	123.04	141.26	154.07	79.97	138.49	109.58	87.41	59.86	0.26	915.28					
1947	5.84	1.81	0.26	68.18	292.14	97.39	101.72	217.40	148.25	71.23	104.99	17.35	1,126.56					
1948	8.63	0.00	12.08	37.06	139.05	147.69	211.64	126.87	126.63	62.05	83.92	7.35	962.97					
1949	2.70	2.48	7.20	30.02	108.08	123.38	74.17	59.31	126.95	39.76	7.49	1.05	582.59					
1950	1.61	1.14	14.16	21.58	154.18	98.42	130.34	93.94	134.87	53.97	0.00	0.30	704.51					
1951	0.00	0.00	22.42	13.39	172.64	161.72	184.60	126.38	220.49	54.18	40.87	0.07	996.76					
1952	5.45	9.71	0.00	77.01	195.22	173.35	136.58	132.71	164.54	13.08	262.88	0.00	1,170.53					
1953	0.42	1.04	1.04	18.61	27.02	138.23	101.68	133.37	106.51	100.55	59.87	0.07	688.41					
1954	0.00	18.08	8.42	215.84	165.15	162.60	125.07	128.83	171.78	145.73	85.52	0.00	1,227.02					
1955	1.51	0.00	6.94	3.83	58.29	99.12	250.15	193.23	307.11	87.73	37.90	10.67	1,056.48					
1956	0.90	14.43	0.29	69.02	343.55	137.02	185.61	91.53	141.35	34.86	45.90	0.64	1,065.10					
1957	0.00	23.05	0.26	53.74	89.94	135.57	101.12	70.67	116.11	45.40	25.71	1.49	663.06					
1958	51.30	17.58	0.00	23.18	148.61	140.11	234.46	148.34	278.07	146.66	248.32	43.79	1,480.42					
1959	3.94	2.09	4.11	91.29	59.79	212.55	136.82	114.61	73.10	176.82	8.68	0.00	883.80					
1960	2.00	2.08	2.76	13.01	87.45	84.49	167.86	141.64	163.92	70.14	6.84	7.78	749.97					
1961	16.60	4.80	1.00	18.50	60.90	0.00	178.90	121.00	194.80	184.00	63.90	0.00	844.40					
1962	0.00	0.00	4.70	8.30	0.00	94.70	151.00	252.50	167.30	81.80	9.00	4.50	773.80					
1963	0.00	0.00	12.20	25.30	71.20	114.20	186.00	114.80	186.00	130.50	0.00	0.00	840.20					
1964	3.20	0.00	3.80	8.30	32.70	0.00	105.00	101.00	138.00	32.70	56.30	12.20	493.20					
1965	0.00	3.00	0.00	16.40	17.60	46.90	196.00	52.50	54.50	80.10	22.20	14.90	504.10					
1966	2.10	1.00	13.20	34.20	11.90	34.30	174.40	129.20	140.10	38.50	0.00	2.00	580.90					
1967	3.20	3.20	16.90	55.30	193.70	235.00	121.50	154.00	140.00	84.70	26.50	4.20	1,038.20					
1968	34.30	19.10	18.60	106.20	222.50	230.80	129.00	158.70	94.20	97.10	7.90	11.00	1,129.40					
1969	2.20	0.00	35.10	10.40	498.00	72.00	118.10	619.00	181.00	65.40	2.00	0.00	1,603.20					
1970	0.00	0.00	0.00	9.50	51.60	197.00	187.00	125.00	70.30	7.60	0.00	0.00	648.00					
1971	0.00	2.00	32.20	25.60	43.10	216.50	130.20	121.50	304.00	99.00	27.00	34.50	1,035.60					
1972	0.00	2.90	23.00	86.90	328.00	382.00	0.00	160.24	0.00	71.52	25.59	6.10	1,086.25					
1973	0.00	5.07	0.99	93.16	87.55	173.77	255.19	187.24	168.83	117.38	35.53	4.96	1,129.67					
1974	0.00	3.00	24.00	39.82	105.10	156.00	188.00	117.00	241.00	30.00	9.50	0.00	913.42					
1975	12.00	4.00	0.00	39.82	117.76	106.00	203.00	141.50	187.00	80.00	25.59	8.11	1,024.78					
1976	0.00	3.00	11.31	130.00	90.00	225.00	305.00	176.00	84.00	198.00	41.00	22.00	1,185.31					
1977	11.50	18.50	7.00	34.50	81.20	148.47	153.49	116.00	92.60	43.50	57.50	7.00	771.26					
1978	0.00	36.00	11.50	30.20	117.76	190.20	90.20	51.50	147.25	71.52	13.00	23.00	782.13					
1979	0.00	19.00	11.31	39.82	117.76	96.50	44.20	76.80	103.50	71.52	25.59	8.11	614.11					
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	117.76	0.00	94.00	158.80	0.00	0.00	38.00	3.00	411.56					
1981	6.91	11.40	10.46	77.52	132.42	225.17	172.73	174.74	100.52	60.65	7.17	2.47	982.16					
1982	0.00	32.96	14.56	27.03	195.95	86.95	79.42	51.62	89.34	79.37	7.33	0.97	665.50					
1983	4.91	6.42	11.31	39.82	18.00	189.10	242.00	165.20	222.00	47.70	41.00	7.00	994.46					
1984	23.00	9.00	23.00	39.82	151.00	205.50	169.70	181.00	352.00	32.90	25.59	0.00	1,212.51					
1985	0.22	0.81	7.68	75.67	167.19	223.97	169.36	103.50	91.28	52.63	11.62	0.23	904.16					
1986	0.00	12.80	0.00	62.90	196.60	207.50	106.30	262.30	140.00	25.40	45.90	10.90	1,070.60					
1987	0.00	0.00	0.00	54.30	64.40	267.10	257.20	130.00	147.25	71.52	25.59	8.11	1,025.47					
1988	1.85	5.88	24.36	12.90	94.68	155.95	149.43	134.55	127.70	12.50	34.72	1.08	755.60					
1989	0.09	0.81	2.53	34.60	91.51	138.98	97.62	197.80	86.78	54.72	22.26	11.75	739.45					
1990	0.87	8.85	8.52	72.34	153.67	115.28	186.59	123.25	126.99	122.71	18.68	6.30	944.05					
<b>MAX</b>	51.30	36.00	49.93	215.84	498.00	382.00	305.00	619.00	352.00	198.00	262.88	43.79	1,603.20					
<b>MED</b>	4.12	7.02	10.62	43.70	126.51	143.46	154.23	148.47	150.06	71.29	41.00	7.23	907.70					
<b>MIN</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.50	0.00	0.00	0.00	0.00	411.56					

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.9 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS )**

ESTACION CLIMATOLÓGICA													
ESTADO													
REGISTRO HIDROLÓGICO													
COORDENADAS GEOGRÁFICAS													
LOS REYES LA PAZ													
ESTADO DE MÉXICO													
CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO													
LATITUD (N): 19°22'22"													
LONGITUD (W): 98°56'02"													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1931	5.87	0.57	0.33	12.56	72.58	93.86	160.51	105.51	98.73	17.64	0.04	22.80	591.00
1932	0.00	7.45	3.93	3.84	45.55	64.68	116.67	99.85	82.08	95.56	5.87	1.02	526.50
1933	0.21	2.12	6.77	5.62	21.12	36.50	113.42	222.85	105.70	27.18	15.97	2.84	560.30
1934	9.56	13.22	11.21	48.80	47.92	61.03	104.40	146.42	149.22	24.17	7.21	11.14	634.30
1935	3.28	1.68	20.76	13.22	76.50	138.21	126.30	104.98	111.85	19.00	1.32	2.89	619.99
1936	50.17	0.49	0.83	24.49	77.70	53.34	197.91	125.29	99.12	58.03	6.51	3.25	697.13
1937	3.78	13.90	30.02	25.77	98.14	145.54	174.27	96.86	65.84	43.85	9.47	2.84	710.28
1938	0.00	13.00	4.00	13.50	21.00	51.00	168.50	109.50	121.50	11.00	10.50	5.00	528.50
1939	3.00	5.50	19.50	32.00	34.00	129.00	97.50	178.50	76.50	36.00	0.00	5.10	616.60
1940	24.00	2.00	42.30	1.50	89.00	127.50	186.00	58.00	39.00	10.00	0.00	10.00	589.30
1941	4.83	14.35	7.41	32.81	38.25	141.08	111.03	57.48	149.97	85.20	9.29	22.92	674.62
1942	7.91	3.25	11.93	16.93	21.79	143.77	66.54	111.81	98.95	21.29	20.47	11.24	535.88
1943	0.73	0.28	6.79	23.12	55.23	92.35	65.47	116.98	74.35	4.79	6.83	9.80	456.72
1944	0.14	0.13	10.25	9.17	40.98	70.68	128.02	132.54	153.30	10.29	9.15	0.02	564.67
1945	2.37	1.85	13.39	17.90	26.76	71.99	114.78	90.05	62.38	26.72	16.00	0.31	444.50
1946	11.93	5.14	6.55	55.02	56.09	93.58	68.29	83.99	55.51	58.04	12.97	3.30	510.41
1947	11.15	5.11	0.72	36.61	106.82	71.03	69.59	135.82	80.10	53.93	31.04	7.46	609.38
1948	18.53	0.00	5.55	17.91	67.23	85.82	152.09	92.16	73.23	45.22	15.04	0.90	573.68
1949	2.53	0.00	4.54	12.17	57.36	77.50	79.67	58.33	86.69	20.66	1.96	1.37	402.78
1950	6.20	0.49	11.40	28.42	68.25	62.89	104.35	71.50	72.53	29.72	0.00	0.20	455.95
1951	0.00	0.00	21.63	9.44	86.95	113.65	138.09	100.42	87.58	21.61	2.77	0.19	582.33
1952	10.07	3.60	0.02	49.81	96.00	104.25	86.18	85.71	80.21	9.88	58.18	0.00	583.91
1953	4.70	1.37	1.60	22.06	11.09	94.31	81.16	111.07	68.33	54.64	14.05	1.84	466.22
1954	9.96	6.14	9.29	24.90	51.36	96.60	101.30	84.60	88.30	53.90	17.50	0.00	543.85
1955	6.00	0.00	3.50	0.00	49.50	51.50	142.50	105.50	143.50	33.50	7.50	12.50	555.50
1956	0.00	3.00	0.00	16.00	108.50	109.50	120.00	141.50	95.00	16.50	17.50	0.00	627.50
1957	0.00	17.00	3.00	29.50	79.00	82.00	79.00	65.00	53.50	36.00	1.50	7.00	452.50
1958	93.00	3.50	0.00	27.00	85.00	71.50	156.00	97.00	143.00	116.00	51.00	36.00	879.00
1959	0.00	0.00	0.00	92.50	97.50	141.50	137.00	132.50	40.00	138.50	9.00	0.00	788.50
1960	1.50	0.00	0.00	0.00	31.00	57.50	161.00	117.00	86.50	77.50	0.00	5.00	537.00
1961	4.50	8.00	4.00	21.50	17.50	158.50	142.00	129.50	72.00	46.50	15.00	8.00	627.00
1962	0.00	0.00	0.00	59.00	36.00	82.00	112.50	108.00	138.50	79.00	6.50	0.00	621.50
1963	0.00	0.00	17.50	3.50	38.00	109.50	170.50	131.00	116.50	91.50	7.00	2.00	687.00
1964	29.00	0.00	26.00	6.50	116.70	151.00	110.00	65.50	110.00	24.00	15.00	2.50	656.20
1965	4.50	31.00	0.00	47.00	32.00	137.00	147.00	201.00	66.00	19.00	7.00	6.50	698.00
1966	0.00	1.50	24.50	53.40	21.00	67.00	130.00	117.00	42.60	19.50	0.00	0.00	476.50
1967	52.60	0.00	8.00	17.00	26.70	43.50	112.10	133.00	175.20	53.70	11.00	0.00	632.80
1968	2.10	19.60	0.00	50.60	110.30	184.20	201.20	112.10	112.80	39.50	2.50	8.60	843.50
1969	6.00	3.40	5.40	19.30	13.40	45.30	110.60	166.20	62.80	19.00	1.10	0.00	452.50
1970	1.20	12.00	0.00	14.30	42.80	69.20	135.00	64.50	87.00	14.30	1.10	0.00	441.40
1971	0.00	2.00	25.80	14.00	40.80	134.30	167.50	115.40	93.10	90.00	1.00	13.50	697.40
1972	2.00	5.50	17.20	56.20	98.10	60.10	127.10	79.50	135.30	42.00	11.50	0.00	634.50
1973	0.00	7.20	0.00	20.20	61.20	142.30	162.90	171.20	83.00	40.20	22.10	4.00	714.30
1974	6.50	2.20	7.80	22.90	58.60	95.30	143.20	88.10	72.30	11.50	0.00	0.00	508.40
1975	25.50	13.40	0.50	15.00	71.60	76.90	118.90	108.10	57.10	27.70	0.00	0.00	514.70
1976	0.00	5.10	11.20	22.80	78.00	32.60	94.00	155.70	105.00	124.00	6.20	28.10	662.70
1977	0.90	0.00	2.20	16.80	33.90	65.10	157.20	26.40	102.20	33.50	1.40	2.60	442.20
1978	2.00	7.00	53.50	5.50	20.10	151.50	99.90	54.50	80.40	73.30	14.70	15.60	578.00
1979	0.00	12.80	1.20	22.30	56.90	35.80	75.00	125.00	85.70	0.00	0.00	14.40	429.10
1980	49.80	5.80	0.00	44.80	30.70	76.10	49.70	95.00	66.30	32.10	21.80	0.00	472.10
1981	21.20	6.90	4.80	58.40	35.10	143.30	73.60	99.10	47.60	110.80	0.00	0.00	600.80
1982	0.00	12.20	2.30	30.90	77.10	79.30	118.30	57.70	4.10	18.40	0.00	1.10	401.40
1983	25.50	10.00	6.10	0.00	11.00	68.60	121.40	50.00	127.80	67.60	3.60	0.70	492.30
1984	6.10	12.50	3.40	0.00	43.40	71.50	93.70	110.00	51.90	11.00	0.00	4.20	407.70
1985	1.50	0.40	0.80	32.20	44.00	192.30	39.70	53.80	47.70	20.20	3.20	0.00	435.80
1986	0.00	0.00	0.00	24.00	29.30	252.50	68.50	107.70	48.00	63.70	8.30	1.30	603.30
1987	0.00	0.00	12.00	11.80	17.30	77.10	119.60	101.90	70.60	0.00	4.60	0.00	414.90
1988	0.00	4.80	37.20	19.40	44.50	104.00	94.10	76.80	86.90	13.10	0.00	0.00	480.80
1989	1.36	1.87	3.47	14.92	40.84	101.53	82.74	151.11	61.10	33.92	7.56	10.85	511.27
1990	2.13	7.78	7.94	38.57	56.44	71.72	139.95	83.09	63.52	65.21	5.19	4.42	545.96
<b>MAX</b>	93.00	31.00	53.50	92.50	116.70	252.50	201.20	222.85	175.20	138.50	58.18	36.00	879.00
<b>MED</b>	8.93	5.30	9.00	24.42	53.69	96.88	118.76	106.28	86.92	42.34	8.93	5.26	566.71
<b>MIN</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	32.60	39.70	26.40	4.10	0.00	0.00	0.00	401.40

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.10 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS )**

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA														ESTADO		REG. HID.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
RÍO FRIO														ESTADO DE MÉXICO		CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO		LATITUD (N):		19°21'00"	
														MÉXICO		DE MÉXICO		LONGITUD (W):		98°40'00"	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL								
1931	9.79	1.32	0.62	24.68	139.68	175.26	264.83	183.79	202.28	34.95	0.10	44.34	1,081.64								
1932	0.00	17.53	7.74	7.58	86.91	120.19	194.87	170.61	166.35	190.33	16.79	2.03	980.93								
1933	0.34	5.00	12.11	10.99	39.85	67.66	187.92	377.84	211.64	54.36	36.53	5.40	1,009.64								
1934	15.45	31.08	21.54	95.08	92.39	113.70	171.26	250.73	295.29	47.81	19.08	21.15	1,174.56								
1935	5.26	3.95	39.25	25.60	148.25	258.35	208.84	176.82	225.40	38.59	2.62	5.44	1,138.37								
1936	77.19	1.16	1.50	47.81	150.68	98.80	326.36	213.43	197.76	114.07	16.76	6.12	1,251.64								
1937	6.75	32.51	56.06	50.49	188.81	270.39	287.06	167.00	132.52	86.90	26.43	5.36	1,310.28								
1938	0.00	28.87	46.23	46.01	67.01	148.65	172.50	96.86	178.20	102.96	99.44	4.10	990.83								
1939	9.90	0.33	12.05	92.52	67.03	144.20	183.87	132.17	115.10	131.80	0.10	4.15	893.22								
1940	37.58	2.06	45.26	2.80	128.24	206.60	174.73	155.38	38.37	29.28	23.43	17.12	860.85								
1941	22.50	19.00	14.60	51.20	85.00	217.10	210.90	103.70	345.60	188.70	40.00	49.10	1,347.40								
1942	10.00	4.00	13.00	38.00	114.50	208.50	355.50	217.00	353.50	11.00	89.50	3.00	1,417.50								
1943	13.50	11.00	18.50	50.50	137.50	213.00	117.00	272.50	191.50	89.50	5.50	12.00	1,132.00								
1944	0.00	4.50	6.50	34.00	81.00	230.50	235.50	358.00	455.50	31.00	65.00	10.70	1,512.20								
1945	13.00	0.00	0.00	36.00	31.00	184.00	266.50	103.00	87.00	95.00	17.00	0.00	832.50								
1946	0.00	35.00	0.00	109.00	122.00	233.00	124.00	145.00	53.00	78.00	17.00	5.00	921.00								
1947	27.00	11.00	4.00	66.00	207.00	189.00	115.00	218.00	163.50	99.00	20.00	22.00	1,141.50								
1948	39.00	0.00	0.00	18.00	66.00	91.00	150.00	196.00	142.00	66.00	23.90	4.00	795.90								
1949	0.00	0.00	7.00	9.00	116.00	141.00	135.00	164.00	211.00	11.00	0.00	17.00	811.00								
1950	54.00	17.00	32.00	59.00	87.00	87.00	241.00	145.50	246.00	26.00	0.00	0.00	994.50								
1951	0.00	0.00	66.00	0.00	133.00	164.00	253.00	246.00	179.00	85.00	25.00	0.00	1,151.00								
1952	6.00	7.00	0.00	231.00	219.00	329.00	396.00	356.00	463.00	37.60	170.00	0.00	2,214.60								
1953	0.00	0.00	0.00	24.00	5.00	161.00	125.00	143.00	119.00	136.00	14.00	3.00	730.00								
1954	0.00	71.00	15.00	84.00	154.00	265.00	123.00	219.00	241.00	206.00	10.00	0.00	1,388.00								
1955	10.00	0.00	24.00	19.00	60.00	186.00	318.00	190.00	244.00	133.00	36.00	25.00	1,245.00								
1956	5.00	20.00	7.00	37.00	130.00	237.00	231.00	110.00	116.00	41.00	12.00	0.00	946.00								
1957	0.00	23.00	4.00	63.00	84.00	234.00	190.00	68.00	114.00	107.00	31.00	2.00	920.00								
1958	90.00	9.90	0.00	44.00	160.00	192.20	254.60	260.80	298.80	176.40	86.20	40.20	1,613.10								
1959	29.50	4.00	0.00	112.00	61.00	202.00	182.00	191.00	109.00	268.00	4.00	0.00	1,162.50								
1960	6.00	0.00	0.00	9.00	145.00	42.00	297.10	215.00	175.00	140.50	7.60	0.00	1,037.20								
1961	15.50	3.00	4.00	11.00	59.00	297.50	137.80	142.00	117.00	13.00	18.00	9.00	826.80								
1962	0.00	0.00	10.60	92.70	45.40	142.60	72.40	128.10	185.00	88.90	26.00	8.00	799.70								
1963	0.00	0.00	22.00	20.00	154.50	89.00	241.90	176.00	239.80	112.80	10.00	0.00	1,066.00								
1964	20.00	0.00	27.00	13.00	196.20	198.70	172.00	166.00	229.40	30.00	31.00	9.00	1,092.30								
1965	33.00	30.10	7.00	76.00	81.40	170.50	232.50	263.00	201.30	93.00	12.00	14.00	1,213.80								
1966	6.00	5.00	46.00	78.70	12.20	127.00	292.20	211.90	140.10	57.50	0.00	11.00	987.60								
1967	39.50	0.00	20.00	30.50	87.70	144.20	89.90	181.40	175.00	105.90	14.20	7.00	895.30								
1968	12.00	22.00	0.00	131.20	157.70	210.20	111.20	140.60	136.70	75.40	7.20	54.50	1,058.70								
1969	25.50	1.00	63.30	30.00	19.70	54.50	201.80	371.80	205.10	87.90	0.00	9.00	1,069.60								
1970	7.50	20.50	0.00	8.40	64.10	258.10	234.40	104.10	155.10	57.50	6.50	0.00	916.20								
1971	4.00	0.00	43.00	23.20	97.20	256.30	155.40	184.90	160.80	105.20	18.00	20.50	1,068.50								
1972	0.00	3.00	12.00	65.30	117.40	192.80	289.60	126.00	158.50	79.60	36.00	6.00	1,086.20								
1973	8.10	4.00	5.00	45.60	103.20	230.80	218.80	165.80	124.70	92.10	14.20	4.00	1,016.30								
1974	2.00	2.50	16.70	47.20	84.20	220.50	182.80	111.90	145.50	13.50	11.50	0.00	838.30								
1975	14.50	0.00	4.00	17.60	154.80	234.50	134.10	135.90	133.80	74.20	5.50	0.00	908.90								
1976	0.10	12.70	15.70	89.30	111.00	117.00	210.50	169.40	109.00	211.60	19.10	29.40	1,094.80								
1977	2.00	3.10	16.00	31.00	142.20	176.50	123.30	130.70	109.10	90.60	0.00	16.00	840.50								
1978	0.60	19.00	52.00	29.50	67.30	216.60	167.50	132.30	194.40	105.60	17.00	6.00	1,007.80								
1979	0.00	34.00	6.20	41.70	104.70	112.80	166.00	187.40	150.90	11.00	3.50	28.50	846.70								
1980	94.90	0.00	0.00	90.00	93.20	161.10	109.60	203.00	139.60	113.20	38.80	0.10	1,043.50								
1981	31.00	54.00	19.50	49.27	130.10	224.80	210.40	231.40	124.40	39.00	7.50	5.50	1,126.87								
1982	0.00	30.90	10.00	47.30	153.00	72.50	89.60	83.10	71.10	62.40	0.00	3.00	622.90								
1983	20.00	67.00	29.00	0.00	31.60	73.50	249.40	134.90	155.70	43.20	12.00	2.00	818.30								
1984	38.00	19.00	11.00	0.00	99.00	175.80	198.50	179.50	179.50	44.00	0.00	1.00	945.30								
1985	2.00	6.00	72.00	55.00	29.00	281.00	136.50	129.60	136.00	59.40	20.00	5.00	931.50								
1986	1.54	6.46	1.20	73.88	134.82	282.31	107.96	110.12	112.64	95.50	26.67	12.33	965.43								
1987	1.64	7.53	9.97	42.93	92.14	178.77	208.43	152.54	108.83	0.57	10.79	4.80	818.94								
1988	8.78	12.76	26.37	24.94	75.69	217.87	194.99	195.83	159.66	27.67	13.65	2.47	960.68								
1989	2.10	4.37	6.62	29.28	81.67	188.26	136.87	256.66	125.37	67.08	19.89	20.82	938.99								
1990	3.34	18.25	15.02	75.25	109.49	135.50	232.98	144.37	131.57	128.54	14.61	8.50	1,017.42								
MAX	94.90	71.00	72.00	231.00	219.00	329.00	396.00	377.84	463.00	268.00	170.00	54.50	2,214.60								
MED	14.69	12.44	17.09	47.78	103.27	180.86	196.69	181.61	176.43	84.04	22.14	10.09	1,047.14								
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	42.00	72.40	68.00	38.37	0.57	0.00	0.00	622.90								

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPLADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).



**TABLA 1.11 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS )**

ESTACION CLIMATOLÓGICA													
ESTADO													
REGISTRO HIDROLÓGICO													
COORDENADAS GEOGRÁFICAS													
SAN LUIS AMECA II													
ESTADO DE MÉXICO													
CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO													
LATITUD (N): 19°11'00"													
LONGITUD (W): 98°98'00"													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1931	8.84	0.06	0.35	8.69	95.85	106.41	167.62	135.91	126.98	14.95	0.07	25.12	690.85
1932	0.00	8.79	9.93	2.32	47.28	63.23	138.57	129.03	124.52	101.86	9.51	1.07	636.11
1933	0.09	3.94	3.78	3.23	30.83	64.92	140.68	265.62	135.37	45.71	30.46	3.90	728.53
1934	12.83	15.90	22.58	52.06	70.14	53.80	98.90	180.33	203.25	34.94	15.57	9.87	770.17
1935	3.31	7.98	47.12	11.37	91.84	185.33	127.08	118.04	110.38	17.44	4.00	0.54	724.43
1936	11.00	0.85	0.43	21.84	84.38	63.27	192.84	149.39	128.38	72.39	6.79	0.74	732.30
1937	8.18	7.63	30.92	23.54	112.48	144.97	171.31	105.85	102.04	44.27	10.39	2.50	764.08
1938	0.00	19.88	33.08	19.07	31.51	101.04	126.65	94.03	75.02	25.56	34.53	2.33	562.70
1939	9.05	0.17	7.88	52.58	58.83	86.69	132.43	97.54	54.51	83.84	0.07	1.68	585.27
1940	29.54	1.44	67.48	2.28	91.00	122.04	155.88	115.40	36.42	16.31	14.25	6.87	658.91
1941	2.49	22.01	15.69	38.14	32.66	162.72	131.96	61.87	177.51	106.15	22.74	23.59	797.53
1942	6.45	9.69	21.36	15.50	51.49	154.54	118.85	137.52	126.03	30.88	38.55	5.92	716.78
1943	1.48	0.46	18.21	27.11	66.89	95.98	79.75	147.78	128.84	20.23	13.57	10.36	610.66
1944	0.28	0.20	11.61	1.54	46.69	96.58	149.99	218.91	152.08	15.95	14.16	0.03	708.02
1945	3.59	2.20	11.68	16.78	36.95	63.19	130.36	158.23	76.76	35.41	24.64	0.00	559.79
1946	22.74	6.23	9.75	75.65	76.31	120.73	69.94	125.14	79.33	60.99	26.09	0.18	673.08
1947	18.02	1.70	0.34	43.84	157.77	75.22	87.96	196.70	104.28	50.03	42.97	13.43	792.26
1948	26.30	0.00	16.85	23.47	73.62	115.15	182.26	115.03	89.43	44.17	28.06	5.77	720.11
1949	8.34	2.31	9.72	17.90	57.56	95.72	64.18	53.69	91.73	27.37	2.23	0.77	431.52
1950	4.81	1.07	19.83	14.72	83.22	77.96	114.09	84.74	96.51	38.97	0.00	0.22	536.14
1951	0.00	0.00	30.25	9.53	91.39	126.44	159.52	114.50	159.51	37.30	13.33	0.05	741.82
1952	16.18	9.10	0.00	50.21	105.20	135.14	118.04	120.47	119.04	10.21	92.77	0.00	776.36
1953	0.00	0.00	2.50	11.50	11.20	169.10	87.40	138.10	83.50	67.10	32.00	1.00	603.40
1954	0.00	12.50	0.60	31.00	124.90	112.70	130.90	172.10	166.30	82.00	8.60	0.00	841.60
1955	1.00	0.00	20.80	3.70	63.60	80.70	209.00	188.70	139.20	35.40	27.20	6.60	775.90
1956	1.20	16.90	4.60	69.70	105.60	142.60	175.20	185.00	113.90	36.90	8.00	0.00	859.60
1957	0.00	15.40	0.40	31.50	83.40	94.50	107.90	150.80	63.00	75.20	9.10	1.20	632.40
1958	108.10	21.30	0.00	42.90	74.20	167.30	184.00	115.20	156.20	52.60	89.60	43.60	1,055.00
1959	22.50	2.50	0.00	75.10	55.00	123.60	124.80	154.00	71.50	143.10	7.50	0.00	779.60
1960	2.20	0.20	0.00	12.80	26.00	69.00	110.30	128.00	103.50	65.50	15.50	5.50	538.50
1961	11.00	4.00	1.50	21.50	43.30	155.50	188.30	152.80	115.50	15.50	11.50	3.50	723.90
1962	0.00	0.00	2.50	65.00	40.00	75.50	53.00	94.30	144.50	55.30	0.00	5.50	535.60
1963	0.00	0.00	37.90	17.90	52.20	78.80	82.20	162.40	158.40	87.00	0.80	0.00	677.60
1964	27.80	0.00	8.70	3.90	170.50	135.30	188.00	98.90	63.10	31.70	9.60	9.70	747.20
1965	19.70	29.40	0.00	44.10	34.50	102.70	173.30	197.10	122.30	83.00	24.20	15.50	845.80
1966	12.50	12.10	54.20	77.20	33.70	102.40	127.90	124.70	81.40	44.40	1.00	3.70	675.20
1967	103.00	0.00	10.80	7.40	61.60	119.50	137.70	127.80	188.10	88.20	13.60	0.00	857.70
1968	4.70	16.40	7.40	77.30	58.20	156.10	127.90	137.50	80.50	57.10	6.90	23.80	753.80
1969	12.20	1.20	11.60	5.90	29.10	43.40	118.90	307.60	157.80	24.40	0.00	3.10	715.20
1970	0.00	14.00	0.00	4.20	43.60	212.00	237.40	174.80	119.50	53.00	0.00	0.00	858.50
1971	0.00	0.00	12.50	18.50	27.80	104.20	142.80	89.80	95.50	48.60	21.60	12.00	573.30
1972	0.50	0.50	15.70	47.20	131.80	125.00	135.80	101.70	175.20	70.30	11.00	0.00	814.70
1973	0.00	9.80	0.20	43.80	76.10	107.80	125.00	164.90	107.70	47.80	8.80	0.00	691.90
1974	0.00	3.30	12.70	35.20	46.40	112.70	89.50	140.40	118.00	2.00	2.80	0.00	563.00
1975	29.30	3.60	0.20	16.30	162.60	153.80	87.40	128.20	58.60	21.70	0.70	0.00	662.40
1976	1.10	1.30	23.20	27.70	104.40	61.50	159.40	170.00	121.30	167.00	13.50	33.40	883.80
1977	2.00	4.20	3.20	13.70	122.60	94.30	116.20	92.60	82.60	19.70	20.10	3.90	575.10
1978	4.50	11.90	52.10	10.40	56.70	191.30	149.30	88.60	109.50	169.30	3.70	3.00	850.30
1979	19.90	7.50	12.60	31.90	69.50	117.20	134.50	142.40	113.10	61.20	13.40	6.30	727.50
1980	98.90	0.00	0.00	34.50	52.90	65.40	97.80	131.10	69.50	43.10	26.10	0.00	619.30
1981	38.40	28.80	69.00	44.40	64.40	125.40	99.90	71.70	101.30	26.00	3.00	2.00	674.30
1982	0.00	14.80	4.00	16.60	64.70	87.80	100.20	95.80	39.30	34.00	0.00	0.00	457.20
1983	15.90	7.30	14.10	0.00	8.50	55.70	215.60	54.10	139.10	37.60	14.70	0.00	562.60
1984	17.80	9.20	5.60	1.00	60.10	110.10	144.30	130.80	119.50	9.70	0.00	0.00	608.10
1985	0.00	12.80	7.20	47.30	36.30	152.90	107.60	62.40	128.00	51.70	10.50	10.20	626.90
1986	0.00	0.00	0.00	30.90	73.50	112.90	122.90	133.60	43.90	53.30	7.90	0.00	578.90
1987	0.00	3.00	19.00	16.00	26.70	125.30	141.00	137.50	28.20	0.00	7.00	0.00	503.70
1988	0.00	1.70	52.90	18.50	32.00	170.50	165.70	118.80	102.10	15.00	3.90	0.00	681.10
1989	0.27	0.77	3.57	21.12	46.93	108.00	84.40	178.99	63.95	38.43	9.38	8.49	564.30
1990	2.73	8.35	11.61	45.09	81.95	91.17	162.15	112.25	95.72	85.87	7.92	4.67	709.48
MAX	108.10	29.40	69.00	77.30	170.50	212.00	237.40	307.60	203.25	169.30	92.77	43.60	1,055.00
MED	12.48	6.61	14.53	27.57	67.51	112.08	133.41	134.69	108.97	50.58	14.93	5.36	688.70
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	43.40	53.00	53.69	28.20	0.00	0.00	0.00	431.52

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPLADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.12 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS )**

ESTACION CLIMATOLÓGICA														ESTADO		REGISTRO HIDROLÓGICO				COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
SAN RAFAEL														ESTADO DE MÉXICO		CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO				LATITUD (N):		19°13'00"	
														MÉXICO						LONGITUD (W):		98°98'00"	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL										
1931	14.50	2.00	0.50	0.00	139.80	263.00	314.10	276.40	197.60	47.50	0.50	40.30	1,296.20										
1932	0.00	10.00	2.00	10.40	46.90	80.50	200.10	221.60	132.70	141.40	2.40	0.00	848.00										
1933	0.00	0.00	3.80	8.00	20.90	112.40	229.30	273.60	132.20	76.60	13.80	12.80	883.40										
1934	12.00	0.40	3.40	66.90	115.10	135.90	156.60	149.00	216.50	84.50	33.50	16.00	989.80										
1935	0.00	9.30	37.70	10.50	106.30	243.30	265.50	271.00	238.30	21.50	0.00	0.00	1,203.40										
1936	15.50	1.37	0.46	27.62	107.48	103.67	314.25	216.93	197.12	114.20	9.64	1.24	1,109.48										
1937	30.00	54.50	36.00	49.50	97.30	284.30	304.20	176.80	265.30	76.50	8.20	17.50	1,400.10										
1938	0.00	6.50	13.50	20.30	81.00	228.00	241.20	157.20	109.50	50.50	42.50	0.00	950.20										
1939	0.00	3.50	17.50	20.00	41.00	225.00	219.50	210.00	81.00	182.00	8.00	2.00	1,009.50										
1940	9.00	3.50	47.00	0.00	121.50	182.50	190.50	127.00	52.00	53.50	2.00	19.00	807.50										
1941	3.50	21.50	3.50	48.50	70.00	351.00	210.00	149.50	266.50	106.50	7.50	46.00	1,284.00										
1942	9.00	10.50	14.50	22.00	50.00	158.50	211.50	139.50	215.30	89.20	82.50	14.00	1,016.50										
1943	4.50	8.00	12.00	16.00	58.50	207.00	204.00	384.00	251.00	47.50	11.00	19.00	1,222.50										
1944	7.50	0.00	12.30	6.20	85.50	165.70	203.80	239.70	213.00	15.30	53.30	0.00	1,002.30										
1945	0.00	1.80	30.20	24.70	92.50	132.90	202.20	235.70	90.30	61.00	21.60	0.00	892.90										
1946	15.30	19.00	24.00	49.70	104.60	168.10	141.10	97.70	113.00	95.00	62.20	2.00	891.70										
1947	32.50	6.00	2.00	30.90	175.70	137.90	156.00	202.76	165.35	75.40	24.50	13.50	1,022.51										
1948	41.00	0.00	0.00	50.00	56.30	240.80	197.60	169.70	107.80	15.50	27.00	4.50	910.20										
1949	1.00	0.00	3.00	14.90	75.10	155.00	218.40	67.40	164.40	65.10	0.00	4.50	768.80										
1950	3.50	0.00	18.40	8.50	145.40	173.50	180.20	120.80	171.30	38.90	0.00	0.00	860.50										
1951	0.00	0.00	28.85	10.90	115.71	206.21	261.70	167.78	245.88	58.50	19.79	0.09	1,115.41										
1952	22.57	14.28	0.00	60.64	130.22	221.45	194.63	175.59	183.29	16.45	119.75	0.00	1,138.87										
1953	1.78	1.33	1.43	15.02	18.39	173.24	143.85	177.34	115.19	112.86	26.98	0.09	787.50										
1954	0.00	26.87	11.51	172.36	110.49	206.91	174.92	167.70	189.32	163.11	40.93	0.00	1,264.12										
1955	6.43	0.00	8.16	2.97	39.33	125.14	351.26	253.84	338.46	97.14	18.25	13.71	1,254.69										
1956	3.79	22.83	0.40	55.06	232.49	172.32	263.95	120.99	155.38	38.05	19.95	0.78	1,085.99										
1957	0.00	35.54	0.37	42.42	61.03	172.34	143.95	94.60	128.24	52.01	12.18	1.84	744.52										
1958	215.09	28.09	0.00	18.47	99.88	178.95	337.70	195.40	300.81	160.60	120.07	56.10	1,711.16										
1959	16.38	3.03	5.68	72.75	40.05	269.06	197.77	152.73	78.44	199.81	4.11	0.00	1,039.81										
1960	8.50	3.05	3.79	10.11	57.96	107.55	238.63	186.05	181.10	77.86	3.15	9.57	887.32										
1961	3.90	3.90	12.50	9.80	62.00	240.90	267.80	195.20	129.10	46.00	22.00	1.80	994.90										
1962	0.00	0.00	1.50	97.90	59.60	110.90	137.50	192.30	143.00	67.00	9.00	16.30	835.00										
1963	0.00	0.00	18.50	21.50	125.10	109.80	200.40	255.00	168.00	143.00	4.10	0.10	1,045.50										
1964	36.00	0.00	21.30	13.10	138.90	264.90	267.70	124.60	134.90	23.50	25.90	7.90	1,058.70										
1965	43.20	46.80	0.50	34.80	64.70	170.80	288.10	330.80	135.90	64.10	14.50	17.30	1,211.50										
1966	11.30	17.20	65.10	101.80	20.60	273.10	281.60	267.30	173.80	78.10	0.20	6.60	1,296.70										
1967	110.20	0.10	54.10	41.30	63.70	201.40	160.60	169.50	228.20	226.80	13.60	2.80	1,272.30										
1968	5.50	25.20	2.90	110.70	106.80	285.10	137.50	159.80	152.80	78.00	9.20	29.30	1,102.80										
1969	18.10	1.60	17.50	11.80	21.40	107.60	212.60	390.20	215.30	73.20	0.00	2.90	1,072.20										
1970	0.40	14.10	0.10	5.80	40.80	201.90	223.10	276.70	188.90	53.40	14.00	0.00	1,019.20										
1971	0.60	0.00	22.50	40.20	33.20	165.90	247.40	230.90	170.70	80.70	7.80	18.40	1,018.30										
1972	0.20	1.60	19.60	78.80	132.10	202.40	297.60	161.30	159.10	83.80	18.70	1.70	1,156.90										
1973	0.50	7.00	2.50	47.60	76.90	127.10	257.10	226.40	142.60	106.70	23.60	2.60	1,020.60										
1974	2.50	3.40	29.70	14.10	45.60	271.00	154.50	162.90	192.10	45.50	22.40	0.00	943.70										
1975	40.00	17.20	0.00	19.80	162.20	149.30	249.80	205.30	175.80	50.10	2.00	0.00	1,071.50										
1976	0.00	3.00	27.50	50.30	114.80	72.80	187.80	402.30	238.10	203.40	38.20	28.40	1,366.60										
1977	8.20	6.50	2.10	20.70	116.90	236.00	201.70	157.90	129.60	47.70	0.20	12.00	939.50										
1978	5.60	21.50	77.50	23.30	65.10	318.60	192.70	132.80	180.20	158.10	7.20	10.30	1,192.90										
1979	0.00	28.00	1.50	13.90	90.30	82.30	225.50	235.60	181.70	81.40	1.00	34.70	975.90										
1980	147.00	0.00	0.80	60.80	55.70	139.20	133.20	169.10	175.90	91.70	38.30	0.00	1,011.70										
1981	52.80	36.70	14.50	39.90	63.80	33.00	190.10	211.00	165.30	104.40	12.00	3.90	927.40										
1982	0.00	22.70	6.70	64.40	164.70	169.80	217.60	105.80	87.80	87.00	0.00	1.00	927.50										
1983	20.00	22.30	14.90	0.00	34.00	127.00	278.70	191.50	215.50	10.80	7.40	2.40	924.50										
1984	26.40	13.60	11.10	0.50	54.80	212.60	291.30	228.10	198.60	88.80	0.00	0.00	1,125.80										
1985	16.27	3.00	4.60	47.60	76.00	221.20	107.30	81.50	125.60	22.30	21.10	25.20	751.67										
1986	0.00	0.50	0.00	51.50	120.70	250.20	193.30	191.10	49.40	35.30	10.20	6.10	908.30										
1987	2.05	5.89	9.62	24.49	62.80	143.56	233.29	138.69	120.03	0.56	7.73	4.00	752.71										
1988	7.54	7.59	31.44	10.34	64.14	201.24	214.43	176.64	140.08	14.68	14.87	1.34	884.33										
1989	0.39	1.19	3.47	27.70	62.13	176.43	137.70	259.87	98.42	60.62	10.52	14.54	852.98										
1990	3.71	12.74	11.16	57.30	104.01	148.99	267.78	164.83	147.81	135.32	9.30	8.08	1,071.03										
MAX	215.09	54.50	77.50	172.36	232.49	351.00	351.26	402.30	338.46	226.80	120.07	56.10	1,711.16										
MED	17.26	10.27	13.79	34.78	85.00	183.29	218.74	196.22	167.68	79.93	19.34	9.24	1,035.53										
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	18.39	33.00	107.30	67.40	49.40	0.56	0.00	0.00	744.52										

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.13 REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES TOTALES  
( EN MILIMETROS )**

ESTACION CLIMATOLÓGICA														ESTADO		REGISTRO HIDROLÓGICO				COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
TLAHUAC														DISTRITO FEDERAL		CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO				LATITUD (N):		19°15'58"	
																				LONGITUD (W):		99°00'26"	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL										
1931	7.15	0.05	0.31	5.68	83.07	90.70	153.09	113.45	119.08	14.17	0.04	21.07	607.86										
1932	0.00	6.33	8.91	1.50	40.92	54.50	125.75	108.16	117.85	97.00	5.48	0.92	567.32										
1933	0.07	3.06	3.35	2.22	26.61	56.78	128.93	223.20	131.02	43.58	18.17	3.25	640.24										
1934	10.35	12.22	20.24	37.26	60.79	45.80	89.29	151.30	197.62	33.75	9.21	8.21	676.04										
1935	2.75	7.77	42.03	7.62	79.73	159.60	114.67	99.44	106.70	16.19	2.60	0.44	639.54										
1936	8.95	0.73	0.38	15.88	73.25	54.93	175.05	125.22	124.28	69.59	4.31	0.62	653.19										
1937	6.61	5.40	27.66	17.23	97.53	123.79	154.76	88.78	96.96	42.28	5.39	2.06	668.45										
1938	0.00	16.44	30.00	12.76	27.29	86.57	115.09	78.34	67.91	24.66	19.87	1.95	480.88										
1939	7.42	0.14	7.04	36.95	50.90	74.91	120.08	81.61	50.37	79.43	0.04	1.41	510.30										
1940	24.20	1.07	59.90	1.60	78.90	104.29	141.99	96.56	35.97	15.61	7.68	5.75	573.52										
1941	2.04	17.76	14.08	27.25	28.22	139.44	120.09	51.71	166.09	101.54	14.86	19.68	702.76										
1942	5.28	8.74	19.08	10.56	44.51	133.34	108.52	115.93	120.97	30.03	23.24	5.05	625.25										
1943	1.21	0.34	16.11	18.95	57.71	81.51	72.85	124.27	122.20	19.50	7.91	8.70	531.26										
1944	0.23	0.15	10.40	1.05	40.63	83.89	136.78	183.27	145.49	15.51	8.66	0.02	626.08										
1945	2.94	1.73	10.37	11.70	32.00	53.78	118.70	132.71	73.12	34.35	15.72	0.00	487.12										
1946	18.27	5.03	8.62	56.42	66.00	103.09	63.78	105.31	75.36	58.73	14.08	0.16	574.85										
1947	14.42	1.54	0.31	31.19	136.52	65.28	79.98	165.34	101.37	48.07	23.67	11.02	678.71										
1948	21.23	0.00	15.11	16.94	63.91	98.87	164.78	96.49	86.75	42.10	17.48	4.71	628.37										
1949	6.67	2.38	8.63	13.65	49.87	82.65	57.75	45.03	87.63	26.57	1.40	0.64	382.87										
1950	3.95	0.91	17.88	9.88	71.96	65.78	103.54	71.41	92.68	36.76	0.00	0.18	474.93										
1951	0.00	0.00	26.90	6.30	79.27	108.27	145.25	96.01	151.20	36.12	8.99	0.05	658.36										
1952	13.33	7.65	0.00	35.15	90.97	116.06	108.02	100.93	113.04	9.26	54.62	0.00	649.03										
1953	1.02	0.62	1.27	8.70	12.41	92.77	80.14	101.45	73.09	68.12	12.07	0.05	451.71										
1954	0.00	14.32	10.95	97.09	75.53	108.93	98.35	97.91	117.72	98.65	18.67	0.00	738.12										
1955	3.69	0.00	8.30	1.74	27.03	66.48	196.49	146.83	211.01	59.04	8.58	6.62	735.81										
1956	2.19	12.86	0.34	31.44	159.27	91.94	145.58	69.64	96.81	23.42	8.79	0.38	642.66										
1957	0.00	19.49	0.31	24.70	41.37	90.84	79.56	53.85	79.46	30.96	5.63	0.92	427.09										
1958	126.06	15.91	0.00	10.55	69.04	93.81	186.17	112.79	190.89	98.53	55.35	27.03	986.13										
1959	9.70	1.54	4.81	41.71	27.48	142.47	108.05	87.13	50.12	120.07	1.87	0.00	594.95										
1960	4.95	1.56	3.47	5.90	40.21	56.60	132.24	107.66	112.69	47.30	1.47	4.76	518.81										
1961	6.60	1.50	8.60	6.40	6.20	146.10	183.70	97.10	94.80	3.00	18.90	5.60	578.50										
1962	0.00	0.00	0.30	62.00	31.90	76.50	64.40	75.90	124.60	71.40	6.50	9.00	522.50										
1963	0.00	0.00	41.80	7.20	38.40	91.00	213.50	186.30	143.90	100.80	2.00	0.00	824.90										
1964	26.90	14.90	7.00	13.00	120.10	61.70	132.20	28.50	145.60	5.00	0.00	0.00	554.90										
1965	0.00	20.20	9.50	26.50	23.00	97.50	139.50	178.00	53.00	59.00	1.50	7.50	615.20										
1966	14.50	1.50	42.00	34.00	33.30	53.00	166.00	85.50	57.50	31.00	0.00	3.50	521.80										
1967	73.00	0.00	7.00	18.00	77.00	85.50	100.00	102.50	137.50	50.00	19.00	0.00	669.50										
1968	3.00	12.50	0.00	50.00	72.00	166.50	111.80	130.00	91.50	52.00	0.00	27.00	716.30										
1969	1.50	0.00	4.00	12.00	21.50	62.50	125.50	154.50	108.00	12.00	0.00	0.00	501.50										
1970	0.00	4.00	0.00	0.00	88.00	169.00	0.00	208.00	151.00	13.00	0.00	0.00	633.00										
1971	0.00	0.00	11.00	5.00	18.00	127.00	89.00	95.00	131.50	121.00	5.00	7.00	609.50										
1972	0.00	2.00	10.00	71.50	128.00	82.00	118.00	94.00	121.40	85.50	13.50	0.00	725.90										
1973	0.00	3.00	30.00	17.00	61.00	80.00	102.70	133.50	111.50	60.50	10.00	0.00	609.20										
1974	1.00	9.00	75.50	17.00	49.50	102.80	139.00	130.30	85.20	2.50	0.00	0.00	611.80										
1975	0.00	5.41	0.00	13.50	119.00	131.50	84.00	86.50	73.50	49.50	0.00	0.00	562.91										
1976	0.00	7.00	10.00	31.80	56.50	78.00	102.50	281.50	115.50	142.50	2.80	30.50	858.60										
1977	3.00	6.50	0.00	14.30	51.50	85.50	122.30	105.20	78.90	45.00	16.00	4.34	532.54										
1978	0.00	8.00	65.50	1.40	27.40	159.20	104.30	60.80	92.00	111.00	7.00	0.00	636.60										
1979	0.00	23.40	0.00	23.00	70.20	90.10	125.30	167.50	164.60	0.00	0.00	24.10	688.20										
1980	103.50	5.41	0.00	37.50	50.20	71.50	148.00	122.00	110.40	79.00	2.00	0.00	729.51										
1981	45.00	0.00	0.00	0.00	72.00	109.30	128.80	123.70	43.70	42.50	9.00	0.00	574.00										
1982	0.00	10.60	0.50	17.00	60.00	74.00	100.80	42.30	22.50	25.50	0.00	1.00	354.20										
1983	14.00	6.00	6.00	0.00	13.00	166.00	218.50	103.80	98.30	35.00	12.00	2.00	674.60										
1984	8.00	8.50	1.50	0.00	59.50	82.50	164.70	118.40	145.50	51.20	0.00	0.00	639.80										
1985	0.00	2.00	11.00	31.00	51.50	130.50	76.00	52.50	67.50	23.50	6.00	0.00	451.50										
1986	0.00	0.00	0.00	30.00	48.50	81.00	147.10	135.90	47.60	34.10	12.30	0.00	536.50										
1987	0.00	0.00	9.50	11.50	42.50	89.40	90.90	113.00	47.00	0.00	6.50	0.00	410.30										
1988	0.00	0.00	38.00	0.00	76.00	114.60	125.80	86.50	70.60	30.50	0.00	0.00	542.00										
1989	0.22	0.61	3.24	15.81	40.96	93.11	76.36	150.38	59.97	36.90	5.00	7.15	489.71										
1990	2.16	6.57	10.38	32.94	71.11	77.05	147.42	93.74	87.84	82.59	4.45	3.90	620.15										
MAX	126.06	23.40	75.50	97.09	159.27	169.00	218.50	281.50	211.01	142.50	55.35	30.50	986.13										
MED	10.12	5.41	12.98	19.98	58.51	96.03	121.22	112.91	103.30	48.27	8.92	4.47	602.13										
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	45.80	0.00	28.50	22.50	0.00	0.00	0.00	354.20										

NOTA: \* INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

**TABLA 1.14 PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS  
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA ( PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1961-1998)**

ANO	TLAHUAC	SAN LUIS AMECA II	LOS REYES LA PAZ	SAN RAFAEL	NEZAHU- ALCOYOTL	MANUEL A. CAMACHO	CHIMAL- HUACAN	COATEPEC OLIVOS	CHALCO	REPETIDORA T.V.	AMECA- MECA
1961	40.20	35.00	27.00	62.00	*	28.80	*		51.50	50.00	33.60
1962	37.00	56.00	20.00	34.50	*	21.50	*		30.10	38.00	38.60
1963	66.00	61.00	34.00	49.00	*	89.00	*		46.70	25.00	24.60
1964	32.00	42.00	21.50	69.00	*	45.00	*		48.50	38.00	25.60
1965	60.00	49.60	26.00	46.00	*	33.00	*		47.70	29.00	35.90
1966	26.00	61.90	20.00	84.50	*	40.00	*		34.80	68.00	43.50
1967	52.00	75.50	44.20	69.50	26.00	48.50	*		55.50	46.00	58.50
1968	45.00	69.00	51.00	48.50	32.50	53.10	*		44.50	51.00	34.20
1969	35.00	*	33.90	52.50	30.00	85.40	43.00		38.50	47.40	38.70
1970	50.00	*	51.00	56.70	50.00	41.20	42.50		31.30	48.40	43.20
1971	28.00	*	42.00	37.50	59.00	28.20	41.20		29.00	42.70	36.20
1972	50.00	*	29.00	45.00	50.70	59.70	68.00		41.50	108.00	80.20
1973	40.00	*	24.80	48.50	35.00	47.70	34.50		28.50	80.00	40.50
1974	44.00	40.10	36.00	63.00	39.70	79.20	34.00		26.20	45.00	42.50
1975	34.00	57.70	52.20	59.00	30.20	32.00	31.00		42.20	55.00	37.20
1976	40.00	60.70	29.30	58.00	49.70	51.50	50.00		39.90	40.00	49.20
1977	45.00	46.00	40.00	60.70	40.70	30.00	21.00		28.20	36.00	32.50
1978	35.00	44.00	34.50	65.50	34.00	36.50	30.00		34.50	20.50	42.20
1979	54.00	43.00	25.00	65.50	38.90	35.20	49.00		20.50		40.50
1980	44.00	52.50	31.10	77.00	40.00	71.00	26.00		50.00	50.00	20.00
1981	27.00	68.80	31.80	43.70	49.90	37.10	42.40	43.60	54.00	65.00	30.50
1982	21.00	56.20	23.80	66.50	49.00	33.20	37.50	35.60	24.80		33.20
1983	60.00	60.00	45.70	40.50	17.60	59.70	34.00	26.50	47.50	47.00	30.80
1984	34.00	35.70	24.30	66.40	27.30	33.90	28.30		35.50	52.00	24.30
1985	22.00	47.10	51.90	42.00	38.20	73.20	29.30		35.00		37.70
1986	33.00	45.00	48.90	*	50.10	36.70	25.50	42.00	33.00	30.50	50.20
1987	28.00	*	34.00	34.20	41.40	43.20	46.50	50.00	30.00	49.50	73.20
1988	47.00	*	35.60	*	64.00	64.30	42.00	42.00	46.50	61.50	45.70
1989	*	*	42.60	*	32.00	*	43.50		41.50	47.70	48.40
1990	*	*	22.80	*	36.00	49.20	48.50		41.00		23.40
1991	*	*	*	*	47.00	*	40.00	46.00	30.50		46.60
1992	*	*	*	*	32.00	47.40	*	50.00	*		41.80
1993	*	*	*	*	24.00	*	*	54.00	*		39.50
1994	*	30.50	*	*	38.00	*	*	43.00	*		20.70
1995	*	*	*	*	28.00	*	*	47.50	*		22.30
1996	28.50	*	*	50.80	40.00	31.30	*	32.00	31.50		16.90
1997	38.00	*	39.80	44.00	36.00	46.60	*	40.00	42.00		59.90
1998	*	*	*	*		*	*	30.00	*		

\* Años faltantes debido a falta de operación de las estaciones, en algunos casos, para el año 1998 la información no estaba disponible.

**TABLA 1.15 REGISTRO HISTORICO DE ESCURRIMIENTOS MEDIOS MENSUALES  
( EN MILLONES DE METROS CÚBICOS)**

<b>ESTACIÓN HIDROMÉTRICA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>REG. HID.</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
LOS REYES LA PAZ	MÉXICO	26 PANUCO	RÍO DE LA COMPAÑÍA	LATITUD NORTE: 19°21'45" LONGITUD OESTE: 98°57'40"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981	1.64	1.58	1.89	1.69	1.95	2.94	3.67	2.96	2.07	2.11	2.16	1.67	26.33
1982	1.40	1.34	1.76	1.26	1.83	2.14	2.69	2.47	1.63	1.65	1.28	1.40	20.84
1983	1.41	1.32	1.57	1.22	1.38	1.62	2.96	2.98	3.00	2.43	2.13	1.47	23.49
1984	1.67	1.41	1.65	1.48	2.14	2.60	3.08	3.08	3.57	2.91	2.17	1.71	27.46
1985	2.04	1.66	1.83	1.94	2.21	2.91	3.12	2.66	2.43	2.24	1.66	1.57	26.26
1986	1.39	1.44	1.49	1.74	2.06	2.96	2.78	2.85	2.56	2.51	2.33	2.07	26.17
1987	2.25	2.12	2.26	2.13	2.38	2.82	3.00	3.45	2.47	1.95	1.88	1.74	28.45
1988	1.63	2.28	3.65	2.89	2.01	2.65	3.35	2.70	3.17	1.97	1.27	1.10	28.66
1989	1.11	1.15	1.22	1.15	1.55	1.78	2.80	1.04	0.86	0.83	2.09	1.91	17.48
1990	1.90	1.48	1.58	1.40	2.01	2.12	3.42	3.44	3.44	3.32	2.59	2.09	28.77
1991	1.87	1.56	1.35	1.87	2.28	3.12	3.88	3.27	4.12	4.96	3.62	2.90	34.78
1992	2.12	2.69	2.41	2.19	2.73	2.85	3.80	5.67	5.49	6.14	5.21	2.94	44.23
1993													
1994	2.29	2.58	2.52	2.91	4.01	5.67	6.01	6.73	7.09	5.98	3.42	3.20	52.39
<b>MAX</b>	2.285	2.685	3.648	2.914	4.005	5.674	6.005	6.726	7.091	6.140	5.208	3.203	52.389
<b>MED</b>	1.746	1.737	1.936	1.835	2.195	2.783	3.427	3.330	3.224	2.999	2.445	1.982	29.639
<b>Qmed(m³/s)</b>	0.652	0.718	0.723	0.708	0.820	1.074	1.280	1.243	1.244	1.120	0.943	0.740	0.940
<b>MIN</b>	1.109	1.146	1.215	1.150	1.379	1.620	2.692	1.042	0.863	0.829	1.274	1.102	17.481

NOTA: \* INFORMACION RECOPIADA EN EL SISTEMA DE INFORMACION DE AGUAS SUPERFICIALES (SIAS)

**TABLA 1.16 REGISTRO HISTORICO DE ESCURRIMIENTOS MEDIOS MENSUALES  
( EN MILLONES DE METROS CÚBICOS)**

TABLA 1.16 REGISTRO HISTORICO DE ESCURRIMIENTOS MEDIOS MENSUALES ( EN MILLONES DE METROS CÚBICOS)													
ESTACIÓN HIDROMÉTRICA			ESTADO			REG. HID.		CORRIENTE		LOCALIZACIÓN			
SAN LUCAS			MÉXICO			26 PANUCO		RÍO DE LA COMPAÑÍA		LATITUD NORTE: 19°17'05" LONGITUD OESTE: 98°51'25"			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1963	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.29	0.70	0.85	0.71	1.10	0.47	0.01	4.21
1964	0.01	0.02	0.00	0.00	0.19	0.87	0.78	0.71	0.69	0.51	0.06	0.03	3.86
1965	0.02	0.00	0.01	0.02	0.12	0.37	1.12	1.47	1.48	1.28	0.60	0.30	6.80
1966	0.02	0.03	0.00	0.22	0.11	0.47	0.38	1.44	1.28	0.41	0.00	0.00	4.36
1967	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.61	0.97	0.98	1.30	1.43	0.69	0.36	6.39
1968	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	1.06	1.88	1.52	1.40	1.26	0.39	0.00	7.91
1969	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.65	1.27	1.61	0.49	0.18	0.01	4.36
1970	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.74	1.71	1.81	1.89	1.38	0.29	0.00	7.85
1971	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.66	1.22	0.81	0.79	0.94	0.08	0.04	4.61
1972	0.02	0.00	0.00	0.05	0.21	1.17	1.17	1.30	1.06	1.01	0.26	0.11	6.35
1973	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.26	1.00	1.32	1.11	0.70	0.44	0.26	5.26
1974	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.68	1.41	1.09	1.79	1.38	0.30	0.00	6.71
1975	0.01	0.03	0.01	0.01	0.29	1.05	1.05	0.95	1.51	0.85	0.20	0.06	6.02
1976	0.15	0.09	0.01	0.03	0.50	0.63	1.15	1.75	1.31	1.97	0.74	0.49	8.80
1977	0.03	0.00	0.00	0.02	0.60	1.26	1.14	0.96	1.25	0.94	0.29	0.02	6.50
1978	0.01	0.02	0.08	0.24	0.28	1.02	1.08	0.92	1.07	1.19	0.74	0.37	7.01
1979	0.09	0.05	0.00	0.00	0.40	0.85	1.01	1.36	1.77	0.28	0.12	0.78	6.71
1980	0.56	0.53	0.01	0.00	0.49	0.63	0.24	0.94	1.28	0.82	1.35	0.31	7.15
1981	0.00	0.00	0.09	0.24	0.46	1.06	1.61	1.91	1.70	1.37	0.96	0.57	9.99
1982	0.11	0.00	0.00	0.00	0.66	0.67	1.01	1.01	0.51	0.38	0.00	0.14	4.50
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	1.08	1.11	1.34	0.64	0.00	0.02	4.44
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.83	0.81	1.01	0.75	0.73	0.13	0.41	4.87
1987	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.78	0.85	0.71	0.61	0.62	0.30	0.20	4.15
1988	0.00	0.00	0.04	0.04	0.31	0.72	0.96	0.96	1.31	0.86	0.33	0.10	5.62
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.47	0.97	1.18	1.42	0.48	0.00	0.00	4.63
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.57	1.47	1.45	1.68	1.80	0.96	0.00	8.35
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.97	1.52	1.04	1.02	1.95	1.11	0.00	7.93
1992	0.00	1.07	0.00	0.00	0.10	0.64	0.56	1.16	0.99	1.42	0.02	0.00	5.95
1993													
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	1.86	2.17	2.64	2.04	0.72	0.00	11.04
<b>MAX</b>	0.559	1.074	0.091	0.244	0.662	1.603	1.875	2.174	2.644	2.043	1.347	0.776	11.040
<b>MED</b>	0.037	0.064	0.010	0.030	0.227	0.736	1.081	1.212	1.285	1.042	0.404	0.158	6.286
<b>Qmed(m³/s)</b>	0.014	0.026	0.004	0.012	0.085	0.284	0.404	0.453	0.496	0.389	0.156	0.059	0.199
<b>MIN</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.158	0.235	0.710	0.510	0.283	0.000	0.000	3.858
NOTA: * INFORMACION RECOPIADA EN EL SISTEMA DE INFORMACION DE AGUAS SUPERFICIALES (SIAS)													

**TABLA 1.17 REGISTRO HISTÓRICO DE ESCURRIMIENTOS MEDIOS MENSUALES  
( EN MILLONES DE METROS CÚBICOS)**

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA		ESTADO		REG. HID.		CORRIENTE		LOCALIZACIÓN					
SAN MARCOS		MÉXICO		26 PANUCO		RÍO SAN FRANCISCO		LATITUD NORTE: 19°17'30" LONGITUD OESTE: 98°52'10"					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1963	0.00	0.00	0.09	0.00	0.23	0.49	0.68	0.53	0.39	0.19	0.00	0.00	2.60
1964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.33	0.44	0.05	0.20	0.03	0.05	0.00	1.40
1965	0.00	0.01	0.00	0.04	0.06	0.44	0.80	1.08	0.55	0.33	0.00	0.00	3.31
1966	0.00	0.00	0.04	0.26	0.07	0.09	0.94	1.34	0.47	0.00	0.00	0.00	3.20
1967	0.11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.13	0.24	0.35	0.41	0.25	0.00	0.00	1.51
1968	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.63	0.43	0.40	0.28	0.12	0.00	0.00	1.91
1969	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.32	0.80	0.60	0.03	0.00	0.00	2.09
1970	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.58	0.58	0.16	0.57	0.31	0.00	0.00	2.22
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.30	0.30	0.29	0.10	0.00	0.00	1.76
1972	0.00	0.00	0.00	0.03	0.40	0.52	0.30	0.31	0.54	0.21	0.02	0.00	2.33
1973	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.04	0.06	0.40	0.78	0.10	0.04	0.00	1.51
1974	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.14	0.12	0.18	0.14	0.00	0.00	0.65
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.08	0.39	0.29	0.06	0.00	0.00	0.00	0.93
1976	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.18	0.88	0.70	0.98	0.00	0.10	2.87
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.31	0.19	0.12	0.10	0.03	0.00	0.87
1978	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.20	0.02	0.04	0.25	0.05	0.00	0.63
1979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.12	0.13	0.36	0.29	0.00	0.00	0.00	1.06
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.39	0.18	0.69	0.06	0.05	0.04	0.00	1.47
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.31	0.69	0.46	0.10	0.13	0.00	0.00	1.84
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.17
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.63	1.01	0.28	0.00	0.00	0.00	2.14
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.26	0.38	0.17	1.33	0.00	0.00	3.29
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	1.36	0.83	0.02	0.02	0.00	0.00	2.48
1986	0.00	0.00	0.00	0.13	0.27	0.52	0.62	1.52	0.06	0.07	0.00	0.00	3.19
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.22	1.26	0.23	0.07	0.00	0.00	1.96
1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.04	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.41
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.60	0.41	0.07	0.00	0.01	0.00	1.12
1990	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.06	0.25	0.01	0.27	0.00	0.00	0.69
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.28	0.14	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.61
1992	0.01	0.01	0.00	0.05	0.03	0.16	0.42	0.94	0.57	0.47	0.23	0.09	2.97
1993													
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.39	0.05	0.05	0.55	0.02	0.00	0.00	1.07
<b>MAX</b>	0.113	0.014	0.090	0.258	0.404	1.160	1.355	1.517	0.780	1.327	0.225	0.099	3.314
<b>MED</b>	0.004	0.001	0.004	0.021	0.071	0.291	0.378	0.497	0.281	0.180	0.015	0.006	1.749
<b>Qmed(m³/s)</b>	0.002	0.000	0.002	0.008	0.027	0.112	0.141	0.186	0.108	0.067	0.006	0.002	0.055
<b>MIN</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.167
NOTA: * INFORMACION RECOPIADA EN EL SISTEMA DE INFORMACION DE AGUAS SUPERFICIALES (SIAS)													

**TABLA 1.18 REGISTRO HISTÓRICO DE GASTOS MÁXIMOS**

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA	REGIÓN HIDROLÓGICA			CUENCA HIDROLÓGICA	CORRIENTE (RÍO)	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			
	LATITUD		LONGITUD						
SAN MARCOS	VALLE DE MÉXICO			LA COMPAÑÍA	SAN FRANCISCO	19° 17' 30"		98° 52' 10"	
SAN LUCAS	VALLE DE MÉXICO			LA COMPAÑÍA	SAN RAFAEL	19° 17' 05"		98° 51' 25"	
LOS REYES	VALLE DE MÉXICO			LA COMPAÑÍA	LA COMPAÑÍA	19° 21' 45"		98° 57' 40"	

AÑO	ESTACION SAN MARCOS				ESTACION SAN LUCAS				ESTACION LOS REYES			
	MES	DIA	HORA	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	MES	DIA	HORA	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	MES	DIA	HORA	GASTO (m <sup>3</sup> /s)
1960												
1961												
1962												
1963	AGO	07	12	30.60	JUL	02	19	2.43				
1964	JUL	31	21	21.90	JUL	31	22	1.91				
1965	AGO	17	18	30.10	AGO	12	16	2.72				
1966	SEP	18	16	43.90	AGO	20	21	2.50				
1967	JUL	23	19	21.17	SEP	27	21	1.88				
1968	JUL	26	17	14.93	JUL	26	20	2.36				
1969	AGO	27	18	22.28	SEP	02	17	3.02				
1970	JUL	05	17	18.48	SEP	28	17	3.42				
1971	AGO	02	15	15.61	JUN	21	01	3.94				
1972	JUN	15	16	17.51	MAY	29	17	4.05				
1973	SEP	01	16	35.20	AGO	27	15	1.34				
1974	OCT	30	19	7.17	JUL	09	18	5.28				
1975	JUL	08	16	17.34	AGO	06	12	4.50				
1976	OCT	15	22	25.56	AGO	21	18	11.86				
1977	JUL	26	18	18.42	JUL	26	19	12.50				
1978	JUN	06	17	5.01	JUL	26	22	14.44				
1979	AGO	12	21	11.13	JUN	09	01	5.45				
1980	JUN	30	19	31.80	JUN	30	17	7.00				
1981	JUL	07	15	30.95	AGO	07	12	2.84				
1982	JUN	07	19	6.74	AGO	10	12	3.48	AGO	11	09	1.83
1983	AGO	05	16	27.84	AGO	05	12	3.96	AGO	05	22	3.36
1984	AGO	15	20	7.29					JUN	22	23	2.75
1985	JUL	04	18	22.93					JUN	29	24	3.01
1986	JUL	11	18	13.71	MAY	28	20	1.41	AGO	10	12	2.88
1987	AGO	21	19	12.02	JUN	10	15	3.52	AGO	22	12	2.24
1988	JUN	19	10	14.01	SEP	04	23	2.88	SEP	05	08	2.57
1989	SEP	22	03	2.50	JUN	25	22	1.24	JUL	10	17	2.60
1990	OCT	24	15	8.56	SEP	20	23	1.04	MAY	31	12	3.01
1991	JUN	11		10.27	JUL	05		3.60	SEP	21		2.40
1992	SEP	10		9.11	JUL	23		3.99	SEP	26		4.41
1993									SEP	11		5.76
1994	JUN	07		56.10					JUL	31		5.11
1995	AGO	22		12.60	AGO	12		5.93	JUL	12		6.12
1996	SEP	14		5.28					AGO	25		4.80
1997	SEP	12		3.37	SEP	07		1.45	SEP	13		6.15
1998												
1999												
	34 AÑOS CON DATOS				30 AÑOS CON DATOS				16 AÑOS CON DATOS			



TABLA 1.19 PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS (DATOS COMPLETADOS, TESIS)											
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA ( PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1961-1998)											
AÑO	TLAHUAC	SAN LUIS AMECA II	LOS REYES LA PAZ	SAN RAFAEL	NEZAHU- ALCOYOTL	MANUEL A. CAMACHO	CHIMAL- HUACAN	COATEPEC OLIVOS	CHALCO	REPETIDORA T.V.	AMECA- MECA
1961	40.20	35.00	27.00	62.00	<b>37.13</b>	28.80	<b>35.00</b>	<b>41.36</b>	51.50	50.00	33.60
1962	37.00	56.00	20.00	34.50	<b>37.63</b>	21.50	<b>37.07</b>	<b>42.07</b>	30.10	38.00	38.60
1963	66.00	61.00	34.00	49.00	<b>36.03</b>	89.00	<b>30.76</b>	<b>39.81</b>	46.70	25.00	24.60
1964	32.00	42.00	21.50	69.00	<b>36.17</b>	45.00	<b>31.27</b>	<b>40.01</b>	48.50	38.00	25.60
1965	60.00	49.60	26.00	46.00	<b>37.37</b>	33.00	<b>35.98</b>	<b>41.70</b>	47.70	29.00	35.90
1966	26.00	61.90	20.00	84.50	<b>38.06</b>	40.00	<b>38.95</b>	<b>42.69</b>	34.80	68.00	43.50
1967	52.00	75.50	44.20	69.50	26.00	48.50	<b>44.04</b>	<b>44.27</b>	55.50	46.00	58.50
1968	45.00	69.00	51.00	48.50	32.50	53.10	<b>35.26</b>	<b>41.45</b>	44.50	51.00	34.20
1969	35.00	<b>56.73</b>	33.90	52.50	30.00	85.40	43.00	<b>43.96</b>	38.50	47.40	38.70
1970	50.00	<b>56.41</b>	51.00	56.70	50.00	41.20	42.50	<b>43.81</b>	31.30	48.40	43.20
1971	28.00	<b>55.56</b>	42.00	37.50	59.00	28.20	41.20	<b>43.41</b>	29.00	42.70	36.20
1972	50.00	<b>70.84</b>	29.00	45.00	50.70	59.70	68.00	<b>50.35</b>	41.50	108.00	80.20
1973	40.00	<b>50.98</b>	24.80	48.50	35.00	47.70	34.50	<b>41.19</b>	28.50	80.00	40.50
1974	44.00	40.10	36.00	63.00	39.70	79.20	34.00	<b>41.01</b>	26.20	45.00	42.50
1975	34.00	57.70	52.20	59.00	30.20	32.00	31.00	<b>39.90</b>	42.20	55.00	37.20
1976	40.00	60.70	29.30	58.00	49.70	51.50	50.00	<b>45.97</b>	39.90	40.00	49.20
1977	45.00	46.00	40.00	60.70	40.70	30.00	21.00	<b>35.56</b>	28.20	36.00	32.50
1978	35.00	44.00	34.50	65.50	34.00	36.50	30.00	<b>39.52</b>	34.50	20.50	42.20
1979	54.00	43.00	25.00	65.50	38.90	35.20	49.00	<b>45.69</b>	20.50	<b>46.74</b>	40.50
1980	44.00	52.50	31.10	77.00	40.00	71.00	26.00	<b>37.88</b>	50.00	50.00	20.00
1981	27.00	68.80	31.80	43.70	49.90	37.10	42.40	43.60	54.00	65.00	30.50
1982	21.00	56.20	23.80	66.50	49.00	33.20	37.50	35.60	24.80	<b>43.95</b>	33.20
1983	60.00	60.00	45.70	40.50	17.60	59.70	34.00	26.50	47.50	47.00	30.80
1984	34.00	35.70	24.30	66.40	27.30	33.90	28.30	<b>38.84</b>	35.50	52.00	24.30
1985	22.00	47.10	51.90	42.00	38.20	73.20	29.30	<b>39.24</b>	35.00	<b>45.71</b>	37.70
1986	33.00	45.00	48.90	<b>58.64</b>	50.10	36.70	25.50	42.00	33.00	30.50	50.20
1987	28.00	<b>58.92</b>	34.00	34.20	41.40	43.20	46.50	50.00	30.00	49.50	73.20
1988	47.00	<b>56.08</b>	35.60	<b>51.58</b>	64.00	64.30	42.00	42.00	46.50	61.50	45.70
1989	<b>38.70</b>	<b>57.04</b>	42.60	<b>51.12</b>	32.00	<b>46.48</b>	43.50	<b>44.11</b>	41.50	47.70	48.40
1990	<b>39.22</b>	<b>60.13</b>	22.80	<b>49.71</b>	36.00	49.20	48.50	<b>45.56</b>	41.00	<b>39.43</b>	23.40
1991	<b>37.56</b>	<b>54.77</b>	<b>32.62</b>	<b>52.24</b>	47.00	<b>40.88</b>	40.00	46.00	30.50	<b>48.81</b>	46.60
1992	<b>38.88</b>	<b>53.64</b>	<b>32.94</b>	<b>52.82</b>	32.00	47.40	<b>38.32</b>	50.00	<b>37.28</b>	<b>47.20</b>	41.80
1993	<b>38.28</b>	<b>53.03</b>	<b>33.12</b>	<b>53.14</b>	24.00	<b>44.35</b>	<b>37.43</b>	54.00	<b>37.09</b>	<b>46.38</b>	39.50
1994	<b>37.39</b>	30.50	<b>35.22</b>	<b>56.92</b>	38.00	<b>40.11</b>	<b>28.64</b>	43.00	<b>29.13</b>	<b>37.96</b>	20.70
1995	<b>38.09</b>	<b>47.28</b>	<b>34.98</b>	<b>56.47</b>	28.00	<b>43.44</b>	<b>29.54</b>	47.50	<b>35.28</b>	<b>38.85</b>	22.30
1996	28.50	<b>44.72</b>	<b>35.91</b>	50.80	40.00	31.30	<b>26.33</b>	32.00	31.50	<b>35.65</b>	16.90
1997	38.00	<b>57.66</b>	39.80	44.00	36.00	46.60	<b>44.47</b>	40.00	42.00	<b>52.76</b>	59.90
1998								30.00			

**TABLA 1.20 PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS (DATOS COMPLETADOS, PROYECTO)  
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA ( PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1961-1990)**

<b>AÑO</b>	<b>TLAHUAC</b>	<b>SAN LUIS AMECA II</b>	<b>LOS REYES LA PAZ</b>	<b>SAN RAFAEL</b>	<b>NEZAHU- ALCOYOTL</b>	<b>MANUEL A. CAMACHO</b>	<b>CHIMAL- HUACAN</b>	<b>COATEPEC D. L. OLIVOS</b>	<b>CHALCO</b>	<b>REPETIDORA T.V.</b>	<b>AMECA- MECA</b>
1961	40.20	35.00	27.00	62.00	40.85	28.80	41.93	51.50	33.60	50.00	38.70
1962	37.00	56.00	20.00	34.50	37.21	21.50	43.41	30.10	38.60	38.00	47.65
1963	66.00	61.00	34.00	49.00	42.25	89.00	39.83	46.70	24.60	25.00	39.37
1964	32.00	42.00	21.50	69.00	38.18	45.00	43.14	48.50	25.60	38.00	40.99
1965	60.00	49.60	26.00	46.00	40.47	33.00	42.18	47.70	35.90	29.00	40.43
1966	26.00	61.90	20.00	84.50	37.21	40.00	43.41	34.80	43.50	68.00	52.65
1967	52.00	75.50	44.20	69.50	26.00	48.50	35.67	55.50	58.50	46.00	41.23
1968	45.00	69.00	51.00	48.50	32.50	53.10	32.17	44.50	34.20	51.00	39.52
1969	35.00	31.35	33.90	52.50	30.00	85.40	43.00	38.50	38.70	47.40	45.70
1970	50.00	30.02	51.00	56.70	50.00	41.20	42.50	31.30	43.20	48.40	37.47
1971	28.00	32.56	42.00	37.50	59.00	28.20	41.20	29.00	36.20	42.70	39.60
1972	50.00	60.41	29.00	45.00	50.70	59.70	68.00	41.50	80.20	108.00	33.10
1973	40.00	30.69	24.80	48.50	35.00	47.70	34.50	28.50	40.50	80.00	27.70
1974	44.00	40.10	36.00	63.00	39.70	79.20	34.00	26.20	42.50	45.00	43.00
1975	34.00	57.70	52.20	59.00	30.20	32.00	31.00	42.20	37.20	55.00	45.20
1976	40.00	60.70	29.30	58.00	49.70	51.50	50.00	39.90	49.20	40.00	46.00
1977	45.00	46.00	40.00	60.70	40.70	30.00	21.00	28.20	32.50	36.00	38.50
1978	35.00	44.00	34.50	65.50	34.00	36.50	30.00	34.50	42.20	20.50	34.20
1979	54.00	43.00	25.00	65.50	38.90	35.20	49.00	20.50	40.50	46.40	29.00
1980	44.00	52.50	31.10	77.00	40.00	71.00	26.00	50.00	20.00	50.00	53.50
1981	27.00	68.80	31.80	43.70	49.90	37.10	42.40	54.00	30.50	65.00	55.50
1982	21.00	56.20	23.80	66.50	49.00	33.20	37.50	24.80	33.20	46.63	38.50
1983	60.00	60.00	45.70	40.50	17.60	59.70	34.00	47.50	30.80	47.00	53.00
1984	34.00	35.70	24.30	66.40	27.30	33.90	28.30	35.50	24.30	52.00	30.00
1985	22.00	47.10	51.90	42.00	38.20	73.20	29.30	35.00	37.70	51.72	49.50
1986	33.00	45.00	48.90	45.37	50.10	36.70	25.50	33.00	50.20	30.50	33.20
1987	28.00	39.57	34.00	34.20	41.40	43.20	46.50	30.00	73.20	49.50	42.00
1988	47.00	41.32	35.60	48.56	64.00	64.30	42.00	46.50	45.70	61.50	47.50
1989	41.57	35.67	42.60	48.40	32.00	47.83	43.50	41.50	48.40	47.70	32.00
1990	36.92	29.37	22.80	48.68	36.00	49.20	48.50	41.00	23.40	48.10	19.31

TABLA 1.21 REGISTRO HISTÓRICO DE GASTOS MÁXIMOS								
ESTACIÓN HIDROMÉTRICA	REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA HIDROLÓGICA		CORRIENTE (RÍO)	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		LATITUD	LONGITUD
		SAN LUIS AMECA II	VALLE DE MEX.		RÍO AMECA	RÍO AMECA		
EL TEJOCOTE	VALLE DE MEX.	RÍO SANTA MÓNICA		RÍO SANTA MÓNICA	19° 26' 35"	98° 54' 05"		
AÑO	ESTACIÓN SAN LUIS AMECA II				ESTACIÓN EL TEJOCOTE			
	MES	DÍA	HORA	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	MES	DÍA	HORA	GASTO (m <sup>3</sup> /s)
1960					AGO	28	19	35.10
1961					AGO	05	17	40.90
1962	AGO	04	19	10.60	AGO	15	20	44.30
1963	AGO	04	21	25.20	SEP	12	17	30.50
1964	JUL	07	20	71.00	JUN	22	15	39.50
1965	SEP	27	19	86.60	AGO	14	17	24.00
1966	JUN	22	15	26.20	AGO	07	16	39.50
1967	SEP	13	15	24.26	AGO	01	18	28.30
1968	AGO	23	22	12.51	OCT	06	12	49.50
1969	AGO	31	21	38.70	MAY	31	21	11.62
1970	JUL	31	20	25.47	JUL	31	19	38.00
1971	JUL	22	16	11.39	JUL	15	19	24.81
1972	JUL	10	19	25.08	SEP	24	21	33.15
1973	AGO	31	12	5.90	AGO	28	12	47.78
1974	SEP	21	22	9.40	AGO	05	18	24.59
1975	MAY	31	12	37.69	MAY	30	19	13.26
1976	JUL	30	12	18.06	SEP	21	20	10.35
1977	JUL	16	18	34.15	SEP	04	19	10.05
1978	JUN	04	17	12.76	JUN	05	20	10.57
1979	JUN	30	19	9.79	JUN	07	19	10.50
1980	AGO	27	20	11.55	MAY	17	17	6.67
1981	JUL	24	12	26.80	AGO	22	17	2.79
1982	JUL	04	21	16.54	MAY	25	18	1.86
1983	JUL	05	12	16.52	JUL	28	12	14.75
1984	AGO	06	17	14.84	OCT	02	20	8.87
1985					JUN	17	19	7.17
1986	JUN	21	17	26.70	JUN	23	16	2.59
1987	JUN	11	19	11.38	VARIOS			2.79
1988	JUN	29	03	44.23	JUL	11	17	2.22
1989	JUN	28	17	16.65	JUL	26	24	1.28
1990	JUN	14	19	9.86	JUL	12	18	3.09
1991					JUL	18		1.46
1992					SEP	26		4.62
1993					JUL	10		8.60
1994					AGO	17		2.18
1995	JUN	22		5.77	JUN	22		11.24
1996								
1997	AGO	18		9.04	MAY	19		4.45
1998								
1999								
30 AÑOS CON DATOS					37 AÑOS CON DATOS			

**TABLA 1.22 REGISTRO HISTÓRICO DE GASTOS MAXIMOS**

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA	REGIÓN HIDROLÓGICA	CORRIENTE (RÍO)	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	
			LATITUD	LONGITUD
SAN ANDRÉS	VALLE DE MÉXICO	COXCACOACO	19° 31' 50"	98° 54' 37"
LA GRANDE	VALLE DE MÉXICO	PAPALOTLA	19° 34' 45"	98° 55' 00"
ATENCO	VALLE DE MÉXICO	XALAPANGO	19° 32' 38"	98° 54' 44"

AÑO	ESTACION SAN ANDRES	ESTACION LA GRANDE	ESTACION ATENCO
	GASTO ( m <sup>3</sup> /s )	GASTO ( m <sup>3</sup> /s )	GASTO ( m <sup>3</sup> /s )
1963	38.40	43.70	9.60
1964	32.30	71.00	8.40
1965	54.90	75.60	10.70
1966	28.40	88.50	8.40
1967	31.70	54.60	7.30
1968	32.70	60.00	7.90
1969	38.00	55.90	7.70
1970	22.70	43.50	5.20
1971	22.00	54.70	12.00
1972	36.80	49.00	12.50
1973	31.00	49.40	27.50
1974	29.30	39.00	7.90
1975	15.40	72.10	9.60
1976	26.30	43.30	6.10
1977	19.80	25.40	5.00
1978	24.80	39.80	8.10
1979	24.40	33.90	5.70
1980	15.20	31.70	4.30
1981	34.80	43.00	14.00
1982	3.90	37.30	9.20
1983	12.80	24.60	1.50
1984	22.30	44.30	5.00
1985	26.00	17.40	9.50
1986	21.50	48.00	7.30
1987	13.90	35.30	12.00
1988	5.40	59.80	4.90
1989	9.50	10.10	3.90
1990	1.70	17.60	1.20
1991	13.80	3.10	3.20
1992	2.10	7.10	4.60
1993	2.81	2.47	3.92
1994	2.90	2.60	13.20
1995	3.44	4.06	5.40
1996	21.90	39.03	7.96
1997	1.34	5.57	0.96
1998			
1999			
	35 AÑOS CON DATOS	35 AÑOS CON DATOS	35 AÑOS CON DATOS

**TABLA 1.23 REGISTRO HISTÓRICO DE GASTOS MÁXIMOS (COMPLEMENTADOS)**

AÑO	SAN MARCOS	SAN LUCAS	LOS REYES	SAN LUIS AMECA II	EL TEJOCOTE	SAN ANDRES	LA GRANDE	ATENCO
	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)
1943								7.42
1944				7.61			9.52	13.20
1945								
1946	13.53			11.77	10.61	14.3	19.4	9.00
1947	15.50			20.70	14.18	21.2	48.7	6.34
1948	19.15			21.97	22.30	39.23	53.7	19.30
1949	19.26			27.78	22.58	39.9	78.7	15.10
1950	19.67			21.87	23.62	42.4	53.3	15.70
1951	19.29			23.74	22.67	40.1	60.9	10.10
1952	18.73			22.45	21.28	36.8	55.6	28.70
1953	17.97			22.47	19.46	32.6	55.7	8.40
1954	19.19			36.52	22.42	39.5	123	16.10
1955	19.43			61.40	28.50	40.9	124	18.20
1956	19.19			39.50	38.10	39.5	107	19.90
1957	19.24			15.00	52.10	39.8	20.1	9.30
1958	21.46			45.20	42.20	54.6	73.1	14.50
1959	20.35			14.00	36.00	46.8	52	13.80
1960	20.69			14.50	35.10	49.1	40.6	10.20
1961	18.36			5.04	40.90	34.7	53.8	10.70
1962	15.84			10.60	44.30	22.6	41.3	8.54
1963	30.60	2.43		25.20	30.50	38.40	70.40	9.60
1964	21.90	1.91		71.00	39.50	32.30	71.00	8.40
1965	30.10	2.72		86.60	24.00	54.90	75.60	10.70
1966	43.90	2.50		26.20	39.50	28.40	88.50	8.40
1967	21.17	1.88		24.26	28.30	31.70	54.60	7.30
1968	14.93	2.36		12.51	49.50	32.70	60.00	7.90
1969	22.28	3.02		38.70	11.62	38.00	55.90	7.70
1970	18.48	3.42		25.47	38.00	22.70	43.50	5.20
1971	15.61	3.94		11.39	24.81	22.00	54.70	12.00
1972	17.51	4.05		25.08	33.15	36.80	49.00	12.50
1973	35.20	1.34		5.90	47.78	31.00	49.40	27.50
1974	7.17	5.28		9.40	24.59	29.30	39.00	7.90
1975	17.34	4.50		37.69	13.26	15.40	72.10	9.60
1976	25.56	11.86	3.56	18.06	10.35	26.30	43.30	6.10
1977	18.42	12.50	3.16	34.15	10.05	19.80	25.40	5.00
1978	5.01	14.44	3.15	12.76	10.57	24.80	39.80	8.10
1979	11.13	5.45	3.10	9.79	10.50	24.40	33.90	5.70
1980	31.80	7.00	3.14	11.55	6.67	15.20	31.70	4.30
1981	30.95	2.84	2.97	26.80	2.79	34.80	43.00	14.00
1982	6.74	3.48	1.83	16.54	1.86	3.90	37.30	9.20
1983	27.84	3.96	3.36	16.52	14.75	12.80	24.60	1.50
1984	7.29	3.53	2.75	14.84	8.87	22.30	44.30	5.00
1985	22.93	3.58	3.01	11.01	7.17	26.00	17.40	9.50
1986	13.71	1.61	2.88	26.70	2.59	21.50	48.00	7.30
1987	12.02	3.52	2.24	11.38	2.79	13.90	35.30	12.00
1988	14.01	2.88	2.57	44.23	2.22	5.40	59.80	4.90
1989	2.50	1.24	2.60	16.65	1.28	9.50	10.10	3.90
1990	8.56	1.04	3.01	9.86	3.09	1.70	17.60	1.20
1991	10.27	3.60	2.40	3.82	1.46	13.80	3.10	3.20
1992	9.11	3.99	4.41	2.15	4.62	2.10	7.10	4.60
1993	11.72	2.99	5.76	3.49	8.60	2.81	2.47	3.92
1994	56.10	4.71	5.11	6.18	2.18	2.90	2.60	13.20
1995	12.60	5.93	6.12	5.77	11.24	3.44	4.06	5.40
1996	5.28	3.53	4.80	18.07	14.52	21.90	39.03	5.96
1997	3.37	1.45	6.15	9.04	4.45	1.34	5.57	0.96
1998	2.07	4.35	8.09	11.09	4.81	5.38	17.60	
1999	5.20	3.30	9.88	9.80	0.00	9.61		9.43
2000	7.81			9.06				
2001					3.50	3.17	23.42	5.82
2002					3.44	3.09	1.57	2.37

25.00 VALORES EXTRAPOLADOS

25 VALORES ADICIONALES DE REGISTROS EXISTENTES

**TABLA 1.24 REGISTRO HISTÓRICO DE GASTOS MÁXIMOS COMPLETOS**

AÑO	ESTACIÓN SAN MARCOS				ESTACIÓN SAN LUCAS			
	MES	DIA	HORA	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	MES	DIA	HORA	GASTO (m <sup>3</sup> /s)
1963	AGO	07	12	30.60	JUL	02	19	2.43
1964	JUL	31	21	21.90	JUL	31	22	1.91
1965	AGO	17	18	30.10	AGO	12	16	2.72
1966	SEP	18	16	43.90	AGO	20	21	2.50
1967	JUL	23	19	21.17	SEP	27	21	1.88
1968	JUL	26	17	14.93	JUL	26	20	2.36
1969	AGO	27	18	22.28	SEP	02	17	3.02
1970	JUL	05	17	18.48	SEP	28	17	3.42
1971	AGO	02	15	15.61	JUN	21	01	3.94
1972	JUN	15	16	17.51	MAY	29	17	4.05
1973	SEP	01	16	35.20	AGO	27	15	1.34
1974	OCT	30	19	7.17	JUL	09	18	5.28
1975	JUL	08	16	17.34	AGO	06	12	4.50
1976	OCT	15	22	25.56	AGO	21	18	11.86
1977	JUL	26	18	18.42	JUL	26	19	12.50
1978	JUN	06	17	5.01	JUL	26	22	14.44
1979	AGO	12	21	11.13	JUN	09	01	5.45
1980	JUN	30	19	31.80	JUN	30	17	7.00
1981	JUL	07	15	30.95	AGO	07	12	2.84
1982	JUN	07	19	6.74	AGO	10	12	3.48
1983	AGO	05	16	27.84	AGO	05	12	<b>3.96</b>
1984	AGO	15	20	7.29				<b>9.04</b>
1985	JUL	04	18	22.93				8.64
1986	JUL	11	18	13.71	MAY	28	20	1.41
1987	AGO	21	19	12.02	JUN	10	15	3.52
1988	JUN	19	10	14.01	SEP	04	23	2.88
1989	SEP	22	03	2.50	JUN	25	22	1.24
1990	OCT	24	15	8.56	SEP	20	23	1.04
1991	JUN	11		10.27	JUL	05		3.60
1992	SEP	10		9.11	JUL	23		3.99
1993				14.76				<b>5.38</b>
1994	JUN	07		56.10				<b>4.40</b>
1995	AGO	22		12.60	AGO	12		5.93
1996	SEP	14		5.28				<b>5.81</b>
1997	SEP	12		3.37	SEP	07		1.45
	<b>35 AÑOS CON DATOS</b>				<b>35 AÑOS CON DATOS</b>			

TABLA 2.1 MÉTODO DE LAS INTERSECCIONES

INTERSECCIÓN	COORDENADAS		ELEVACIONES	INTERSECCIÓN	COORDENADAS		ELEVACIONES
	X	Y	(msnm)		X	Y	(msnm)
1	98° 59' 26"	19° 24' 34"	2235	55	98° 56' 34"	19° 19' 08"	2240
2	98° 58' 51"	19° 24' 34"	2238	56	98° 56' 00"	19° 19' 08"	2239
3	98° 59' 26"	19° 24' 02"	2236	57	98° 55' 25"	19° 19' 08"	2320
4	98° 58' 51"	19° 24' 02"	2238	58	98° 54' 51"	19° 19' 08"	2300
5	98° 58' 17"	19° 24' 02"	2280	59	98° 54' 17"	19° 19' 08"	2900
6	98° 57' 43"	19° 24' 02"	2400	60	98° 53' 43"	19° 19' 08"	2250
7	98° 58' 51"	19° 23' 30"	2237	61	98° 57' 43"	19° 18' 23"	2240
8	98° 58' 17"	19° 23' 30"	2240	62	98° 57' 09"	19° 18' 23"	2240
9	98° 57' 43"	19° 23' 30"	2255	63	98° 56' 34"	19° 18' 23"	2241
10	98° 57' 09"	19° 23' 30"	2360	64	98° 56' 51"	19° 18' 23"	2239
11	98° 58' 51"	19° 22' 55"	2236	65	98° 55' 25"	19° 18' 23"	2240
12	98° 58' 17"	19° 22' 55"	2237	66	98° 54' 51"	19° 18' 23"	2250
13	98° 57' 43"	19° 22' 55"	2239	67	98° 54' 17"	19° 18' 23"	2250
14	98° 57' 09"	19° 22' 55"	2242	68	98° 53' 43"	19° 18' 23"	2250
15	98° 58' 51"	19° 22' 24"	2236	69	98° 57' 09"	19° 18' 03"	2236
16	98° 58' 17"	19° 22' 24"	2236	70	98° 56' 34"	19° 18' 03"	2236
17	98° 57' 43"	19° 22' 24"	2238	71	98° 56' 51"	19° 18' 03"	2236
18	98° 57' 09"	19° 22' 24"	2240	72	98° 55' 25"	19° 18' 03"	2239
19	98° 56' 34"	19° 22' 24"	2252	73	98° 54' 51"	19° 18' 03"	2300
20	98° 58' 17"	19° 21' 50"	2239	74	98° 54' 17"	19° 18' 03"	2241
21	98° 57' 43"	19° 21' 50"	2239	75	98° 53' 43"	19° 18' 03"	2239
22	98° 57' 09"	19° 21' 50"	2241	76	98° 53' 08"	19° 18' 03"	2241
23	98° 56' 34"	19° 21' 50"	2280	77	98° 57' 09"	19° 17' 31"	2239
24	98° 56' 00"	19° 21' 50"	2400	78	98° 56' 34"	19° 17' 31"	2237
25	98° 58' 17"	19° 21' 18"	2240	79	98° 56' 51"	19° 17' 31"	2237
26	98° 57' 43"	19° 21' 18"	2248	80	98° 55' 25"	19° 17' 31"	2239
27	98° 57' 09"	19° 21' 18"	2260	81	98° 54' 51"	19° 17' 31"	2380
28	98° 56' 34"	19° 21' 18"	2320	82	98° 54' 17"	19° 17' 31"	2239
29	98° 56' 00"	19° 21' 18"	2480	83	98° 53' 43"	19° 17' 31"	2239
30	98° 57' 43"	19° 20' 45"	2275	84	98° 53' 08"	19° 17' 31"	2240
31	98° 57' 09"	19° 20' 45"	2258	85	98° 57' 09"	19° 16' 58"	2237
32	98° 56' 34"	19° 20' 45"	2320	86	98° 56' 34"	19° 16' 58"	2237
33	98° 56' 00"	19° 20' 45"	2500	87	98° 56' 51"	19° 16' 58"	2238
34	98° 55' 25"	19° 20' 45"	2660	88	98° 55' 25"	19° 16' 58"	2238
35	98° 56' 00"	19° 20' 45"	2680	89	98° 54' 51"	19° 16' 58"	2239
36	98° 55' 25"	19° 20' 45"	2470	90	98° 54' 17"	19° 16' 58"	2239
37	98° 57' 43"	19° 20' 13"	2400	91	98° 53' 43"	19° 16' 58"	2399
38	98° 57' 09"	19° 20' 13"	2255	92	98° 53' 08"	19° 16' 58"	2240
39	98° 56' 34"	19° 20' 13"	2340	93	98° 57' 09"	19° 16' 25"	2239
40	98° 56' 00"	19° 20' 13"	2440	94	98° 56' 34"	19° 16' 25"	2239
41	98° 55' 25"	19° 20' 13"	2500	95	98° 56' 51"	19° 16' 25"	2239
42	98° 54' 51"	19° 20' 13"	2500	96	98° 55' 25"	19° 16' 25"	2239
43	98° 54' 17"	19° 20' 13"	2400	97	98° 54' 51"	19° 16' 25"	2239
44	98° 53' 43"	19° 20' 13"	2480	98	98° 54' 17"	19° 16' 25"	2239
45	98° 57' 43"	19° 19' 41"	2250	99	98° 53' 43"	19° 16' 25"	2240
46	98° 57' 09"	19° 19' 41"	2238	100	98° 53' 08"	19° 16' 25"	2240
47	98° 56' 34"	19° 19' 41"	2260	101	98° 56' 34"	19° 15' 54"	2300
48	98° 56' 00"	19° 19' 41"	2320	102	98° 56' 51"	19° 15' 54"	2290
49	98° 55' 25"	19° 19' 41"	2400	103	98° 54' 17"	19° 15' 54"	2239
50	98° 54' 51"	19° 19' 41"	2380	104	98° 53' 43"	19° 15' 54"	2240
51	98° 54' 17"	19° 19' 41"	2340	105	98° 53' 08"	19° 15' 54"	2241
52	98° 53' 43"	19° 19' 41"	2320	106	98° 53' 08"	19° 15' 20"	2242
53	98° 57' 43"	19° 19' 08"	2240	SUMA TOTAL =			243037
54	98° 57' 09"	19° 19' 08"	2239	ELEVACION (msnm)			2292.801887

TABLA 2.2 PENDIENTE DE LA CUENCA DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA ( MÉTODO DE ALVORD )		
ELEVACIÓN ( msnm )	DISTANCIA ( Km )	DISTANCIA ACUMULADA ( Km )
2700	1.05	1.05
2600	3.05	4.10
2500	10.25	14.35
2400	19.00	33.35
2300	27.40	60.75
<b>SUMA =</b>	<b>60.75</b>	
<b>PENDIENTE ( Sc ) =</b>	<b>0.06005</b>	

TABLA 2.3 PENDIENTE DE LA CUENCA DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA ( MÉTODO DE HORTON )				
NÚMERO DE LA LINEA	INTERSECCIÓN		LONGITUD (km)	
	N <sub>x</sub>	N <sub>y</sub>	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	1.00	1.75	1.70
2	2.00	2.00	5.50	2.90
3	0.00	3.00	7.90	3.40
4	0.00	1.00	15.65	3.65
5	2.00	0.00	18.90	3.45
6	8.00	0.00	19.70	3.70
7	9.00	1.00	17.40	4.15
8	5.00	4.00	8.05	4.50
9	4.00	5.00	3.30	4.40
10	0.00	5.00	0.00	4.60
11	0.00	9.00	0.00	7.55
12	0.00	7.00	0.00	7.65
13	0.00	5.00	0.00	7.85
14	0.00	0.00	0.00	7.65
15	0.00	4.00	0.00	7.50
16	0.00	0.00	0.00	8.00
17	0.00	0.00	0.00	8.10
18	0.00	0.00	0.00	3.90
19	0.00	0.00	0.00	2.20
20	0.00	0.00	0.00	1.40
21	0.00	0.00	0.00	0.50
<b>SUMA=</b>	<b>30.00</b>	<b>47.00</b>	<b>98.15</b>	<b>98.75</b>
<b>SUMA TOTAL=</b>	<b>77.00</b>		<b>196.90</b>	



**TABLA 2.4 ÁREAS PARCIALES DE COBERTURA DE SUELO  
PARA EL CANAL DE LA COMPAÑÍA**

EDAFOLOGÍA DEL SUELO		ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	POR. ACUM. (%)
NOMBRE	CLAVE			
AGRICULTURA DE TEMPORAL (anual)	TA	73.97	73.11	73.11
PASTIZAL HALOFILO	Ph	6.05	5.98	79.09
BOSQUE TASCATE	Bj-PI	1.08	1.07	80.16
BOSQUE CULTIVADO	BC	0.78	0.77	80.93
PASTIZAL INDUCIDO	PI	19.29	19.07	100.00
<b>TOTAL</b>		<b>101.17</b>	<b>100.00</b>	

**TABLA 2.5 EDAFOLOGÍA DEL SUELO PARA EL CANAL DE LA COMPAÑÍA**

EDAFOLOGÍA DEL SUELO		ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	POR. ACUM. (%)
NOMBRE	CLAVE			
Suelo primario de Solonchak gleyico, con textura fina	Zg-n/3	7.01	6.92	6.92
Suelo primario de solonchak gleyico, suelo secundario de solonchak órtico, con textura fina	Zg+Zo-n/3	1.94	1.91	8.84
Suelo primario de solonchak mólico, con textura fina	Zm-n/3	18.50	18.28	27.12
Suelo primario de solonchak gleyico, suelo secundario de solonchak mólico, con textura fina	Zg+Zm-n/3	6.01	5.94	33.06
Suelo primario de solonchak mólico, suelo secundario de feozem háplico, con textura media	Zm+Hh/2	11.47	11.33	44.40
Suelo primario de solonchak mólico, con textura media	Zm-n/2	1.40	1.38	45.78
Suelo primario de feozem calcárico, con textura media y fase sódica	Hc-n/2	0.24	0.24	46.02
Suelo primario de feozem calcárico, con textura media	Hc/2	0.49	0.49	46.51
Suelo primario de feozem háplico, con textura media	Hh+I/2	3.57	3.53	50.03
Suelo primario de feozem calcárico, con textura media	Hc+I/2	1.50	1.49	51.52
Suelo primario de feozem háplico, con textura media	Hh/2	2.32	2.29	53.81
Suelo primario de feozem háplico, suelo secundario regosol eútrico, con textura gruesa	Hh+Re/1	6.04	5.97	59.78
Suelo primario de feozem háplico, suelo secundario solonchak mólico, con textura media	Hh+Zm/2	5.21	5.15	64.92
Suelo primario de feozem háplico, suelo secundario regosol eútrico, con textura media	Hh+Re/2	1.10	1.09	66.01
Suelo primario de regosol eútrico, con textura gruesa	Re/1	1.17	1.16	67.17
Suelo primario de regosol eútrico, suelo secundario de feozem háplico, con textura media	Re+Hh/2	0.64	0.63	67.80
Suelo primario de regosol gélico, suelo secundario de feozem calcárico, con textura gruesa	Rg+Hc/1	0.56	0.55	68.35
Suelo primario de regosol eútrico, suelo secundario de cambisol eútrico, con textura media	Re+Be/2	4.93	4.87	73.22
Suelo primario de regosol eútrico, con textura media	Re+I/2	4.38	4.33	77.55
Suelo primario de regosol eútrico, suelo secundario de feozem háplico, con textura gruesa	Re+Hh/1	7.82	7.73	85.29
Suelo primario de regosol eútrico, suelo secundario de feozem calcárico, con textura gruesa	Re+Hc/1	11.01	10.88	96.16
Suelo primario de cambisol vértico, suelo secundario de regosol eútrico, con textura media	Bv+Re/2	0.85	0.84	97.00
Suelo primario de litosol, suelo secundario de feozem háplico, con textura media	I+Hh/2	0.23	0.23	97.23
Suelo primario de fluvisol eútrico, con textura gruesa	Je/1	2.80	2.77	100.00
<b>TOTAL</b>		<b>101.17</b>	<b>100.00</b>	

**TABLA 2.6 SELECCIÓN DEL NÚMERO DE ESCURRIMIENTO "N",  
PARA CONDICIONES DE HUMEDAD PREVIA MEDIA  
EN EL CANAL DE LA COMPAÑÍA**

USO DE LA TIERRA	CONDICIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUPERFICIE	TIPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Bosques cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso, alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques Naturales	Muy ralo, muy baja transpiración	55	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso, alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso, muy alta transpiración	15	44	54	61
Descanso, sin cultivo	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surco en curva de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surco en curva de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas sembradas con maquinaria o al voleo	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surco en curva de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curva de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curva de nivel, normal	25	59	75	83
	Curva de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero permanente	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

TABLA 2.7 PERFIL DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA HASTA EL BORDO DE XOCHIACA

ELEVACIÓN (msnm)	DATOS DEL TRAMO		
	LONGITUD PROPIA (m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	LONGITUD ACUMULADA (Km)
2,236.19	0.00	0.00	0.00
2,236.40	100.00	100.00	0.10
2,236.40	100.00	200.00	0.20
2,236.00	100.00	300.00	0.30
2,235.78	100.00	400.00	0.40
2,235.40	100.00	500.00	0.50
2,235.55	100.00	600.00	0.60
2,235.38	100.00	700.00	0.70
2,235.40	100.00	800.00	0.80
2,235.29	100.00	900.00	0.90
2,235.27	100.00	1,000.00	1.00
2,235.17	100.00	1,100.00	1.10
2,235.00	100.00	1,200.00	1.20
2,235.05	100.00	1,300.00	1.30
2,234.96	100.00	1,400.00	1.40
2,234.86	100.00	1,500.00	1.50
2,234.80	100.00	1,600.00	1.60
2,234.76	100.00	1,700.00	1.70
2,234.71	100.00	1,800.00	1.80
2,234.56	100.00	1,900.00	1.90
2,234.67	100.00	2,000.00	2.00
2,234.45	100.00	2,100.00	2.10
2,234.44	100.00	2,200.00	2.20
2,234.37	100.00	2,300.00	2.30
2,235.25	100.00	2,400.00	2.40
2,235.35	100.00	2,500.00	2.50
2,235.25	100.00	2,600.00	2.60
2,235.14	100.00	2,700.00	2.70
2,235.21	100.00	2,800.00	2.80
2,235.00	100.00	2,900.00	2.90
2,234.83	100.00	3,000.00	3.00
2,235.12	100.00	3,100.00	3.10
2,234.86	100.00	3,200.00	3.20
2,234.87	100.00	3,300.00	3.30
2,234.90	100.00	3,400.00	3.40
2,235.05	100.00	3,500.00	3.50
2,234.60	100.00	3,600.00	3.60
2,234.15	100.00	3,700.00	3.70
2,233.56	100.00	3,800.00	3.80
2,234.46	100.00	3,900.00	3.90
2,234.50	100.00	4,000.00	4.00
2,234.62	100.00	4,100.00	4.10
2,234.30	100.00	4,200.00	4.20
2,235.15	50.00	4,250.00	4.25
2,235.42	100.00	4,350.00	4.35
2,235.31	100.00	4,450.00	4.45

ELEVACIÓN (msnm)	DATOS DEL TRAMO		
	LONGITUD PROPIA (m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	LONGITUD ACUMULADA (Km)
2235.27	100	4550	4.55
2235.12	100	4650	4.65
2234.33	100	4750	4.75
2235.47	100	4850	4.85
2235.48	100	4950	4.95
2235.47	100	5050	5.05
2235.42	100	5150	5.15
2235.36	100	5250	5.25
2235.37	100	5350	5.35
2234.61	100	5450	5.45
2235.16	100	5550	5.55
2234.92	100	5650	5.65
2234.91	50	5700	5.7
2235.13	50	5750	5.75
2235.04	100	5850	5.85
2234.77	100	5950	5.95
2234.80	100	6050	6.05
2233.06	100	6150	6.15
2234.74	100	6250	6.25
2234.39	100	6350	6.35
2234.57	100	6450	6.45
2234.21	100	6550	6.55
2234.15	100	6650	6.65
2234.43	100	6750	6.75
2234.39	100	6850	6.85
2234.07	100	6950	6.95
2234.14	100	7050	7.05
2234.26	100	7150	7.15
2234.22	100	7250	7.25
2233.30	100	7350	7.35
2234.77	100	7450	7.45
2234.05	100	7550	7.55
2234.10	100	7650	7.65
2234.02	100	7750	7.75
2234.14	100	7850	7.85
2233.22	100	7950	7.95
2234.22	100	8050	8.05
2234.25	100	8150	8.15
2233.85	100	8250	8.25
2234.39	100	8350	8.35
2234.24	100	8450	8.45
2234.32	100	8550	8.55
2234.22	100	8650	8.65
2234.32	100	8750	8.75
2233.70	250	9000	9
2233.30	250	9250	9.25

ELEVACIÓN (msnm)	DATOS DEL TRAMO		
	LONGITUD PROPIA (m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	LONGITUD ACUMULADA (Km)
2234.38	220	9470	9.47
2233.46	340	9810	9.81
2233.1	190	10000	10
2233.9	200	10200	10.2
2234.9	50	10250	10.25
2235	250	10500	10.5
2233.7	250	10750	10.75
2234.09	180	10930	10.93
2233.6	320	11250	11.25
2233.4	250	11500	11.5
2233.35	260	11760	11.76
2229.8	240	12000	12
2233.2	250	12250	12.25
2232.4	250	12500	12.5
2232.95	250	12750	12.75
2232.25	70	12820	12.82
2232.2	180	13000	13
2232.2	250	13250	13.25
2232.65	250	13500	13.5
2233.1	70	13570	13.57
2233.05	60	13630	13.63
2232.5	120	13750	13.75
2232.6	150	13900	13.9
2232.3	350	14250	14.25
2232.55	250	14500	14.5
2232.7	250	14750	14.75
2231.3	250	15000	15
2231.15	250	15250	15.25
2230.8	250	15500	15.5
2230.45	250	15750	15.75
2230.45	250	16000	16
2230.45	250	16250	16.25
2228.4	250	16500	16.5
2227.95	250	16750	16.75
2227.75	250	17000	17
2227	250	17250	17.25
2227.45	250	17500	17.5
2227.45	250	17750	17.75
2227.4	250	18000	18
2226.8	250	18250	18.25
2227.4	250	18500	18.5
2227.4	250	18750	18.75
2227.45	250	19000	19
2227.45	250	19250	19.25
2227	250	19500	19.5
2226.4	250	19750	19.75
2225.5	250	20000	20

TABLA 2.8 CALCULO DE LA PENDIENTE DEL RÍO SAN FRANCISCO MÉTODO DE TAYLOR Y SCHWARZ						
ELEVACIÓN (msnm)	DATOS DEL TRAMO			PARÁMETROS		LONGITUD REAL DEL CAUCE (m)
	LONGITUD PROPIA ( li ) (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE PROPIA (Si)	$\sqrt{S_i}$	$l_i / \sqrt{S_i}$	
2,242.00	0.00	0.00				
2,300.00	8,380.00	58.00	0.00692124	0.08319400	100728.4222	8380.20
2,400.00	2,310.00	100.00	0.04329004	0.20806259	11102.4281	2312.16
2,500.00	1,760.00	100.00	0.05681818	0.23836565	7383.6143	1762.84
2,600.00	1,910.00	100.00	0.05235602	0.22881438	8347.3774	1912.62
2,700.00	1,705.00	100.00	0.05865103	0.24217974	7040.2256	1707.93
2,800.00	1,280.00	100.00	0.07812500	0.27950850	4579.4672	1283.90
2,900.00	1,030.00	100.00	0.09708738	0.31158848	3305.6421	1034.84
3,000.00	700.00	100.00	0.14285714	0.37796447	1852.0259	707.11
3,100.00	400.00	100.00	0.25000000	0.50000000	800.0000	412.31
3,200.00	250.00	100.00	0.40000000	0.63245553	395.2847	269.26
3,300.00	425.00	100.00	0.23529412	0.48507125	876.1599	436.61
3,400.00	820.00	100.00	0.12195122	0.34921515	2348.1227	826.08
3,500.00	500.00	100.00	0.20000000	0.44721360	1118.0340	509.90
3,600.00	350.00	100.00	0.28571429	0.53452248	654.7900	364.01
3,700.00	550.00	100.00	0.18181818	0.42640143	1289.8643	559.02
3,800.00	280.00	100.00	0.35714286	0.59761430	468.5296	297.32
3,850.00	150.00	50.00	0.33333333	0.57735027	259.8076	158.11
LONG TOTAL (Lt)	<b>22,800.00</b>			$\sum \frac{l_i}{\sqrt{S_i}} =$	<b>152,549.80</b>	<b>22,934.21</b>
$\frac{L_t}{\sum \frac{l_i}{\sqrt{S_i}}}$	<b>0.149459</b>					
PENDIENTE (S) =	<b>0.02234</b>					

**TABLA 2.9 CALCULO DE LA PENDIENTE DEL RÍO SAN RAFAEL  
MÉTODO DE TAYLOR Y SCHWARZ**

ELEVACIÓN (msnm)	DATOS DEL TRAMO			PARÁMETROS		LONGITUD REAL DEL CAUCE (m)
	LONGITUD PROPIA ( l <sub>i</sub> ) (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE PROPIA (S <sub>i</sub> )	$\sqrt{S_i}$	$l_i / \sqrt{S_i}$	
2,242.00	0.00	0.00				
2,300.00	11,800.00	58.00	0.00491525	0.07010887	168309.6490	11800.14
2,400.00	4,200.00	100.00	0.02380952	0.15430335	27219.1109	4201.19
2,500.00	3,000.00	100.00	0.03333333	0.18257419	16431.6767	3001.67
2,600.00	1,700.00	100.00	0.05882353	0.24253563	7009.2796	1702.94
2,700.00	1,200.00	100.00	0.08333333	0.28867513	4156.9219	1204.16
2,800.00	1,300.00	100.00	0.07692308	0.27735010	4687.2167	1303.84
2,900.00	1,000.00	100.00	0.10000000	0.31622777	3162.2777	1004.99
3,000.00	700.00	100.00	0.14285714	0.37796447	1852.0259	707.11
3,100.00	400.00	100.00	0.25000000	0.50000000	800.0000	412.31
3,200.00	150.00	100.00	0.66666667	0.81649658	183.7117	180.28
3,300.00	600.00	100.00	0.16666667	0.40824829	1469.6938	608.28
3,400.00	800.00	100.00	0.12500000	0.35355339	2262.7417	806.23
3,500.00	650.00	100.00	0.15384615	0.39223227	1657.1813	657.65
3,600.00	700.00	100.00	0.14285714	0.37796447	1852.0259	707.11
3,700.00	350.00	100.00	0.28571429	0.53452248	654.7900	364.01
3,800.00	750.00	100.00	0.13333333	0.36514837	2053.9596	756.64
3,900.00	650.00	100.00	0.15384615	0.39223227	1657.1813	657.65
4,000.00	280.00	100.00	0.35714286	0.59761430	468.5296	297.32
4,100.00	240.00	100.00	0.41666667	0.64549722	371.8064	260.00
4,200.00	200.00	100.00	0.50000000	0.70710678	282.8427	223.61
4,300.00	500.00	100.00	0.20000000	0.44721360	1118.0340	509.90
4,400.00	350.00	100.00	0.28571429	0.53452248	654.7900	364.01
4,500.00	190.00	100.00	0.52631579	0.72547625	261.8969	214.71
4,600.00	180.00	100.00	0.55555556	0.74535599	241.4953	205.91
4,700.00	175.00	100.00	0.57142857	0.75592895	231.5032	201.56
4,800.00	190.00	100.00	0.52631579	0.72547625	261.8969	214.71
4,900.00	125.00	100.00	0.80000000	0.89442719	139.7542	160.08
4,930.00	25.00	30.00	1.20000000	1.09544512	22.8218	39.05
LONG TOTAL (L <sub>t</sub> )	<b>32,405.00</b>			$\sum l_i / \sqrt{S_i} =$	<b>249,474.82</b>	<b>32,767.02</b>
$\frac{L_t}{\sum l_i / \sqrt{S_i}}$	<b>0.129893</b>					
<b>PENDIENTE (S) =</b>	<b>0.01687</b>					

TABLA 2.10 PENDIENTE DEL RÍO "LA COMPAÑIA" HASTA EL BORDO DE XOCHIACA MÉTODO DE TAYLOR Y SCHWARZ						
ELEVACIÓN (msnm)	DATOS DEL TRAMO			PARÁMETROS		LONGITUD REAL DEL CAUCE (m)
	LONGITUD PROPIA (l <sub>i</sub> ) (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE PROPIA (S <sub>i</sub> )	$\sqrt{S_i}$	$l_i / \sqrt{S_i}$	
2,237.80	0.00	0.00				
2,236.85	250.00	0.95	0.003800	0.061644	4,055.54	250.00
2,236.35	250.00	0.50	0.002000	0.044721	5,590.17	250.00
2,236.00	250.00	0.35	0.001400	0.037417	6,681.53	250.00
2,235.73	250.00	0.27	0.001080	0.032863	7,607.26	250.00
2,235.65	250.00	0.08	0.000320	0.017889	13,975.42	250.00
2,235.55	250.00	0.10	0.000400	0.020000	12,500.00	250.00
2,235.43	250.00	0.12	0.000480	0.021909	11,410.89	250.00
2,235.37	250.00	0.06	0.000240	0.015492	16,137.43	250.00
2,235.29	250.00	0.08	0.000320	0.017889	13,975.42	250.00
2,235.25	250.00	0.04	0.000160	0.012649	19,764.24	250.00
2,235.16	250.00	0.09	0.000360	0.018974	13,176.16	250.00
2,235.04	250.00	0.12	0.000480	0.021909	11,410.89	250.00
2,235.00	250.00	0.04	0.000160	0.012649	19,764.24	250.00
2,234.80	250.00	0.20	0.000800	0.028284	8,838.83	250.00
2,234.67	219.96	0.13	0.000591	0.024311	9,047.82	219.96
2,234.53	307.82	0.14	0.000455	0.021326	14,433.82	307.82
2,234.42	222.22	0.11	0.000495	0.022249	9,988.00	222.22
2,234.36	250.00	0.06	0.000240	0.015492	16,137.43	250.00
2,234.33	250.00	0.03	0.000120	0.010954	22,821.77	250.00
2,234.29	250.00	0.04	0.000160	0.012649	19,764.24	250.00
2,234.27	250.00	0.02	0.000080	0.008944	27,950.85	250.00
2,234.25	250.00	0.02	0.000080	0.008944	27,950.85	250.00
2,234.19	250.00	0.06	0.000240	0.015492	16,137.43	250.00
2,234.14	250.00	0.05	0.000200	0.014142	17,677.67	250.00
2,234.12	250.00	0.02	0.000080	0.008944	27,950.85	250.00
2,234.09	250.00	0.03	0.000120	0.010954	22,821.77	250.00
2,233.99	250.00	0.10	0.000400	0.020000	12,500.00	250.00
2,233.95	250.00	0.04	0.000160	0.012649	19,764.24	250.00
2,233.89	250.00	0.06	0.000240	0.015492	16,137.43	250.00
2,233.86	250.00	0.03	0.000120	0.010954	22,821.77	250.00
2,233.84	250.00	0.02	0.000080	0.008944	27,950.85	250.00
2,233.80	250.00	0.04	0.000160	0.012649	19,764.24	250.00
2,233.76	250.00	0.04	0.000160	0.012649	19,764.24	250.00
2,233.74	250.00	0.02	0.000080	0.008944	27,950.85	250.00
2,233.71	250.00	0.03	0.000120	0.010954	22,821.77	250.00
2,233.68	250.00	0.03	0.000120	0.010954	22,821.77	250.00
2,233.66	250.00	0.02	0.000080	0.008944	27,950.85	250.00
2,233.65	250.00	0.01	0.000040	0.006325	39,528.47	250.00
2,233.61	250.00	0.04	0.000160	0.012649	19,764.24	250.00
2,233.60	250.00	0.01	0.000040	0.006325	39,528.47	250.00
2,233.58	200.15	0.02	0.000100	0.009996	20,022.50	200.15
2,233.56	49.85	0.02	0.000401	0.020030	2,488.76	49.85
2,233.55	250.00	0.01	0.000040	0.006325	39,528.47	250.00
2,233.54	250.00	0.01	0.000040	0.006325	39,528.47	250.00
2,233.53	250.00	0.01	0.000040	0.006325	39,528.47	250.00

TABLA 2.10 PENDIENTE DEL RÍO "LA COMPAÑIA" HASTA EL BORDO DE XOCHIACA MÉTODO DE TAYLOR Y SCHWARZ						
ELEVACIÓN (msnm)	DATOS DEL TRAMO			PARÁMETROS		LONGITUD REAL DEL CAUCE (m)
	LONGITUD PROPIA (l <sub>i</sub> ) (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE PROPIA (S <sub>i</sub> )	$\sqrt{S_i}$	$l_i / \sqrt{S_i}$	
2,233.52	250.00	0.01	0.000040	0.006325	39,528.47	250.00
2,233.51	250.00	0.01	0.000040	0.006325	39,528.47	250.00
2,233.48	255.93	0.03	0.000117	0.010827	23,638.57	255.93
2,233.47	244.07	0.01	0.000041	0.006401	38,130.42	244.07
2,233.33	250.00	0.14	0.000560	0.023664	10,564.43	250.00
2,233.23	250.00	0.10	0.000400	0.020000	12,500.00	250.00
2,233.10	250.00	0.13	0.000520	0.022804	10,963.23	250.00
2,233.07	69.39	0.03	0.000432	0.020793	3,337.22	69.39
2,232.96	180.61	0.11	0.000609	0.024679	7,318.40	180.61
2,232.91	250.00	0.05	0.000200	0.014142	17,677.67	250.00
2,232.84	250.00	0.07	0.000280	0.016733	14,940.36	250.00
2,232.82	71.56	0.02	0.000279	0.016718	4,280.46	71.56
2,232.76	58.53	0.06	0.001025	0.032017	1,828.07	58.53
2,232.73	119.91	0.03	0.000250	0.015817	7,580.93	119.91
2,232.63	250.00	0.10	0.000400	0.020000	12,500.00	250.00
2,232.48	250.00	0.15	0.000600	0.024495	10,206.21	250.00
2,232.46	250.00	0.02	0.000080	0.008944	27,950.85	250.00
2,232.30	250.00	0.16	0.000640	0.025298	9,882.12	250.00
2,231.55	250.00	0.75	0.003000	0.054772	4,564.35	250.00
2,231.38	250.00	0.17	0.000680	0.026077	9,587.06	250.00
2,231.03	250.00	0.35	0.001400	0.037417	6,681.53	250.00
2,230.81	250.00	0.22	0.000880	0.029665	8,427.50	250.00
2,230.75	250.00	0.06	0.000240	0.015492	16,137.43	250.00
2,230.73	250.00	0.02	0.000080	0.008944	27,950.85	250.00
2,230.69	7.78	0.04	0.005141	0.071703	108.50	7.78
2,228.56	242.22	2.13	0.008794	0.093775	2,583.00	242.23
2,228.18	250.00	0.38	0.001520	0.038987	6,412.36	250.00
2,227.98	250.00	0.20	0.000800	0.028284	8,838.83	250.00
2,227.95	250.00	0.03	0.000120	0.010954	22,821.77	250.00
2,227.72	250.00	0.23	0.000920	0.030332	8,242.26	250.00
2,227.66	250.00	0.06	0.000240	0.015492	16,137.43	250.00
2,227.61	250.00	0.05	0.000200	0.014142	17,677.67	250.00
2,227.58	250.00	0.03	0.000120	0.010954	22,821.77	250.00
2,227.53	250.00	0.05	0.000200	0.014142	17,677.67	250.00
2,227.46	250.00	0.07	0.000280	0.016733	14,940.36	250.00
2,227.38	250.00	0.08	0.000320	0.017889	13,975.42	250.00
2,227.29	250.00	0.09	0.000360	0.018974	13,176.16	250.00
2,227.23	250.00	0.06	0.000240	0.015492	16,137.43	250.00
2,226.98	250.00	0.25	0.001000	0.031623	7,905.69	250.00
2,226.62	250.00	0.36	0.001440	0.037947	6,588.08	250.00
2,226.50	250.00	0.12	0.000480	0.021909	11,410.89	250.00
2,226.44	250.00	0.06	0.000240	0.015492	16,137.43	250.00
2,226.41	250.00	0.03	0.000120	0.010954	22,821.77	250.00
LONG TOTAL (Lt)	<b>20,750.00</b>			$\sum \sqrt{S_i} =$	<b>1,489,855.47</b>	<b>20,750.02</b>
				$\sum l_i / \sqrt{S_i} =$	<b>0.013928</b>	
<b>PENDIENTE (S) =</b>	<b>0.000194</b>					

TABLA 3.1 ANÁLISIS DE HOMOGENEIDAD, t DE STUDENT

TIPO DE ESTACIÓN	COMPARACIÓN ENTRE BLOQUES CON EL 50% C/U										
	TAMAÑO DE MUESTRA TOTAL	TAMAÑO DE 1a. MUESTRA	MEDIA DE 1a. MUESTRA	DESV. STD. DE 1a. MUESTRA	TAMAÑO DE 2a. MUESTRA	MEDIA DE 2a. MUESTRA	DESV. STD. DE 2a. MUESTRA	VALOR CALCULADO td	GRADOS DE LIBERTAD	VALOR CRÍTICO tc	DE ACUERDO CON ESTE CRITERIO LA MUESTRA ES:
<b>CLIMATOLÓGICAS</b>											
AMECAMECA	37	18	40.939	12.200	19	37.137	12.438	0.912	35	2.032	HOMOGENEA
SAN LUIS AMECA II	37	18	54.946	10.633	19	51.688	10.824	0.898	35	2.032	HOMOGENEA
COATEPEC DE LOS OLIVOS	37	18	42.113	3.011	19	42.291	2.936	-0.176	35	2.032	HOMOGENEA
TLAHUAC	37	18	42.178	10.273	19	37.085	11.160	1.402	35	2.032	HOMOGENEA
NEZAHUALCOYOTL	37	18	38.883	8.206	19	38.389	8.001	0.180	35	2.032	HOMOGENEA
CHIMALHUACAN	37	18	37.974	9.679	19	36.696	9.503	0.394	35	2.032	HOMOGENEA
SAN RAFAEL	37	18	56.078	11.957	19	53.328	11.942	0.680	35	2.032	HOMOGENEA
COL. MANUEL AVILA CAMACHO	37	18	47.239	19.347	19	46.172	18.860	0.165	35	2.032	HOMOGENEA
CHALCO	37	18	38.839	8.718	19	36.952	8.682	0.641	35	2.032	HOMOGENEA
LOS REYES LA PAZ	37	18	34.244	10.300	19	34.847	10.042	-0.175	35	2.032	HOMOGENEA
REPETIDORA DE TV	37	18	48.222	19.974	19	46.665	19.500	0.233	35	2.032	HOMOGENEA
<b>HIDROMÉTRICAS</b>											
SAN MARCOS	38	19	22.056	9.645	19	12.586	13.517	2.420	36	2.029	NO HOMOGENEA
SAN LUCAS	37	18	5.033	3.823	19	3.238	4.111	1.336	35	2.032	HOMOGENEA
LOS REYES LA PAZ	24	12	2.929	0.455	12	5.075	2.194	-3.177	22	2.074	NO HOMOGENEA

TABLA 3.2 ANÁLISIS DE HOMOGENEIDAD, TEST DE CRAMER

TIPO DE ESTACIÓN	MUESTRA TOTAL	MEDIA	DESV. STD.	VALOR CALCULADO tk	VALOR CRÍTICO tc	GRADOS DE LIBERTAD	DE ACUERDO CON ESTE CRITERIO LA MUESTRA ES:	MEDIA	DESV. STD.	VALOR CALCULADO tk	VALOR CRÍTICO tc	GRADOS DE LIBERTAD	DE ACUERDO CON ESTE CRITERIO LA MUESTRA ES:		
<b>CLIMATOLÓGICAS</b>															
	TAMAÑO	MEDIA	DESV. STD.	PRIMER BLOQUE FORMADO POR LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS				SEGUNDO BLOQUE FORMADO POR LOS ÚLTIMOS 12 AÑOS							
AMECAMECA	37	38.986	9.726	37.988	11.805	0.886	2.032	35.000	HOMOGENEA	40.717	17.433	0.735	2.032	35.000	HOMOGENEA
SAN LUIS AMECA II	37	53.273	8.751	51.262	10.985	2.080	2.032	35.000	NO HOMOGENEA	51.564	15.749	0.808	2.032	35.000	HOMOGENEA
COATEPEC DE LOS OLIVOS	37	42.204	3.700	41.867	4.424	0.786	2.032	35.000	HOMOGENEA	44.681	8.201	3.097	2.032	35.000	NO HOMOGENEA
TLAHUAC	37	39.563	9.740	37.705	12.192	1.694	2.032	35.000	HOMOGENEA	36.885	17.939	1.148	2.032	35.000	HOMOGENEA
NEZAHUALCOYOTL	37	38.629	7.390	38.348	8.988	0.326	2.032	35.000	HOMOGENEA	39.042	13.002	0.229	2.032	35.000	HOMOGENEA
CHIMALHUACAN	37	37.318	7.607	35.909	9.343	1.641	2.032	35.000	HOMOGENEA	37.561	13.366	0.131	2.032	35.000	HOMOGENEA
SAN RAFAEL	37	54.666	10.378	54.718	12.618	0.043	2.032	35.000	HOMOGENEA	50.970	19.693	1.506	2.032	35.000	HOMOGENEA
COL. MANUEL AVILA CAMACHO	37	46.691	15.401	46.166	18.772	0.291	2.032	35.000	HOMOGENEA	44.497	27.404	0.587	2.032	35.000	HOMOGENEA
CHALCO	37	37.870	8.006	36.063	10.048	2.038	2.032	35.000	NO HOMOGENEA	36.232	14.442	0.847	2.032	35.000	HOMOGENEA
LOS REYES LA PAZ	37	34.554	8.491	35.156	10.380	0.608	2.032	35.000	HOMOGENEA	35.708	15.092	0.559	2.032	35.000	HOMOGENEA
REPETIDORA DE TV	37	47.423	14.280	46.526	17.463	0.539	2.032	35.000	HOMOGENEA	44.687	25.677	0.792	2.032	35.000	HOMOGENEA
<b>HIDROMÉTRICAS</b>															
	TAMAÑO	MEDIA	DESV. STD.	PRIMER BLOQUE FORMADO POR LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS				SEGUNDO BLOQUE FORMADO POR LOS ÚLTIMOS 13 AÑOS							
SAN MARCOS	38	17.321	8.255	14.480	11.360	3.258	2.029	36.000	NO HOMOGENEA	11.430	18.311	3.600	2.029	36.000	NO HOMOGENEA
	TAMAÑO	MEDIA	DESV. STD.	PRIMER BLOQUE FORMADO POR LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS				SEGUNDO BLOQUE FORMADO POR LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS							
SAN LUCAS	37	4.111	2.788	4.698	3.371	1.860	2.032	35.000	HOMOGENEA	3.250	5.196	1.297	2.032	35.000	HOMOGENEA
	TAMAÑO	MEDIA	DESV. STD.	PRIMER BLOQUE FORMADO POR LOS ÚLTIMOS 16 AÑOS				SEGUNDO BLOQUE FORMADO POR LOS ÚLTIMOS 14 AÑOS							
LOS REYES LA PAZ	24	4.002	0.997	4.486	1.683	4.433	2.074	22.000	NO HOMOGENEA	4.716	2.038	7.473	2.074	22.000	NO HOMOGENEA

**TABLA 3.3 ANÁLISIS DE HOMOGENEIDAD, TEST DE HELMERT**

TIPO DE ESTACIÓN	MEDIA DE LA MUESTRA	NÚMER DE SECUENCIAS S	NÚMERO DE CAMBIOS C	S-C	VALOR ABSOLUTO (S-C)	TOLERANCIA (N-1)^(1/2)	DE ACUERDO CON ESTE CRITERIO LA MUESTRA ES:
<b>CLIMATOLÓGICA</b>							
AMECAMECA	38.9865	21	15	6	6	6	HOMOGENEA
SAN LUIS AMECA II	53.2727	25	11	14	14	6	NO HOMOGENEA
COATEPEC DE LOS OLIVOS	42.2043	22	14	8	8	6	NO HOMOGENEA
TLAHUAC	39.5627	17	19	-2	2	6	HOMOGENEA
NEZAHUALCOYOTL	38.6295	22	14	8	8	6	NO HOMOGENEA
CHIMALHUACAN	37.3178	23	13	10	10	6	NO HOMOGENEA
SAN RAFAEL	54.6660	19	17	2	2	6	HOMOGENEA
COL. MANUEL AVILA CAMACHO	46.6908	16	20	-4	4	6	HOMOGENEA
CHALCO	37.8697	20	16	4	4	6	HOMOGENEA
LOS REYES LA PAZ	34.5538	21	15	6	6	6	HOMOGENEA
REPETIDORA DE TV	47.4227	16	20	-4	4	6	HOMOGENEA
<b>HIDROMÉTRICAS</b>							
SAN MARCOS	17.3207	22	15	7	7	6.082	NO HOMOGENEA
SAN LUCAS	4.1114	30	6	24	24	6	NO HOMOGENEA
LOS REYES LA PAZ	4.0021	22	1	21	21	4.79583	NO HOMOGENEA

**TABLA 3.4 ANÁLISIS DE INDEPENDENCIA, TEST DE ANDERSON  
REGISTRO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS**

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA	MEDIA DE LA MUESTRA	VARIANZA	DEV. STD.	COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	COEFICIENTE DE KURTOSIS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	DE ACUERDO CON ESTE CRITERIO LA MUESTRA ES
<b>CLIMATOLÓGICA</b>							
AMECAMECA	38.9865	188.2601	13.7208	1.0038	5.1283	0.3519	INDEPENDIENTE
SAN LUIS AMECA II	53.2727	101.4502	10.0723	-0.1233	3.3908	0.1891	INDEPENDIENTE
COATEPEC DE LOS OLIVOS	42.2043	25.9513	5.0942	-0.4967	5.4588	0.1207	INDEPENDIENTE
TLAHUAC	39.5627	107.8094	10.3831	0.5675	3.6753	0.2625	INDEPENDIENTE
NEZAHUALCOYOTL	38.6295	91.7887	9.5806	0.4899	4.0155	0.2480	INDEPENDIENTE
CHIMALHUACAN	37.3178	79.6144	8.9227	0.9849	5.9234	0.2391	INDEPENDIENTE
SAN RAFAEL	54.6660	128.1831	11.3218	0.3924	3.5914	0.2071	INDEPENDIENTE
COL. MANUEL AVILA CAMACHO	46.6908	264.8490	16.2742	1.0849	4.0979	0.3486	INDEPENDIENTE
CHALCO	37.8697	76.4065	8.7411	0.2048	2.5901	0.2308	INDEPENDIENTE
LOS REYES LA PAZ	34.5538	86.5656	9.3041	0.3831	2.7000	0.2693	INDEPENDIENTE
REPETIDORA DE TV	47.4227	234.1853	15.3031	1.8463	9.8234	0.3227	INDEPENDIENTE
<b>HIDROMÉTRICAS</b>							
SAN MARCOS	17.3207	145.4330	12.0596	1.1976	5.0701	0.6963	INDEPENDIENTE
SAN LUCAS	4.1114	8.8935	2.9822	2.2542	8.7123	0.7254	INDEPENDIENTE
LOS REYES LA PAZ	4.0021	3.8844	1.9709	1.6313	6.1882	0.4925	INDEPENDIENTE



**TABLA 3.5 CORRELOGRAMAS DE LOS REGISTROS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS**

LÍMITES DEL 95% DE CONFIANZA			
TLAHUAC			
K	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	-0.3188	0.2943
2	-0.3551	0.1402	0.2980
3	-0.3606	-0.0639	0.3018
4	-0.3663	0.1113	0.3057
5	-0.3723	0.2035	0.3098
6	-0.3786	-0.1687	0.3140
7	-0.3852	0.2068	0.3185
8	-0.3921	-0.3030	0.3232
9	-0.3994	0.2382	0.3280
10	-0.4072	-0.0238	0.3331
11	-0.4154	0.1496	0.3385
12	-0.4241	-0.0269	0.3441
13	-0.4333	-0.1037	0.3500
14	-0.4432	0.0833	0.3562
15	-0.4537	-0.0444	0.3628
NEZAHUALCOYOTL			
k	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	0.1557	0.2943
2	-0.3551	-0.0875	0.2980
3	-0.3606	-0.2035	0.3018
4	-0.3663	-0.2062	0.3057
5	-0.3723	-0.0746	0.3098
6	-0.3786	0.1901	0.3140
7	-0.3852	-0.2386	0.3185
8	-0.3921	-0.0800	0.3232
9	-0.3994	0.0651	0.3280
10	-0.4072	0.2330	0.3331
11	-0.4154	0.0194	0.3385
12	-0.4241	-0.0776	0.3441
13	-0.4333	-0.3573	0.3500
14	-0.4432	0.0060	0.3562
15	-0.4537	0.1167	0.3628
CHIMALHUACAN			
k	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	0.0136	0.2943
2	-0.3551	0.0655	0.2980
3	-0.3606	0.0634	0.3018
4	-0.3663	-0.1037	0.3057
5	-0.3723	-0.2085	0.3098
6	-0.3786	-0.1648	0.3140
7	-0.3852	-0.0020	0.3185
8	-0.3921	-0.1837	0.3232
9	-0.3994	0.0942	0.3280
10	-0.4072	0.0142	0.3331
11	-0.4154	0.0220	0.3385
12	-0.4241	-0.0729	0.3441
13	-0.4333	-0.1897	0.3500
14	-0.4432	-0.0880	0.3562
15	-0.4537	-0.0101	0.3628

LÍMITES DEL 95% DE CONFIANZA			
LOS REYES LA PAZ			
k	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	0.0748	0.2943
2	-0.3551	0.0657	0.2980
3	-0.3606	0.1007	0.3018
4	-0.3663	-0.1841	0.3057
5	-0.3723	-0.2254	0.3098
6	-0.3786	-0.1836	0.3140
7	-0.3852	-0.0937	0.3185
8	-0.3921	0.1310	0.3232
9	-0.3994	-0.1728	0.3280
10	-0.4072	0.0220	0.3331
11	-0.4154	0.0651	0.3385
12	-0.4241	-0.0433	0.3441
13	-0.4333	-0.1638	0.3500
14	-0.4432	-0.0009	0.3562
15	-0.4537	0.1167	0.3628
REPETIDORA DE TV			
k	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	0.2627	0.2943
2	-0.3551	0.0037	0.2980
3	-0.3606	-0.0903	0.3018
4	-0.3663	-0.0744	0.3057
5	-0.3723	-0.2345	0.3098
6	-0.3786	-0.0553	0.3140
7	-0.3852	-0.0227	0.3185
8	-0.3921	0.0043	0.3232
9	-0.3994	-0.0320	0.3280
10	-0.4072	-0.2470	0.3331
11	-0.4154	-0.0567	0.3385
12	-0.4241	0.0013	0.3441
13	-0.4333	0.0124	0.3500
14	-0.4432	-0.0517	0.3562
15	-0.4537	0.1657	0.3628

**TABLA 3.5 CORRELOGRAMAS DE LOS REGISTROS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS**

<b>LÍMITES DEL 95% DE CONFIANZA</b>			
<b>AMECAMECA</b>			
k	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	0.1545	0.2943
2	-0.3551	0.0964	0.2980
3	-0.3606	-0.2061	0.3018
4	-0.3663	-0.0169	0.3057
5	-0.3723	0.0260	0.3098
6	-0.3786	0.0021	0.3140
7	-0.3852	-0.3034	0.3185
8	-0.3921	-0.3507	0.3232
9	-0.3994	-0.2349	0.3280
10	-0.4072	0.0561	0.3331
11	-0.4154	0.0215	0.3385
12	-0.4241	-0.0211	0.3441
13	-0.4333	0.0016	0.3500
14	-0.4432	0.0795	0.3562
15	-0.4537	0.2498	0.3628
<b>SAN LUIS AMECA II</b>			
K	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	0.2452	0.2943
2	-0.3551	-0.0743	0.2980
3	-0.3606	-0.1662	0.3018
4	-0.3663	0.0104	0.3057
5	-0.3723	0.0617	0.3098
6	-0.3786	-0.1290	0.3140
7	-0.3852	-0.2008	0.3185
8	-0.3921	-0.0271	0.3232
9	-0.3994	0.1323	0.3280
10	-0.4072	0.1363	0.3331
11	-0.4154	-0.2169	0.3385
12	-0.4241	-0.1350	0.3441
13	-0.4333	-0.0386	0.3500
14	-0.4432	0.0420	0.3562
15	-0.4537	0.0822	0.3628
<b>COATEPEC DE LOS OLIVOS</b>			
K	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	0.2630	0.2943
2	-0.3551	0.2123	0.2980
3	-0.3606	0.0853	0.3018
4	-0.3663	-0.2053	0.3057
5	-0.3723	0.0173	0.3098
6	-0.3786	0.0640	0.3140
7	-0.3852	-0.1726	0.3185
8	-0.3921	-0.1072	0.3232
9	-0.3994	-0.2901	0.3280
10	-0.4072	-0.3818	0.3331
11	-0.4154	-0.2052	0.3385
12	-0.4241	-0.1418	0.3441
13	-0.4333	0.0117	0.3500
14	-0.4432	0.0969	0.3562
15	-0.4537	-0.0521	0.3628

<b>LÍMITES DEL 95% DE CONFIANZA</b>			
<b>SAN RAFAEL</b>			
K	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	-0.0750	0.2943
2	-0.3551	0.2578	0.2980
3	-0.3606	-0.0524	0.3018
4	-0.3663	-0.0327	0.3057
5	-0.3723	-0.2528	0.3098
6	-0.3786	0.0329	0.3140
7	-0.3852	-0.2574	0.3185
8	-0.3921	-0.0631	0.3232
9	-0.3994	-0.0542	0.3280
10	-0.4072	0.1028	0.3331
11	-0.4154	-0.0475	0.3385
12	-0.4241	0.0561	0.3441
13	-0.4333	0.0286	0.3500
14	-0.4432	0.1754	0.3562
15	-0.4537	-0.0584	0.3628
<b>COL. MANUEL AVILA CAMACHO</b>			
K	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	-0.2374	0.2943
2	-0.3551	-0.1275	0.2980
3	-0.3606	-0.0898	0.3018
4	-0.3663	-0.0410	0.3057
5	-0.3723	0.2283	0.3098
6	-0.3786	0.1139	0.3140
7	-0.3852	-0.1359	0.3185
8	-0.3921	-0.2719	0.3232
9	-0.3994	0.0509	0.3280
10	-0.4072	-0.1303	0.3331
11	-0.4154	0.2726	0.3385
12	-0.4241	-0.1653	0.3441
13	-0.4333	-0.0332	0.3500
14	-0.4432	0.0079	0.3562
15	-0.4537	-0.0718	0.3628
<b>CHALCO</b>			
k	LIM. INFERIOR	r(k)	LIM. SUPERIOR
1	-0.3499	-0.0551	0.2943
2	-0.3551	-0.0081	0.2980
3	-0.3606	0.1408	0.3018
4	-0.3663	0.0098	0.3057
5	-0.3723	0.1128	0.3098
6	-0.3786	-0.1820	0.3140
7	-0.3852	-0.1032	0.3185
8	-0.3921	0.2053	0.3232
9	-0.3994	0.0170	0.3280
10	-0.4072	-0.3448	0.3331
11	-0.4154	-0.1117	0.3385
12	-0.4241	-0.0231	0.3441
13	-0.4333	0.0007	0.3500
14	-0.4432	-0.0006	0.3562
15	-0.4537	-0.1196	0.3628

**TABLA 3.6 CORRELOGRAMAS DE LOS REGISTROS DE GASTOS MÁXIMOS**

<b>LÍMITES DEL 95% DE CONFIANZA</b>			
<b>SAN MARCOS</b>			
<b>k</b>	<b>LIM. INFERIOR</b>	<b>r(k)</b>	<b>LIM. SUPERIOR</b>
1	-0.3449	0.1535	0.2908
2	-0.3499	0.0187	0.2943
3	-0.3551	0.0757	0.2980
4	-0.3606	0.0081	0.3018
5	-0.3663	-0.1306	0.3057
6	-0.3723	-0.0482	0.3098
7	-0.3786	0.1888	0.3140
8	-0.3852	0.0971	0.3185
9	-0.3921	0.0334	0.3232
10	-0.3994	0.1137	0.3280
11	-0.4072	0.1065	0.3331
12	-0.4154	-0.0958	0.3385
13	-0.4241	0.0573	0.3441
14	-0.4333	0.1791	0.3500
15	-0.4432	-0.0135	0.3562
<b>SAN LUCAS</b>			
<b>K</b>	<b>LIM. INFERIOR</b>	<b>r(k)</b>	<b>LIM. SUPERIOR</b>
1	-0.3499	0.6384	0.2943
2	-0.3551	0.4779	0.2980
3	-0.3606	0.1352	0.3018
4	-0.3663	0.0625	0.3057
5	-0.3723	-0.1075	0.3098
6	-0.3786	-0.0557	0.3140
7	-0.3852	-0.0792	0.3185
8	-0.3921	-0.1665	0.3232
9	-0.3994	-0.2342	0.3280
10	-0.4072	-0.3015	0.3331
11	-0.4154	-0.3038	0.3385
12	-0.4241	-0.3681	0.3441
13	-0.4333	-0.3144	0.3500
14	-0.4432	-0.2184	0.3562
15	-0.4537	-0.0875	0.3628
<b>LOS REYES LA PAZ</b>			
<b>K</b>	<b>LIM. INFERIOR</b>	<b>r(k)</b>	<b>LIM. SUPERIOR</b>
1	-0.4432	0.6760	0.3562
2	-0.4537	0.4688	0.3628
3	-0.4650	0.3562	0.3698
4	-0.4772	0.3359	0.3772
5	-0.4903	0.2426	0.3850
6	-0.5045	0.1427	0.3934
7	-0.5200	-0.0322	0.4024
8	-0.5369	-0.1683	0.4119
9	-0.5556	-0.1354	0.4222
10	-0.5762	-0.1937	0.4334
11	-0.5992	-0.2347	0.4454
12	-0.6251	-0.2229	0.4584

**TABLA 3.7 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: AMECAMECA**

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	44.06	57.10	63.93	69.57	75.91	80.13	88.69	91.98	98.95	101.72	4.39
NORMALML	44.06	56.64	63.22	68.66	74.77	78.85	87.10	90.27	96.99	99.67	4.48
LGNOR2-M	41.56	55.72	64.95	73.72	85.00	93.47	113.27	121.95	142.63	151.80	3.02
LGNOR3-M	41.73	55.60	64.46	72.76	83.31	91.14	109.19	117.01	135.43	143.52	3.23
LGNOR3MV	41.82	55.52	64.22	72.34	82.63	90.24	107.73	115.28	133.01	140.77	3.31
GAMMA2-M	42.26	56.27	64.69	72.25	81.43	87.96	102.24	108.11	121.29	126.83	3.36
GAMMA2MV	42.40	55.83	63.87	71.06	79.77	85.95	99.43	104.97	117.38	122.57	3.58
GAMMA2ML	42.34	56.03	64.25	71.61	80.54	86.89	100.73	106.42	119.19	124.54	3.47
GAMMA3-M	41.54	55.73	64.76	73.11	83.52	91.09	108.04	115.16	131.41	138.33	3.25
GAMA3MPP	42.05	55.89	64.38	72.07	81.51	88.27	103.19	109.37	123.33	129.22	3.42
LOGP3-MD	39.41	46.23	53.82	63.83	81.79	100.10	166.73	210.97	376.26	488.94	9.02
LOGP3-MI	41.28	55.59	65.22	74.57	86.89	96.35	119.13	129.41	154.58	166.04	2.93
EXPONE-M	30.54	70.91	101.45	131.98	172.35	202.89	273.80	304.34	375.24	405.78	23.52
GUMBEL-M	41.51	55.21	64.29	72.99	84.25	92.69	112.20	120.58	140.05	148.43	3.12
GUMBELMV	41.59	55.57	64.83	73.71	85.20	93.81	113.72	122.27	142.13	150.68	2.99
GUMBELML	41.49	55.29	64.43	73.19	84.53	93.03	112.67	121.12	140.71	149.15	3.08
GUMBELME	41.48	55.32	64.48	73.27	84.65	93.17	112.87	121.33	140.99	149.45	3.07
GVE-MTOS	41.70	55.53	64.48	72.90	83.60	91.45	109.10	116.48	133.12	140.09	3.18
GVE-MVER	41.86	55.51	64.24	72.39	82.61	90.05	106.52	113.30	128.38	134.60	3.30
GVEMTOSL	41.95	55.71	64.39	72.41	82.36	89.50	105.07	111.38	125.17	130.77	3.30
GUMB-MIX	43.86	54.82	61.60	68.00	76.23	82.37	96.55	102.64	116.78	122.87	4.35
TCEV-ML	41.59	55.57	64.83	73.71	85.20	93.81	113.72	122.28	142.13	150.69	3.08
GUMB-GVE	43.48	54.48	62.42	70.91	83.51	94.39	125.45	141.83	188.59	213.19	3.39

**TABLA 3.8 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: SAN LUIS AMECA II**

DISTRIBUCION DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	60.20	69.78	74.79	78.92	83.58	86.68	92.96	95.37	100.49	102.53	1.88
NORMALML	60.20	69.80	74.82	78.96	83.63	86.74	93.03	95.45	100.58	102.62	1.87
LGNOR2-M	59.09	69.91	76.35	82.10	89.10	94.09	105.06	109.61	119.92	124.29	2.36
LGNOR3-M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LGNOR3MV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GAMMA2-M	59.48	69.50	75.16	80.06	85.82	89.82	98.27	101.65	109.08	112.14	2.19
GAMMA2MV	59.46	69.66	75.43	80.43	86.32	90.39	99.04	102.50	110.11	113.23	2.15
GAMMA2ML	59.47	69.56	75.27	80.21	86.02	90.04	98.57	101.98	109.48	112.56	2.17
GAMMA3-M	59.97	69.70	74.93	79.31	84.33	87.71	94.67	97.39	103.22	105.57	1.98
GAMA3MPP	60.89	52.31	47.42	43.15	38.11	34.60	27.13	24.12	17.49	14.76	20.85
LOGP3-MD	57.37	58.93	62.64	68.67	80.75	93.77	143.30	177.18	308.22	400.83	8.21
LOGP3-MI	57.77	69.19	77.09	84.93	95.52	103.85	124.60	134.29	158.85	170.43	3.52
EXPONE-M	41.73	96.89	138.61	180.34	235.50	277.23	374.11	415.84	512.73	554.46	42.21
GUMBEL-M	58.33	68.39	75.05	81.44	89.70	95.90	110.22	116.37	130.66	136.81	3.13
GUMBELMV	58.63	71.36	79.80	87.88	98.35	106.20	124.32	132.12	150.20	157.99	3.61
GUMBELML	58.24	68.77	75.74	82.42	91.07	97.55	112.54	118.98	133.93	140.36	3.04
GUMBELME	57.93	70.13	78.20	85.94	95.96	103.48	120.83	128.29	145.61	153.07	3.34
GVE-MTOS	60.38	70.21	75.02	78.67	82.31	84.41	87.80	88.80	90.42	90.90	1.94
GVE-MVER	60.35	70.12	74.94	78.62	82.30	84.45	87.93	88.97	90.67	91.18	1.98
GVEMTOSL	60.73	70.29	74.73	77.97	81.06	82.77	85.37	86.09	87.19	87.49	1.95
GUMB-MIX	62.18	68.05	73.16	80.25	90.74	98.69	117.03	124.91	143.20	151.07	1.51
TCEV-ML	58.62	71.34	79.77	87.85	98.31	106.15	124.27	132.06	150.13	157.92	3.71
GUMB-GVE	61.85	68.08	72.67	77.87	85.67	92.05	107.70	114.68	131.40	138.90	2.94

**TABLA 3.9 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: COATEPEC DE LOS OLIVOS**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	47.81	52.65	55.19	57.28	59.64	61.21	64.39	65.61	68.20	69.23	1.55
NORMALML	47.81	52.44	54.86	56.86	59.11	60.61	63.65	64.82	67.29	68.28	1.60
LGNOR2-M	47.44	52.85	55.92	58.59	61.75	63.94	68.63	70.53	74.71	76.45	1.69
LGNOR3-M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LGNOR3MV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GAMMA2-M	47.58	52.57	55.32	57.66	60.37	62.22	66.09	67.61	70.93	72.28	1.63
GAMMA2MV	47.57	52.69	55.51	57.91	60.69	62.60	66.58	68.15	71.56	72.95	1.62
GAMMA2ML	47.60	52.37	55.00	57.23	59.81	61.57	65.24	66.69	69.83	71.11	1.67
GAMMA3-M	47.30	52.44	55.43	58.07	61.22	63.44	68.20	70.13	74.43	76.21	1.79
GAMA3MPP	48.11	43.95	41.61	39.57	37.18	35.52	32.02	30.61	27.52	26.25	10.31
LOGP3-MD	45.30	46.87	47.09	48.22	51.71	56.17	74.88	88.09	139.64	176.17	7.95
LOGP3-MI	46.24	52.03	56.28	60.62	66.63	71.45	83.79	89.67	104.89	112.20	2.49
EXPONE-M	33.14	76.94	110.08	143.22	187.03	220.16	297.11	330.25	407.19	440.33	36.56
GUMBEL-M	46.86	51.95	55.32	58.55	62.74	65.87	73.12	76.23	83.46	86.57	2.02
GUMBELMV	47.28	54.87	59.90	64.72	70.96	75.64	86.44	91.09	101.87	106.52	3.13
GUMBELML	46.86	51.94	55.30	58.53	62.70	65.83	73.06	76.17	83.38	86.49	2.02
GUMBELME	46.37	54.12	59.26	64.19	70.56	75.34	86.39	91.14	102.15	106.90	3.20
GVE-MTOS	48.40	52.96	54.88	56.18	57.32	57.90	58.69	58.88	59.15	59.21	1.62
GVE-MVER	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GVENTOSL	48.02	52.66	54.85	56.46	58.02	58.88	60.23	60.60	61.19	61.36	1.65
GUMB-MIX	47.90	51.64	54.16	56.69	60.28	63.33	72.18	76.73	88.05	93.03	1.00
TCEV-ML	47.45	55.43	60.72	65.79	72.36	77.27	88.64	93.53	104.87	109.75	3.60
GUMB-GVE	47.85	51.72	54.62	57.86	63.05	67.78	80.43	86.17	99.63	105.45	1.00

**TABLA 3.10 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CIMATOLÓGICA ANALIZADA: TLAHUAC**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	44.59	54.50	59.68	63.96	68.77	71.98	78.47	80.97	86.26	88.37	2.34
NORMALML	44.59	54.45	59.60	63.86	68.65	71.84	78.30	80.78	86.05	88.15	2.36
LGNOR2-M	43.12	53.89	60.56	66.68	74.31	79.88	92.46	97.80	110.18	115.53	1.60
LGNOR3-M	43.48	53.94	60.12	65.64	72.32	77.07	87.49	91.80	101.54	105.66	1.78
LGNOR3MV	43.36	53.75	59.99	65.61	72.49	77.42	88.35	92.91	103.30	107.72	1.82
GAMMA2-M	43.57	54.06	60.17	65.55	71.97	76.47	86.16	90.09	98.82	102.44	1.78
GAMMA2MV	43.61	53.87	59.84	65.08	71.33	75.71	85.12	88.93	97.40	100.91	1.90
GAMMA2ML	43.56	54.10	60.23	65.64	72.09	76.62	86.36	90.31	99.08	102.73	1.76
GAMMA3-M	43.45	54.00	60.21	65.71	72.32	76.98	87.07	91.18	100.35	104.17	1.78
GAMA3MPP	43.30	53.86	60.18	65.83	72.67	77.52	88.10	92.44	102.17	106.25	1.78
LOGP3-MD	41.08	44.99	50.25	57.60	71.22	85.35	137.60	172.76	306.30	398.96	7.99
LOGP3-MI	42.85	53.78	60.78	67.38	75.81	82.11	96.80	103.23	118.55	125.36	1.58
EXPONE-M	30.91	71.77	102.68	133.59	174.46	205.37	277.14	308.05	379.82	410.73	27.51
GUMBEL-M	42.66	53.06	59.95	66.55	75.11	81.51	96.32	102.68	117.46	123.82	1.88
GUMBELMV	42.75	54.04	61.51	68.68	77.97	84.92	100.99	107.90	123.93	130.84	1.47
GUMBELML	42.59	53.39	60.55	67.41	76.29	82.95	98.33	104.94	120.29	126.90	1.66
GUMBELME	42.55	53.57	60.86	67.86	76.92	83.71	99.40	106.14	121.80	128.54	1.58
GVE-MTOS	43.36	53.99	60.33	65.93	72.55	77.08	86.30	89.79	96.92	99.61	1.73
GVE-MVER	43.40	53.81	59.98	65.41	71.80	76.15	84.94	88.24	94.94	97.46	1.86
GVENTOSL	43.17	53.91	60.48	66.40	73.56	78.57	89.07	93.17	101.81	105.19	1.65
GUMB-MIX	42.67	52.51	60.75	68.77	79.12	86.85	104.70	112.36	130.16	137.82	1.54
TCEV-ML	42.74	54.03	61.51	68.68	77.96	84.92	100.99	107.90	123.94	130.84	1.51
GUMB-GVE	43.66	52.88	59.67	66.82	77.13	85.85	111.11	125.25	168.77	192.88	1.67

**TABLA 3.11 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: NEZAHUALCOYOTL**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	43.65	52.76	57.53	61.46	65.89	68.84	74.81	77.11	81.98	83.91	2.45
NORMALML	43.65	52.60	57.28	61.14	65.49	68.39	74.25	76.51	81.29	83.19	2.49
LGNOR2-M	42.33	52.47	58.70	64.41	71.49	76.63	88.21	93.12	104.43	109.31	2.09
LGNOR3-M	42.79	52.36	57.90	62.79	68.64	72.76	81.66	85.30	93.44	96.85	2.22
LGNOR3MV	42.94	52.30	57.64	62.29	67.81	71.65	79.89	83.22	90.61	93.67	2.29
GAMMA2-M	42.76	52.39	57.96	62.85	68.66	72.73	81.45	84.98	92.80	96.04	2.20
GAMMA2MV	42.77	52.33	57.86	62.70	68.47	72.50	81.15	84.64	92.38	95.59	2.22
GAMMA2ML	42.78	52.31	57.81	62.64	68.38	72.39	81.00	84.48	92.18	95.37	2.23
GAMMA3-M	42.77	52.40	57.96	62.83	68.63	72.69	81.37	84.88	92.67	95.89	2.23
GAMA3MPP	42.77	52.04	57.42	62.14	67.77	71.72	80.19	83.62	91.24	94.39	2.37
LOGP3-MD	40.47	43.72	48.39	55.04	67.48	80.46	128.67	161.20	285.24	371.63	7.54
LOGP3-MI	41.54	52.07	59.27	66.36	75.87	83.30	101.66	110.16	131.53	141.52	2.30
EXPONE-M	30.26	70.25	100.51	130.77	170.76	201.02	271.27	301.53	371.78	402.04	27.83
GUMBEL-M	41.87	51.44	57.77	63.85	71.72	77.61	91.23	97.08	110.67	116.52	2.34
GUMBELMV	42.11	53.18	60.51	67.54	76.64	83.46	99.22	105.99	121.72	128.49	2.23
GUMBELML	41.83	51.64	58.13	64.36	72.43	78.47	92.44	98.44	112.38	118.38	2.26
GUMBELME	41.68	52.30	59.33	66.07	74.80	81.34	96.46	102.96	118.04	124.54	2.16
GVE-MTOS	42.67	52.44	58.14	63.08	68.81	72.66	80.27	83.06	88.63	90.67	2.21
GVE-MVER	42.91	52.53	57.97	62.60	67.84	71.26	77.82	80.14	84.62	86.21	2.28
GVEMTOSL	42.61	52.30	58.00	63.00	68.85	72.81	80.75	83.71	89.67	91.90	2.24
GUMB-MIX	42.67	51.69	57.59	63.25	70.61	76.16	89.12	94.77	108.06	113.88	2.08
TCEV-ML	42.12	53.19	60.52	67.55	76.65	83.46	99.22	105.99	121.71	128.48	2.29
GUMB-GVE	42.67	49.88	56.86	64.00	73.32	80.31	96.47	103.41	119.55	126.50	2.72

**TABLA 3.12 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: CHIMALHUACAN**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	42.17	50.65	55.09	58.76	62.88	65.63	71.19	73.33	77.87	79.67	2.79
NORMALML	42.17	50.42	54.74	58.31	62.32	65.00	70.41	72.49	76.90	78.66	2.83
LGNOR2-M	41.07	49.94	55.33	60.21	66.22	70.55	80.21	84.27	93.56	97.53	2.35
LGNOR3-M	40.68	49.70	55.44	60.81	67.62	72.67	84.28	89.29	101.09	106.26	2.32
LGNOR3MV	40.97	49.79	55.20	60.13	66.25	70.68	80.64	84.85	94.54	98.71	2.40
GAMMA2-M	41.37	50.33	55.49	60.01	65.38	69.13	77.15	80.40	87.57	90.54	2.41
GAMMA2MV	41.44	50.01	54.93	59.23	64.33	67.88	75.48	78.54	85.30	88.10	2.53
GAMMA2ML	41.40	50.17	55.22	59.63	64.86	68.52	76.33	79.49	86.46	89.35	2.46
GAMMA3-M	40.56	49.79	55.63	61.03	67.75	72.63	83.54	88.12	98.56	103.00	2.35
GAMA3MPP	41.23	49.92	55.04	59.57	65.02	68.85	77.15	80.53	88.07	91.21	2.50
LOGP3-MD	40.78	49.62	55.22	60.45	67.08	72.01	83.41	88.37	100.12	105.32	2.36
LOGP3-MI	40.93	49.89	55.44	60.54	66.90	71.56	82.12	86.63	97.13	101.69	2.33
EXPONE-M	29.23	67.87	97.10	126.33	164.97	194.20	262.07	291.30	359.17	388.40	27.14
GUMBEL-M	40.51	49.42	55.32	60.98	68.31	73.80	86.48	91.93	104.59	110.04	2.30
GUMBELMV	40.61	49.98	56.18	62.13	69.84	75.61	88.95	94.69	108.00	113.73	2.15
GUMBELML	40.49	49.54	55.53	61.28	68.73	74.30	87.19	92.73	105.59	111.13	2.25
GUMBELME	40.46	49.64	55.72	61.55	69.09	74.74	87.81	93.43	106.46	112.07	2.21
GVE-MTOS	40.66	49.66	55.46	60.91	67.81	72.87	84.18	88.89	99.47	103.88	2.31
GVE-MVER	40.91	49.87	55.47	60.59	66.89	71.37	81.00	84.85	93.16	96.49	2.35
GVEMTOSL	41.10	50.07	55.45	60.22	65.89	69.79	77.78	80.82	87.08	89.47	2.41
GUMB-MIX	41.28	49.11	54.19	60.09	67.71	73.42	86.58	92.25	105.38	111.04	2.22
TCEV-ML	40.65	50.11	56.37	62.38	70.16	75.99	89.46	95.25	108.69	114.48	2.20
GUMB-GVE	41.69	49.61	54.57	59.51	66.29	71.72	85.75	92.61	111.15	120.48	2.46

**TABLA 3.13 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: SAN RAFAEL**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	61.77	72.54	78.17	82.82	88.05	91.54	98.60	101.31	107.07	109.35	1.99
NORMALML	61.77	72.62	78.29	82.97	88.24	91.75	98.86	101.59	107.39	109.69	1.95
LGNOR2-M	60.49	72.13	79.09	85.34	92.97	98.42	110.47	115.48	126.87	131.71	1.58
LGNOR3-M	60.95	72.18	78.57	84.12	90.69	95.26	105.03	108.97	117.71	121.33	1.70
LGNOR3MV	60.88	72.01	78.40	83.99	90.63	95.28	105.27	109.32	118.33	122.09	1.78
GAMMA2-M	60.89	72.19	78.62	84.21	90.81	95.39	105.14	109.05	117.68	121.23	1.67
GAMMA2MV	60.92	72.06	78.40	83.90	90.39	94.90	104.48	108.32	116.79	120.27	1.76
GAMMA2ML	60.87	72.32	78.84	84.52	91.22	95.88	105.78	109.77	118.54	122.15	1.59
GAMMA3-M	60.94	72.21	78.61	84.15	90.67	95.20	104.80	108.64	117.11	120.59	1.70
GAMA3MPP	61.15	71.85	77.82	82.95	88.93	93.04	101.69	105.12	112.63	115.70	2.04
LOGP3-MD	58.34	60.83	65.55	72.79	86.90	101.91	158.46	196.97	345.31	449.70	9.20
LOGP3-MI	60.10	71.98	79.39	86.25	94.87	101.23	115.77	122.04	136.77	143.22	1.66
EXPONE-M	42.82	99.42	142.24	185.06	241.66	284.48	383.90	426.72	526.14	568.96	41.61
GUMBEL-M	59.67	70.98	78.46	85.64	94.94	101.90	118.00	124.92	140.98	147.89	2.20
GUMBELMV	59.81	72.63	81.11	89.25	99.79	107.68	125.92	133.76	151.96	159.80	1.82
GUMBELML	59.56	71.45	79.32	86.88	96.65	103.97	120.90	128.17	145.06	152.33	1.93
GUMBELME	59.47	71.87	80.07	87.95	98.14	105.77	123.42	131.00	148.61	156.19	1.84
GVE-MTOS	60.80	72.33	78.89	84.48	90.83	95.00	103.02	105.88	111.41	113.38	1.69
GVE-MVER	60.87	72.21	78.61	84.04	90.15	94.15	101.76	104.45	109.61	111.43	1.79
GVENTOSL	60.90	72.51	79.02	84.52	90.68	94.68	102.25	104.91	109.96	111.73	1.65
GUMB-MIX	61.21	71.70	78.25	84.45	92.43	98.40	112.18	118.11	131.88	137.81	1.71
TCEV-ML	59.73	72.32	80.65	88.65	99.00	106.75	124.68	132.38	150.26	157.96	1.85
GUMB-GVE	61.81	72.47	78.67	84.16	90.71	95.25	104.65	108.27	115.82	118.74	1.87

**TABLA 3.14 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: MANUEL ÁVILA CAMACHO**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	52.91	68.34	76.41	83.08	90.57	95.57	105.69	109.58	117.82	121.10	5.69
NORMALML	52.91	67.80	75.59	82.02	89.25	94.08	103.84	107.59	115.54	118.71	5.76
LGNOR2-M	50.16	66.03	76.24	85.85	98.12	107.26	128.43	137.64	159.42	169.01	3.82
LGNOR3-M	50.01	66.39	76.99	86.98	99.79	109.34	131.57	141.26	164.24	174.38	3.60
LGNOR3MV	49.38	65.57	76.63	87.45	101.77	112.78	139.36	151.33	180.57	193.83	3.46
GAMMA2-M	50.82	67.37	77.30	86.21	97.01	104.69	121.46	128.35	143.82	150.30	3.99
GAMMA2MV	51.08	66.50	75.68	83.86	93.76	100.76	116.00	122.24	136.20	142.04	4.50
GAMMA2ML	50.91	67.09	76.79	85.46	95.97	103.43	119.70	126.38	141.37	147.64	4.13
GAMMA3-M	49.74	66.56	77.38	87.46	100.11	109.34	130.13	138.89	158.97	167.54	3.46
GAMA3MPP	48.41	66.43	78.86	90.86	106.40	118.02	144.88	156.45	183.43	195.12	2.85
LOGP3-MD	47.41	55.39	64.35	76.17	97.43	119.12	198.08	250.54	446.71	580.55	10.58
LOGP3-MI	49.35	65.63	76.93	88.15	103.31	115.23	144.92	158.74	193.67	210.07	3.31
EXPONE-M	36.67	85.16	121.83	158.51	206.99	243.66	328.82	365.49	450.65	487.32	28.08
GUMBEL-M	49.90	66.10	76.83	87.12	100.44	110.42	133.49	143.41	166.42	176.33	3.49
GUMBELMV	49.78	64.99	75.07	84.73	97.24	106.61	128.27	137.59	159.20	168.50	4.13
GUMBELML	49.88	66.20	77.01	87.38	100.80	110.86	134.10	144.09	167.28	177.26	3.44
GUMBELME	50.01	65.62	75.95	85.86	98.70	108.31	130.53	140.08	162.25	171.80	3.82
GVE-MTOS	50.01	66.31	76.97	87.11	100.10	109.74	131.70	141.00	162.30	171.34	3.56
GVE-MVER	49.21	65.05	76.26	87.59	103.13	115.46	146.41	160.84	197.19	214.16	3.49
GVENTOSL	48.83	65.04	76.83	89.00	106.12	120.04	156.18	173.61	219.05	240.99	3.22
GUMB-MIX	49.25	66.95	82.26	89.44	97.09	103.03	118.95	126.70	145.66	154.00	2.62
TCEV-ML	49.23	65.60	76.65	87.29	101.07	111.41	135.29	145.56	169.39	179.65	3.54
GUMB-GVE	48.72	67.24	80.60	90.28	98.51	102.62	108.67	108.67	108.67	108.67	2.70

**TABLA 3.15 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: CHALCO**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	42.79	51.11	55.46	59.05	63.09	65.78	71.23	73.32	77.76	79.53	1.40
NORMALML	42.79	51.32	55.78	59.46	63.61	66.37	71.96	74.11	78.66	80.48	1.31
LGNOR2-M	41.67	50.85	56.44	61.51	67.77	72.29	82.37	86.61	96.34	100.51	1.39
LGNOR3-M	42.46	50.98	55.64	59.60	64.16	67.28	73.76	76.32	81.87	84.12	1.32
LGNOR3MV	42.18	50.78	55.66	59.89	64.90	68.39	75.83	78.83	85.47	88.22	1.37
GAMMA2-M	42.04	50.80	55.83	60.23	65.45	69.09	76.86	80.00	86.93	89.79	1.33
GAMMA2MV	42.04	50.77	55.78	60.16	65.36	68.98	76.72	79.84	86.74	89.59	1.34
GAMMA2ML	41.99	51.05	56.28	60.85	66.28	70.07	78.19	81.47	88.73	91.73	1.20
GAMMA3-M	42.46	50.99	55.65	59.60	64.16	67.26	73.71	76.25	81.74	83.97	1.32
GAMA3MPP	42.32	50.72	55.38	59.38	64.05	67.25	73.97	76.65	82.47	84.85	1.45
LOGP3-MD	39.97	42.54	46.59	52.50	63.72	75.50	119.50	149.29	263.39	343.21	7.41
LOGP3-MI	41.25	50.67	56.77	62.54	69.99	75.59	88.80	94.64	108.71	115.02	1.72
EXPONE-M	29.66	68.88	98.54	128.20	167.41	197.08	265.95	295.62	364.49	394.16	28.05
GUMBEL-M	41.17	49.90	55.68	61.23	68.40	73.78	86.21	91.55	103.95	109.28	2.01
GUMBELMV	41.24	51.13	57.68	63.97	72.10	78.20	92.29	98.34	112.40	118.45	1.82
GUMBELML	41.06	50.41	56.60	62.53	70.22	75.98	89.29	95.01	108.29	114.01	1.83
GUMBELME	41.01	50.62	56.98	63.08	70.98	76.90	90.57	96.45	110.10	115.97	1.82
GVE-MTOS	42.35	51.18	55.95	59.86	64.11	66.78	71.63	73.25	76.20	77.19	1.21
GVE-MVER	42.45	50.89	55.32	58.88	62.65	64.96	69.02	70.33	72.64	73.39	1.42
GVEMTOSL	42.13	51.25	56.35	60.65	65.45	68.56	74.42	76.47	80.35	81.71	1.14
GUMB-MIX	41.83	52.09	56.45	60.45	65.70	69.81	79.92	84.52	95.60	100.50	1.00
TCEV-ML	41.22	51.10	57.64	63.92	72.04	78.13	92.19	98.24	112.28	118.32	1.87
GUMB-GVE	42.11	52.29	56.46	59.33	62.07	63.78	63.78	63.78	63.78	63.78	1.05

**TABLA 3.16 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: LOS REYES**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	39.05	47.89	52.52	56.34	60.64	63.51	69.31	71.54	76.27	78.15	2.06
NORMALML	39.05	48.03	52.73	56.61	60.98	63.89	69.78	72.04	76.84	78.75	2.02
LGNOR2-M	37.68	47.40	53.45	59.02	65.98	71.08	82.62	87.54	98.97	103.91	1.87
LGNOR3-M	38.39	47.61	52.84	57.39	62.76	66.49	74.46	77.67	84.78	87.72	1.86
LGNOR3MV	37.79	47.27	53.07	58.37	64.92	69.67	80.33	84.83	95.18	99.63	1.92
GAMMA2-M	38.11	47.50	52.97	57.79	63.56	67.61	76.32	79.86	87.72	90.99	1.81
GAMMA2MV	38.14	47.39	52.77	57.52	63.19	67.16	75.72	79.19	86.90	90.10	1.87
GAMMA2ML	38.06	47.70	53.33	58.30	64.25	68.43	77.45	81.11	89.26	92.65	1.74
GAMMA3-M	38.38	47.63	52.87	57.41	62.75	66.44	74.28	77.42	84.31	87.15	1.85
GAMA3MPP	38.20	47.46	52.82	57.52	63.10	67.01	75.39	78.77	86.28	89.38	1.87
LOGP3-MD	35.89	39.48	44.24	50.83	63.02	75.64	122.26	153.58	272.46	354.83	7.57
LOGP3-MI	37.49	47.32	53.61	59.51	67.05	72.66	85.70	91.40	104.92	110.90	1.97
EXPONE-M	27.06	62.84	89.91	116.97	152.75	179.81	242.66	269.72	332.56	359.63	24.18
GUMBEL-M	37.32	46.61	52.76	58.66	66.30	72.03	85.25	90.94	104.14	109.82	2.25
GUMBELMV	37.31	47.33	53.97	60.34	68.59	74.76	89.04	95.18	109.42	115.55	2.05
GUMBELML	37.21	47.07	53.59	59.84	67.94	74.01	88.03	94.06	108.05	114.08	2.08
GUMBELME	37.21	47.10	53.65	59.93	68.06	74.15	88.23	94.28	108.33	114.38	2.08
GVE-MTOS	38.26	47.74	53.11	57.69	62.87	66.26	72.78	75.09	79.56	81.15	1.78
GVE-MVER	38.10	47.29	52.57	57.12	62.33	65.79	72.54	74.98	79.76	81.49	1.93
GVEMTOSL	38.03	47.75	53.45	58.42	64.22	68.13	75.93	78.82	84.61	86.75	1.74
GUMB-MIX	37.25	48.03	53.38	58.27	64.85	70.02	82.53	88.04	100.96	106.55	1.91
TCEV-ML	37.32	47.39	54.06	60.45	68.72	74.93	89.26	95.42	109.72	115.88	2.10
GUMB-GVE	37.72	48.80	53.71	57.03	60.07	61.83	61.83	61.83	61.83	61.83	1.76
PROMEDIO	38.05	47.73	53.39	58.36	64.24	68.28	76.69	79.97	86.94	89.70	



**TABLA 3.17 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ANALIZADA: REPETIDORA DE TV**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	53.59	68.14	75.75	82.04	89.11	93.82	103.36	107.03	114.81	117.90	7.58
NORMALML	53.59	66.37	73.05	78.57	84.78	88.92	97.30	100.52	107.35	110.07	7.71
LGNOR2-M	51.27	65.91	75.17	83.79	94.68	102.71	121.11	129.02	147.57	155.67	6.31
LGNOR3-M	49.66	64.54	75.34	86.33	101.45	113.47	143.70	157.82	193.49	210.16	5.71
LGNOR3MV	51.37	65.70	74.66	82.95	93.34	100.96	118.28	125.69	142.94	150.44	6.54
GAMMA2-M	51.75	67.31	76.56	84.82	94.79	101.85	117.20	123.49	137.56	143.44	6.58
GAMMA2MV	52.04	66.24	74.59	82.00	90.91	97.19	110.77	116.30	128.66	133.80	6.80
GAMMA2ML	52.14	65.87	73.93	81.06	89.62	95.64	108.65	113.95	125.74	130.65	6.93
GAMMA3-M	48.75	64.42	75.98	87.54	102.93	114.69	142.49	154.68	183.53	196.18	5.94
GAMA3MPP	50.56	65.47	75.21	84.36	95.94	104.44	123.69	131.86	150.64	158.69	6.32
LOGP3-MD	50.02	64.57	74.95	85.49	100.05	111.73	141.75	156.13	193.56	211.64	5.79
LOGP3-MI	51.05	65.82	75.37	84.40	95.98	104.65	124.94	133.83	155.06	164.50	6.25
EXPONE-M	37.14	86.25	123.39	160.54	209.64	246.78	333.03	370.17	456.42	493.56	30.78
GUMBEL-M	50.75	66.03	76.15	85.85	98.42	107.83	129.58	138.93	160.64	169.99	5.93
GUMBELMV	51.12	66.01	75.87	85.33	97.57	106.75	127.95	137.06	158.21	167.32	5.98
GUMBELML	50.98	65.00	74.27	83.17	94.70	103.33	123.28	131.85	151.76	160.33	6.24
GUMBELME	50.87	65.47	75.14	84.41	96.42	105.41	126.19	135.13	155.87	164.80	6.06
GVE-MTOS	50.01	64.51	74.99	85.76	100.82	112.99	144.35	159.35	198.14	216.73	5.66
GVE-MVER	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GVEMTOSL	50.69	64.70	74.26	83.65	96.14	105.74	128.79	139.08	163.86	174.93	6.16
GUMB-MIX	51.35	61.92	71.00	81.81	97.60	109.81	138.15	150.33	178.58	190.74	5.78
TCEV-ML	51.11	66.00	75.86	85.32	97.56	106.73	127.93	137.04	158.19	167.29	6.16
GUMB-GVE	53.67	67.04	76.62	86.59	100.86	112.75	145.37	162.13	208.86	232.81	6.10

**TABLA 3.18 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN HIDROMÉTRICA ANALIZADA: SAN MARCOS**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	18.46	28.5	33.75	38.09	42.97	46.22	52.81	55.34	60.7	62.84	3.57
NORMALML	18.46	28.22	33.32	37.54	42.28	45.44	51.84	54.29	59.51	61.58	3.62
LGNOR2-M	14.82	27.07	37.1	48.13	64.49	78.39	116.35	135.42	186.86	212.38	1.69
LGNOR3-M	16.45	27.09	34.08	40.74	49.35	55.83	71.06	77.77	93.79	100.92	2.08
LGNOR3MV	15.68	26.54	34.43	42.46	53.5	62.28	84.36	94.68	120.74	132.92	1.69
GAMMA2-M	16.01	26.98	34.33	41.32	50.24	56.85	71.95	78.4	93.33	99.76	1.91
GAMMA2MV	16.05	26.93	34.21	41.12	49.94	56.46	71.37	77.73	92.45	98.79	1.97
GAMMA2ML	15.88	27.15	34.74	41.97	51.24	58.13	73.88	80.62	96.25	102.99	1.74
GAMMA3-M	16.23	27.2	34.37	41.11	49.63	55.89	70.06	76.07	89.9	95.83	1.98
GAMA3MPP	15.87	27.45	35.21	42.58	52.01	58.99	74.94	81.75	97.53	104.32	1.64
LOGP3-MD	15.32	21.28	27.12	34.55	47.67	60.96	109.01	140.65	256.97	334.69	5.88
LOGP3-MI	13.91	26.35	38.24	53.08	78.56	103.44	187	237.81	405.68	506.41	3.42
EXPONE-M	12.8	29.71	42.51	55.31	72.22	85.02	114.73	127.53	157.24	170.04	4.54
GUMBEL-M	16.5	27.05	34.03	40.72	49.39	55.89	70.9	77.35	92.33	98.78	2.06
GUMBELMV	16.41	26.29	32.82	39.09	47.21	53.29	67.35	73.39	87.42	93.45	2.56
GUMBELML	16.47	27.17	34.26	41.05	49.85	56.44	71.67	78.22	93.41	99.95	1.98
GUMBELME	16.57	26.73	33.45	39.9	48.24	54.5	68.95	75.16	89.58	95.79	2.32
GVE-MTOS	16.48	27.02	34.01	40.74	49.47	56.03	71.24	77.81	93.1	99.71	2.09
GVE-MVER	15.83	26.24	33.86	41.77	52.94	62.07	85.96	97.56	128.03	142.85	1.84
GVEMTOSL	16.04	26.72	34.21	41.74	52	60.09	80.2	89.5	112.69	123.41	1.79
GUMB-MIX	16.3	27.02	33.91	40.43	48.82	55.08	69.53	75.74	90.15	96.35	2.24
TCEV-ML	16.35	26.82	33.75	40.40	49.00	55.45	70.35	76.75	91.62	98.02	2.20

**TABLA 3.19 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN HIDROMÉTRICA ANALIZADA: SAN LUCAS**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	4.55	7.29	8.72	9.91	11.24	12.13	13.92	14.61	16.08	16.66	1.38
NORMALML	4.55	7.05	8.36	9.44	10.66	11.47	13.11	13.74	15.08	15.62	1.40
LGNOR2-M	3.67	6.40	8.57	10.90	14.30	17.12	24.67	28.39	38.24	43.05	0.70
LGNOR3-M	3.87	6.71	8.71	10.71	13.39	15.49	20.65	23.02	28.89	31.59	0.81
LGNOR3MV	3.54	6.36	8.74	11.42	15.49	19.00	28.82	33.86	47.69	54.68	0.59
GAMMA2-M	3.82	6.81	8.86	10.84	13.39	15.30	19.70	21.59	26.00	27.90	0.76
GAMMA2MV	3.96	6.62	8.39	10.07	12.21	13.80	17.41	18.95	22.52	24.05	0.97
GAMMA2ML	3.86	6.76	8.74	10.64	13.08	14.90	19.08	20.88	25.06	26.86	0.81
GAMMA3-M	3.74	6.72	8.83	10.89	13.59	15.63	20.37	22.43	27.26	29.37	0.73
GAMA3MPP	3.43	6.60	9.07	11.60	15.05	17.72	24.15	27.00	33.82	36.84	0.56
LOGP3-MD	3.71	5.32	6.89	8.90	12.44	16.05	29.13	37.76	69.53	90.76	1.57
LOGP3-MI	3.62	6.37	8.65	11.17	14.97	18.25	27.43	32.16	45.28	51.97	0.65
EXPONE-M	3.15	7.32	10.47	13.63	17.80	20.95	28.27	31.42	38.74	41.90	0.89
GUMBEL-M	4.01	6.89	8.80	10.63	12.99	14.76	18.86	20.62	24.71	26.47	0.89
GUMBELMV	3.97	6.29	7.83	9.31	11.22	12.65	15.96	17.38	20.68	22.10	1.20
GUMBELML	4.04	6.78	8.60	10.35	12.60	14.29	18.20	19.88	23.78	25.46	0.94
GUMBELME	4.08	6.61	8.29	9.91	11.99	13.55	17.17	18.72	22.32	23.87	1.04
GVE-MTOS	3.91	6.70	8.66	10.63	13.33	15.47	20.80	23.27	29.46	32.33	0.83
GVE-MVER	3.57	6.20	8.54	11.37	16.13	20.73	36.20	45.69	77.65	97.28	0.63
GVEMTOSL	3.62	6.22	8.39	10.89	14.86	18.49	29.72	36.10	55.90	67.18	0.73
GUMB-MIX	3.66	6.16	9.66	11.76	13.84	15.27	18.46	19.82	22.95	24.30	0.48
TCEV-ML	3.86	6.57	8.37	10.09	12.32	13.99	17.85	19.51	23.36	25.02	0.98

**TABLA 3.20 RESULTADOS DEL AJUSTE DE DIFERENTES FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

**ESTACIÓN HIDROMÉTRICA ANALIZADA: LOS REYES**

DISTRIBUCIÓN DE	PERIODO DE RETORNO										E.E.A
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	
NORMAL-M	3.69	4.92	5.57	6.10	6.70	7.10	7.91	8.22	8.88	9.14	0.49
NORMALML	3.69	4.93	5.58	6.12	6.72	7.13	7.94	8.26	8.92	9.18	0.49
LGNOR2-M	3.43	4.76	5.64	6.50	7.62	8.47	10.49	11.39	13.56	14.53	0.44
LGNOR3-M	3.54	4.84	5.62	6.32	7.18	7.79	9.14	9.70	10.97	11.52	0.46
LGNOR3MV	3.27	4.67	5.76	6.93	8.61	10.01	13.70	15.51	20.26	22.57	0.49
GAMMA2-M	3.50	4.83	5.64	6.38	7.28	7.93	9.36	9.95	11.28	11.84	0.43
GAMMA2MV	3.52	4.77	5.52	6.21	7.04	7.64	8.94	9.48	10.69	11.20	0.46
GAMMA2ML	3.49	4.86	5.70	6.47	7.41	8.08	9.57	10.19	11.58	12.17	0.42
GAMMA3-M	3.53	4.85	5.64	6.33	7.18	7.78	9.08	9.61	10.80	11.30	0.45
GAMA3MPP	3.34	4.83	5.83	6.79	8.02	8.93	11.02	11.92	13.99	14.89	0.42
LOGP3-MD	3.26	3.93	4.64	5.57	7.23	8.91	15.01	19.04	34.03	44.19	1.03
LOGP3-MI	3.37	4.73	5.70	6.69	8.05	9.14	11.93	13.26	16.68	18.32	0.46
EXPONE-M	2.56	5.93	8.49	11.05	14.43	16.98	22.92	25.47	31.41	33.96	1.59
GUMBEL-M	3.45	4.74	5.60	6.42	7.49	8.29	10.13	10.92	12.77	13.56	0.45
GUMBELMV	3.42	4.63	5.43	6.20	7.20	7.95	9.67	10.41	12.13	12.88	0.50
GUMBELML	3.43	4.80	5.70	6.57	7.69	8.53	10.47	11.31	13.24	14.08	0.42
GUMBELME	3.45	4.72	5.56	6.37	7.41	8.19	10.00	10.77	12.58	13.35	0.46
GVE-MTOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GVE-MVER	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GVEMTOSL	3.37	4.73	5.69	6.67	8.01	9.08	11.76	13.02	16.19	17.67	0.46
GUMB-MIX	3.12	5.21	5.76	6.23	6.81	7.23	8.21	8.63	9.60	10.02	0.24
TCEV-ML	3.28	4.75	5.83	6.89	8.26	9.29	11.67	12.69	15.06	16.08	0.47

**TABLA 4.1 DETERMINACIÓN DE TORMENTAS Y AVENIDAS DE DISEÑO, DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM**

<b>CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL</b>				
<b>DATOS BÁSICOS</b>				
Area Total de la Cuenca de Aportación $A_t$ =	293.50		$\text{Km}^2$	
Porcentaje de Area de Zona no Urbanizada =	80.00		%	
Porcentaje de Area Urbanizada =	20.00		%	
Area de Zona no Urbanizada $A_{nu}$ =	234.80		$\text{Km}^2$	
Area Urbanizada $A_u$ =	58.70		$\text{Km}^2$	
Longitud del Cauce Principal $L$ =	32.40		$\text{Km}$	
Pendiente Media del Cauce Principal $S$ =	0.01687			
Indice de Urbanización $I_u$ =	0.80			
Coefficiente de Escurrimiento en Anu ( $C_{nu}$ ) =	0.15			
<b>PARÁMETROS</b>				
Tiempo de concentración $t_c$ =	4.64		5.00	
Duración en exceso $d_e$ =	4.47		4.50	
Tiempo de retraso $t_r$ =	3.00		3.50	
Tiempo de pico $t_p$ =	5.75		6.00	
Tiempo base $t_b$ =	16.02		16.50	
Coefficiente de escurrimiento $C_e$ =	0.19			
Gasto pico unitario $q_p$ =	9.87			
<b>FACTORES DE AJUSTE</b>				
Altura de precipitación base $h_p$ =			71.45	
Factor de Ajuste para una Duración de 1 hr =			1.00	
Factor de Ajuste para una Duración de 24 hr =			1.50	
Factor de Ajuste por Duración de la tormenta =			1.34	
Factor de ajuste por área $F_a$ =			0.86	
Factor de ajuste por periodo de retorno ( $T_r=10$ ) =			1.00	
Altura de precipitación máxima o de diseño $h_{pmax}$ =			54.89	
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	FACTOR DE AJUSTE $T_r$	PRECIPITACIÓN DE DISEÑO (mm)	PRECIPITACIÓN EN EXCESO (mm)	GASTO PICO $Q_p$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
2	0.67	36.78	7.06	69.71
5	0.88	48.31	9.27	91.56
10	1.00	54.89	10.54	104.05
20	1.10	60.38	11.59	114.45
50	1.25	68.62	13.17	130.06
100	1.38	75.75	14.54	143.59
500	1.64	90.02	17.28	170.64
1000	1.76	96.61	18.55	183.12

**TABLA 4.2 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hr Y  $T_r = 10$  AÑOS EN LA CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN**

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN EN mm	ÁREA POLÍGONO THIESSEN ( $A_i$ ), EN Km <sup>2</sup>	PRODUCTOS $H_p(i) \cdot (A_i)$ EN Km <sup>2</sup> ·mm
CHALCO	56.45	56.14	3169.10
AMECAMECA	65.22	2.68	174.59
SAN. LUIS AMECA II	73.16	15.80	1155.82
REPETIDORA T.V.	74.99	9.37	702.95
COL. MANUEL A. CAMACHO	82.26	95.94	7892.02
SAN RAFAEL	79.09	113.57	8982.09
SUMATORIAS:		293.50	22076.57

$$h_p^{24 \text{ hr}}_{T_r = 10} = 75.22$$

**TABLA 4.3 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hr Y  $T_r = 10$  AÑOS EN LA CUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN**

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN EN mm	ÁREA POLÍGONO THIESSEN ( $A_i$ ), EN Km <sup>2</sup>	PRODUCTOS $H_p(i) \cdot (A_i)$ EN Km <sup>2</sup> ·mm
CHALCO	56.45	25.00	1411.25
COL. MANUEL A. CAMACHO	82.26	36.37	2991.80
COATEPEC DE LOS OLIVOS	54.62	70.05	3826.19
SUMATORIAS:		131.42	8229.24

$$h_p^{24 \text{ hr}}_{T_r = 10} = 62.62$$

TABLA 4.4 DETERMINACIÓN DE TORMENTAS Y AVENIDAS DE DISEÑO, DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM				
CUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO				
DATOS BÁSICOS				
Area Total de la Cuenca de Aportación At =	131.42	Km <sup>2</sup>		
Porcentaje de Area de Zona no Urbanizada =	80.00	%		
Porcentaje de Area Urbanizada =	20.00	%		
Area de Zona no Urbanizada Anu =	105.14	Km <sup>2</sup>		
Area Urbanizada Au =	26.28	Km <sup>2</sup>		
Longitud del Cauce Principal L =	22.80	Km		
Pendiente Media del Cauce Principal S =	0.02234			
Indice de Urbanización Iu =	0.80			
Coefficiente de Escurrimiento en Anu (Cnu) =	0.15			
PARÁMETROS				
Tiempo de concentración tc =	3.18	3.50		
Duración en exceso de =	3.74	4.00		
Tiempo de retraso tr =	2.10	2.50		
Tiempo de pico tp =	4.5	5.00		
Tiempo base tb =	13.35	13.50		
Coefficiente de escurrimiento Ce =	0.19			
Gasto pico unitario qp =	5.40			
FACTORES DE AJUSTE				
Altura de precipitación base hp =	62.62			
Factor de Ajuste para una Duración de 1 hr =	1.00			
Factor de Ajuste para una Duración de 24 hr =	1.50			
Factor de Ajuste por Duración de la tormenta =	1.34			
Factor de ajuste por área Fa =	0.86			
Factor de ajuste por periodo de retorno (Tr=10) =	1.00			
Altura de precipitación máxima o de diseño hpmáx =	48.11			
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	FACTOR DE AJUSTE Tr	PRECIPITACIÓN DE DISEÑO (mm)	PRECIPITACIÓN EN EXCESO (mm)	GASTO PICO Qp (m <sup>3</sup> /s)
2	0.67	32.23	6.19	33.44
5	0.88	42.34	8.13	43.92
10	1.00	48.11	9.24	49.91
20	1.10	52.92	10.16	54.90
50	1.25	60.14	11.55	62.38
100	1.38	66.39	12.75	68.87
500	1.64	78.90	15.15	81.84
1000	1.76	84.67	16.26	87.83

TABLA 4.5 DETERMINACIÓN DE TORMENTAS Y AVENIDAS DE DISEÑO, DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM				
CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL				
DATOS BÁSICOS				
Area Total de la Cuenca de Aportación At =	293.5	Km <sup>2</sup>		
Porcentaje de Area de Zona no Urbanizada =	80.00	%		
Porcentaje de Area Urbanizada =	20.00	%		
Area de Zona no Urbanizada Anu =	234.80	Km <sup>2</sup>		
Area Urbanizada Au =	58.70	Km <sup>2</sup>		
Longitud del Cauce Principal L =	32.40	Km		
Pendiente Media del Cauce Principal S =	0.01687			
Indice de Urbanización Iu =	0.80			
Coefficiente de Escurrimiento en Anu (Cnu) =	0.15			
PARÁMETROS				
Tiempo de concentración tc =	4.64	5.00		
Duración en exceso de =	4.47	4.50		
Tiempo de retraso tr =	3.00	3.50		
Tiempo de pico tp =	5.75	6.00		
Tiempo base tb =	16.02	16.50		
Coefficiente de escurrimiento Ce =	0.19			
Gasto pico unitario qp =	9.87			
FACTORES DE AJUSTE				
Altura de precipitación base hp =	75.22			
Factor de Ajuste para una Duración de 1 hr =	1.00			
Factor de Ajuste para una Duración de 24 hr =	1.50			
Factor de Ajuste por Duración de la tormenta =	1.34			
Factor de ajuste por área Fa =	0.86			
Factor de ajuste por periodo de retorno (Tr=10) =	1.00			
Altura de precipitación máxima o de diseño hpmáx =	57.79			
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	FACTOR DE AJUSTE Tr	PRECIPITACIÓN DE DISEÑO (mm)	PRECIPITACIÓN EN EXCESO (mm)	GASTO PICO Qp (m <sup>3</sup> /s)
2	0.67	38.72	7.43	73.39
5	0.88	50.85	9.76	96.39
10	1.00	57.79	11.10	109.54
20	1.10	63.57	12.21	120.49
50	1.25	72.24	13.87	136.92
100	1.38	79.75	15.31	151.16
500	1.64	94.77	18.20	179.64
1000	1.76	101.71	19.53	192.79

**TABLA 4.6 RESULTADO DE LAS CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES (CORRELACIÓN Y REGRESIÓN MÚLTIPLE)**

SAN MARCOS - SAN ANDRÉS		
AJUSTE	COEF. CORRELACIÓN	ECUACIÓN DE AJUSTE
LINEAL	0.3068	$Y = 0.3373X + 14.465$
LOGARITMICA	0.4064	$Y = 7.4503 \ln(X) + 0.6045$
POLINOMIAL	0.5636	$Y = -0.0309X^2 + 1.8817X + 0.7491$
POTENCIAL	0.3703	$Y = 3.5352X^{0.5264}$
EXPONENCIAL	0.2500	$Y = 9.8605e^{0.0213X}$

SAN LUCAS - SAN ANDRÉS		
AJUSTE	COEF. CORRELACIÓN	ECUACIÓN DE AJUSTE
LINEAL	0.0014	$Y = 0.005X + 20.669$
LOGARITMICA	0.0032	$Y = -0.0742 \ln(X) + 20.778$
POLINOMIAL	0.1257	$Y = 0.1302X^2 - 1.8212X + 24.94$
POTENCIAL	0.1473	$Y = 10.886X^{0.2266}$
EXPONENCIAL	0.1407	$Y = 11.967e^{0.044X}$

SAN MARCOS - LA GRANDE		
AJUSTE	COEF. CORRELACIÓN	ECUACIÓN DE AJUSTE
LINEAL	0.254	$Y = 0.4825X + 29.162$
LOGARITMICA	0.3624	$Y = 11.4760 \ln(X) + 7.1286$
POLINOMIAL	0.4699	$Y = -0.04460X^2 + 2.7143X + 9.3412$
POTENCIAL	0.2328	$Y = 11.2160X^{0.3307}$
EXPONENCIAL	0.0990	$Y = 23.41e^{0.0084X}$

SAN LUCAS - LA GRANDE		
AJUSTE	COEF. CORRELACIÓN	ECUACIÓN DE AJUSTE
LINEAL	0.1549	$Y = -1.0788X + 42.976$
LOGARITMICA	0.1453	$Y = -4.9719 \ln(X) + 44.532$
POLINOMIAL	0.2152	$Y = 0.2676X^2 - 4.8329X + 51.757$
POTENCIAL	0.0632	$Y = 31.058X^{0.0977}$
EXPONENCIAL	0.0316	$Y = 28.628e^{0.01X}$

SAN MARCOS - ATENCO		
AJUSTE	COEF. CORRELACIÓN	ECUACIÓN DE AJUSTE
LINEAL	0.4578	$Y = 0.184X + 4.3642$
LOGARITMICA	0.4343	$Y = 2.9092 \ln(X) - .0821$
POLINOMIAL	0.4600	$Y = -0.0011X^2 + 0.2374X + 3.8899$
POTENCIAL	0.4362	$Y = 2.0943X^{0.0232}$
EXPONENCIAL	0.4058	$Y = 4.1839e^{0.0084X}$

SAN LUCAS - ATENCO		
AJUSTE	COEF. CORRELACIÓN	ECUACIÓN DE AJUSTE
LINEAL	0.1386	$Y = -0.2043X + 8.6904$
LOGARITMICA	0.1257	$Y = -0.9111 \ln(X) + 8.9455$
POLINOMIAL	0.1500	$Y = 0.0218X^2 - 0.5098X + 9.405$
POTENCIAL	0.1118	$Y = 5.5283X^{0.1151}$
EXPONENCIAL	0.0332	$Y = 6.2187e^{0.007X}$

**TABLA 4.7 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LAS CUENCAS Y GASTOS**

ESTACIONES	PARÁMETRO DE UBICACIÓN $\mu$	PARÁMETRO DE ESCALA $\alpha$	ÁREA	PENDIENTE	LONGITUD
SAN MARCOS	13.0916	9.3072	131.420	0.022340	22.80
SAN LUCAS	3.0831	2.5402	293.500	0.016870	32.41
SAN ANDRES	14.7870	10.2341	64.800	0.015668	28.15
LA GRANDE	27.8674	17.6833	202.600	0.011093	38.35
ATENCO	5.6031	3.7407	54.000	0.105440	25.50

**LOGARITMOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS**

ESTACIONES	PARÁMETRO DE UBICACIÓN $\mu$	PARÁMETRO DE ESCALA $\alpha$	ÁREA	PENDIENTE	LONGITUD
SAN MARCOS	2.5720	2.2308	4.8784	-3.8014	3.1268
SAN LUCAS	1.1259	0.9323	5.6819	-4.0822	3.4783
SAN ANDRES	2.6937	2.3257	4.1713	-4.1561	3.3375
LA GRANDE	3.3275	2.8726	5.3112	-4.5014	3.6468
ATENCO	1.7233	1.3193	3.9890	-2.2496	3.2387

**GASTOS AJUSTANDO LA FUNCIÓN GUMBEL A LOS DATOS DE CADA ESTACIÓN**

Tr (AÑOS)	ESTACIÓN				
	SAN MARCOS	SAN LUCAS	SAN ANDRÉS	LA GRANDE	ATENCO
2	16.50	4.01	18.54	34.35	6.97
5	27.05	6.89	30.14	54.39	11.21
10	34.04	8.8	37.82	67.66	14.02
20	40.74	10.63	45.18	80.39	16.71
50	49.41	12.99	54.72	96.87	20.20
100	55.91	14.77	61.87	109.21	22.81
500	70.92	18.87	78.38	137.74	28.85
1000	77.38	20.63	85.48	150.01	31.44

**LOGARITMOS DE LOS GASTOS MÁXIMOS**

Tr (AÑOS)	ESTACIÓN				
	SAN MARCOS	SAN LUCAS	SAN ANDRÉS	LA GRANDE	ATENCO
2	2.80	1.39	2.92	3.54	1.94
5	3.30	1.93	3.41	4.00	2.42
10	3.53	2.17	3.63	4.21	2.64
20	3.71	2.36	3.81	4.39	2.82
50	3.90	2.56	4.00	4.57	3.01
100	4.02	2.69	4.13	4.69	3.13
500	4.26	2.94	4.36	4.93	3.36
1000	4.35	3.03	4.45	5.01	3.45

TABLA 4.8.- COEFICIENTES $b_0, b_1, b_2, b_3$ PARA CADA PERIODO DE RETORNO								
CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL,								
COEFICIENTE	COEFICIENTES OBTENIDOS							
	Tr= 2 AÑOS	Tr= 5 AÑOS	Tr= 10 AÑOS	Tr= 20 AÑOS	Tr= 50 AÑOS	Tr= 100 AÑOS	Tr= 500 AÑOS	Tr= 1000 AÑOS
<b>b<sub>0</sub></b>	-18.164	-16.817	-16.273	-16.010	-15.589	-15.386	-15.055	-14.817
<b>b<sub>1</sub></b>	-1.760	-1.692	-1.666	-1.656	-1.641	-1.630	-1.619	-1.614
<b>b<sub>2</sub></b>	-0.250	-0.268	-0.272	-0.273	-0.277	-0.278	-0.285	-0.287
<b>b<sub>3</sub></b>	8.199	7.832	7.701	7.662	7.569	7.530	7.480	7.426
GASTOS PICO OBTENIDOS POR EL MÉTODO DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN MÚLTIPLE								
CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL								
ESTACIONES	GASTOS PICO ( m <sup>3</sup> /s )							
	Tr= 2 AÑOS	Tr= 5 AÑOS	Tr= 10 AÑOS	Tr= 20 AÑOS	Tr= 50 AÑOS	Tr= 100 AÑOS	Tr= 500 AÑOS	Tr= 1000 AÑOS
SAN LUCAS	4.00	6.71	8.62	10.43	12.74	14.51	18.63	20.39

TABLA 4.9.- COEFICIENTES $b_0, b_1, b_2, b_3$ PARA CADA PERIODO DE RETORNO								
CUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO								
COEFICIENTE	COEFICIENTES OBTENIDOS							
	Tr= 2 AÑOS	Tr= 5 AÑOS	Tr= 10 AÑOS	Tr= 20 AÑOS	Tr= 50 AÑOS	Tr= 100 AÑOS	Tr= 500 AÑOS	Tr= 1000 AÑOS
<b>b<sub>0</sub></b>	-2.020	-1.261	-0.916	-0.736	-0.475	-0.355	-0.114	0.005
<b>b<sub>1</sub></b>	0.243	0.236	0.239	0.239	0.234	0.234	0.235	0.230
<b>b<sub>2</sub></b>	-0.459	-0.469	-0.471	-0.471	-0.472	-0.472	-0.478	-0.479
<b>b<sub>3</sub></b>	0.605	0.519	0.476	0.476	0.459	0.459	0.451	0.434
GASTOS PICO OBTENIDOS POR EL MÉTODO DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN MÚLTIPLE								
CUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO								
ESTACIONES	GASTOS PICO ( m <sup>3</sup> /s )							
	Tr= 2 AÑOS	Tr= 5 AÑOS	Tr= 10 AÑOS	Tr= 20 AÑOS	Tr= 50 AÑOS	Tr= 100 AÑOS	Tr= 500 AÑOS	Tr= 1000 AÑOS
SAN MARCOS	16.41	27.06	34.08	40.80	49.33	55.62	70.70	74.11



**TABLA 4.10 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO PARA LA ESTACIÓN SAN LUCAS APLICANDO LA CORRELACIÓN MÚLTIPLE.**

GASTOS DE DISEÑO			PARÁMETRO DE UBICACIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETROS FISIGRÁFICOS; A, S		
Tr	P=(1-1/Tr)	Qr	$\mu_R$	$\alpha_R$	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
2	0.5	34.6491	28.7000		-0.9858	0.4147	-0.4689
5	0.8	53.0466		16.2317	-1.1133	0.3301	-0.496
10	0.9	65.2273					
20	0.95	76.9113					
50	0.98	92.0351					
100	0.99	103.3682					
500	0.998	129.5574					
1000	0.999	140.8165					

GASTOS DE DISEÑO			PARÁMETRO DE UBICACIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETROS FISIGRÁFICOS; S, L		
Tr	P=(1-1/Tr)	Qr	$\mu_R$	$\alpha_R$	a	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
2	0.5	22.1823	17.8600		-4.3292	-0.4275	1.5718
5	0.8	35.5486		11.7929	-3.7748	-0.463	1.2513
10	0.9	44.3984					
20	0.95	52.8872					
50	0.98	63.8752					
100	0.99	72.1091					
500	0.998	91.1364					
1000	0.999	99.3166					

GASTOS DE DISEÑO			PARÁMETRO DE UBICACIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETROS FISIGRÁFICOS; A, L		
Tr	P=(1-1/Tr)	Qr	$\mu_R$	$\alpha_R$	a	b <sub>1</sub>	b <sub>3</sub>
2	0.5	0.3312	0.2827		-38.8832	-4.2859	17.8167
5	0.8	0.4810		0.1322	-41.1976	-4.6417	18.8448
10	0.9	0.5802					
20	0.95	0.6754					
50	0.98	0.7985					
100	0.99	0.8908					
500	0.998	1.1041					
1000	0.999	1.1958					

GASTOS DE DISEÑO			PARÁMETRO DE UBICACIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETROS FISIGRÁFICOS; A, S, L		
Tr	P=(1-1/Tr)	Qr	$\mu_R$	$\alpha_R$	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
2	0.5	7.0805	0.2827		0.537	-0.4811	-0.4634
5	0.8	28.1024		18.5472	0.4682	-0.5097	-0.5234
10	0.9	42.0207					
20	0.95	55.3715					
50	0.98	72.6527					
100	0.99	85.6026					
500	0.998	115.5277					
1000	0.999	128.3929					

**TABLA 4.11 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO PARA LA ESTACIÓN SAN MARCOS APLICANDO LA CORRELACIÓN MÚLTIPLE.**

GASTOS DE DISEÑO			PARÁMETRO DE UBICACIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETROS FISIGRÁFICOS; A, S		
Tr	P=(1-1/Tr)	Qr	$\mu_R$	$\alpha_R$	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
2	0.5	20.7429	16.7726		-0.9858	0.4147	-0.4689
5	0.8	33.0207		10.8325	-1.1133	0.3301	-0.4960
10	0.9	41.1497					
20	0.95	48.9472					
50	0.98	59.0404					
100	0.99	66.6037					
500	0.998	84.0815					
1000	0.999	91.5954					

GASTOS DE DISEÑO			PARÁMETRO DE UBICACIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETROS FISIGRÁFICOS; S, L		
Tr	P=(1-1/Tr)	Qr	$\mu_R$	$\alpha_R$	a	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
2	0.5	11.5663	9.1212		-4.3292	-0.4275	1.5718
5	0.8	19.1276		6.6712	-3.7748	-0.463	1.2513
10	0.9	24.1339					
20	0.95	28.9360					
50	0.98	35.1518					
100	0.99	39.8097					
500	0.998	50.5734					
1000	0.999	55.2009					

GASTOS DE DISEÑO			PARÁMETRO DE UBICACIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETROS FISIGRÁFICOS; A, L		
Tr	P=(1-1/Tr)	Qr	$\mu_R$	$\alpha_R$	a	b <sub>1</sub>	b <sub>3</sub>
2	0.5	0.0196	0.0169		-38.8832	-4.2859	17.8167
5	0.8	0.0279		0.007315	-41.1976	-4.6417	18.8448
10	0.9	0.0334					
20	0.95	0.0386					
50	0.98	0.0454					
100	0.99	0.0506					
500	0.998	0.0624					
1000	0.999	0.0674					

GASTOS DE DISEÑO			PARÁMETRO DE UBICACIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETROS FISIGRÁFICOS; A, S, L		
Tr	P=(1-1/Tr)	Qr	$\mu_R$	$\alpha_R$	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
2	0.5	24.9389	20.0774		0.537	-0.4811	-0.4634
5	0.8	39.9729		13.2642	0.4682	-0.5097	-0.5234
10	0.9	49.9267					
20	0.95	59.4747					
50	0.98	71.8335					
100	0.99	81.0947					
500	0.998	102.4959					
1000	0.999	111.6966					

**TABLA 4.12.- MUESTRA MODULADA PARA LA CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL (Q/Qmedia)**

AÑO	SAN MARCOS	SAN LUCAS	LOS REYES	SAN LUIS AMECA II	EL TEJOCOTE	SAN ANDRES	LA GRANDE	ATENCO
	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)
1943								
1944								0.78
1945							0.22	1.39
1946						0.58	0.44	0.95
1947						0.86	1.10	0.67
1948						1.59	1.22	2.03
1949						1.62	1.78	1.59
1950						1.72	1.21	1.65
1951						1.63	1.38	1.06
1952						1.49	1.26	3.02
1953						1.32	1.26	0.88
1954						1.60	2.79	1.69
1955				2.93	1.48	1.66	2.81	1.91
1956				1.88	1.97	1.60	2.42	2.09
1957				0.72	2.70	1.62	0.46	0.98
1958				2.16	2.18	2.22	1.66	1.53
1959				0.67	1.86	1.90	1.18	1.45
1960				0.69	1.82	1.99	0.92	1.07
1961				0.24	2.12	1.41	1.22	1.13
1962				0.51	2.29	0.92	0.94	0.90
1963	1.77	0.59		1.20	1.58	1.56	1.59	1.01
1964	1.26	0.46		3.39	2.05	1.31	1.61	0.88
1965	1.74	0.66		4.13	1.24	2.23	1.71	1.13
1966	2.53	0.61		1.25	2.05	1.15	2.00	0.88
1967	1.22	0.46		1.16	1.47	1.29	1.24	0.77
1968	0.86	0.57		0.60	2.56	1.33	1.36	0.83
1969	1.29	0.73		1.85	0.60	1.54	1.27	0.81
1970	1.07	0.83		1.22	1.97	0.92	0.99	0.55
1971	0.90	0.96		0.54	1.28	0.89	1.24	1.26
1972	1.01	0.99		1.20	1.72	1.49	1.11	1.32
1973	2.03	0.02		0.28	2.47	1.26	1.12	2.89
1974	0.41	1.28		0.45	1.27	1.19	0.88	0.83
1975	1.00	1.09		1.80	0.69	0.63	1.63	1.01
1976	1.48	2.88	0.89	0.86	0.54	1.07	0.98	0.64
1977	1.06	3.04	0.79	1.63	0.52	0.80	0.58	0.53
1978	0.29	3.51	0.79	0.61	0.55	1.01	0.90	0.85
1979	0.64	1.33	0.77	0.47	0.54	0.99	0.77	0.60
1980	1.84	1.70	0.78	0.55	0.35	0.62	0.72	0.45
1981	1.79	0.69	0.74	1.28	0.14	1.41	0.97	1.47
1982	0.39	0.85	0.46	0.79	0.10	0.16	0.84	0.97
1983	1.61	0.96	0.84	0.79	0.76	0.52	0.56	0.16
1984	0.42	0.86	0.69	0.71	0.46	0.91	1.00	0.53
1985	1.32	0.87	0.75	0.53	0.37	1.06	0.39	1.00
1986	0.79	1.61	0.72	1.27	0.13	0.87	1.09	0.77
1987	0.69	0.86	0.56	0.54	0.14	0.56	0.80	1.26
1988	0.81	0.70	0.64	2.11	0.11	0.22	1.35	0.52
1989	0.14	0.30	0.65	0.79	0.07	0.39	0.23	0.41
1990	0.49	0.25	0.75	0.47	0.16	0.07	0.40	0.13
1991	0.59	0.88	0.60	0.18	0.08	0.56	0.07	0.34
1992	0.53	0.97	1.10	0.10	0.24	0.09	0.16	0.48
1993	0.68	0.73	1.44	0.17	0.45	0.11	0.06	0.41
1994	3.24	1.15	1.28	0.29	0.11	0.12	0.06	1.39
1995	0.73	1.44	1.53	0.28	0.58	0.14	0.09	0.57
1996	0.31	0.86	1.20	0.86	0.75	0.89	0.88	0.63
1997	0.19	0.35	1.54	0.43	0.23	0.05	0.13	0.10
1998	0.12	1.06	2.02	0.53	0.25	0.22	0.40	
1999	0.30	0.80	2.47	0.47	0.00	0.39		0.99
2000	0.45			0.43				
2001						3.17	0.53	0.61
2002						3.09	0.04	0.25
PROM.	1.00	1.02	1.00	1.00	1.00	1.11	1.00	1.00
DESV. EST.	0.70	0.73	0.49	0.86	0.84	0.70	0.64	0.60

**TABLA 4.12.- REGISTRO HISTÓRICO DE GASTOS MÁXIMOS**

AÑO	SAN MARCOS	SAN LUCAS	LOS REYES	SAN LUIS AMECA II	EL TEJOCOTE	SAN ANDRES	LA GRANDE	ATENCO
	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)
1943								
1944								7.42
1945							9.52	13.20
1946							14.30	19.40
1947							21.20	48.70
1948							39.23	53.70
1949							39.90	78.70
1950							42.40	53.30
1951							40.10	60.90
1952							36.80	55.60
1953							32.60	55.70
1954							39.50	123.00
1955							61.40	28.50
1956							39.50	38.10
1957							15.00	52.10
1958							45.20	42.20
1959							14.00	36.00
1960							14.50	35.10
1961							5.04	40.90
1962							10.60	44.30
1963	30.60	2.43					25.20	30.50
1964	21.90	1.91					71.00	39.50
1965	30.10	2.72					86.60	24.00
1966	43.90	2.50					26.20	39.50
1967	21.17	1.88					24.26	28.30
1968	14.93	2.36					12.51	49.50
1969	22.28	3.02					38.70	11.62
1970	18.48	3.42					25.47	38.00
1971	15.61	3.94					11.39	24.81
1972	17.51	4.05					25.08	33.15
1973	35.20	1.34					5.90	47.78
1974	7.17	5.28					9.40	24.59
1975	17.34	4.50					37.69	13.26
1976	25.56	11.86	3.56				18.06	10.35
1977	18.42	12.50	3.16				34.15	10.05
1978	5.01	14.44	3.15				12.76	10.57
1979	11.13	5.45	3.10				9.79	10.50
1980	31.80	7.00	3.14				11.55	6.67
1981	30.95	2.84	2.97				26.80	2.79
1982	6.74	3.48	1.83				16.54	1.86
1983	27.84	3.96	3.36				16.52	14.75
1984	7.29	3.53	2.75				14.84	8.87
1985	22.93	3.58	3.01				11.01	7.17
1986	13.71	1.61	2.88				26.70	2.59
1987	12.02	3.52	2.24				11.38	2.79
1988	14.01	2.88	2.57				44.23	2.22
1989	2.50	1.24	2.60				16.65	1.28
1990	8.56	1.04	3.01				9.86	3.09
1991	10.27	3.60	2.40				3.82	1.46
1992	9.11	3.99	4.41				2.15	4.62
1993	11.72	2.99	5.76				3.49	8.60
1994	56.10	4.71	5.11				6.18	2.18
1995	12.60	5.93	6.12				5.77	11.24
1996	5.28	3.53	4.80				18.07	14.52
1997	3.37	1.45	6.15				9.04	4.45
1998	2.07	4.35	8.09				11.09	4.81
1999	5.20	3.30	9.88				9.80	0.00
2000	7.81						9.06	
2001								3.17
2002								3.09
PROM.	17.32	4.11	4.00				20.96	19.31
DESV. EST.	12.06	2.98	1.97				17.93	16.32

TABLA 4.13 GASTOS PICO POR EL MÉTODO "ESTACIONES-AÑO" PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO, EN LA CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL										
CUENCA EN ESTUDIO	ÁREA DE CUENCA	GASTO MEDIO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO PICO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO, EN m <sup>3</sup> /s							
			2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS
RÍO SAN RAFAEL	293.50	4.11	3.74	6.29	7.97	9.62	11.71	13.32	16.97	18.54
GASTOS OBTENIDOS MEDIANTE EL AJUSTE Qtr (GUMBEL MOMENTOS)			0.91	1.53	1.94	2.34	2.85	3.24	4.13	4.51

TABLA 4.14 GASTOS PICO POR EL MÉTODO "ESTACIONES-AÑO" PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO, EN LA CUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO										
CUENCA EN ESTUDIO	ÁREA DE CUENCA	GASTO MEDIO (m <sup>3</sup> /s)	GASTO PICO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO, EN m <sup>3</sup> /s							
			2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS
RÍO SAN FRANCISCO	131.42	17.32	15.59	26.33	33.60	40.36	49.19	55.77	71.19	77.77
GASTOS OBTENIDOS MEDIANTE EL AJUSTE Qtr (GUMBEL MOMENTOS)			0.90	1.52	1.94	2.33	2.84	3.22	4.11	4.49

TABLA 4.15 GASTOS MODULADOS PARA LA CUENCA DEL RIO SAN FRANCISCO ( $Q/q_{2.33}$ )					
DATOS	ATENCO	LA GRANDE	SAN ANDRES	SAN MARCOS	CURVA REGIONAL
1	3.54	2.32	2.65	3.04	2.846
2	1.80	1.99	1.86	2.38	1.921
3	1.70	1.89	1.84	1.91	1.865
4	1.61	1.87	1.78	1.72	1.751
5	1.55	1.58	1.68	1.68	1.626
6	1.55	1.57	1.58	1.66	1.576
7	1.38	1.47	1.56	1.63	1.515
8	1.24	1.44	1.53	1.51	1.472
9	1.24	1.43	1.50	1.38	1.409
10	1.22	1.30	1.42	1.24	1.270
11	1.19	1.29	1.37	1.21	1.247
12	1.08	1.26	1.27	1.19	1.224
13	1.08	1.16	1.26	1.15	1.155
14	1.04	1.15	1.20	1.00	1.096
15	1.03	1.14	1.18	1.00	1.084
16	1.02	1.14	1.10	0.95	1.057
17	1.02	1.13	1.08	0.94	1.048
18	0.99	1.05	1.06	0.85	1.019
19	0.94	1.03	1.06	0.81	0.983
20	0.94	1.02	1.04	0.80	0.983
21	0.79	0.98	0.96	0.76	0.871
22	0.73	0.93	0.74	0.74	0.743
23	0.70	0.89	0.73	0.68	0.715
24	0.67	0.83	0.67	0.65	0.671
25	0.64	0.67	0.67	0.60	0.656
26	0.64	0.65	0.62	0.56	0.631
27	0.63	0.46	0.46	0.49	0.478
28	0.59	0.46	0.26	0.46	0.460
29	0.55	0.27	0.19	0.39	0.330
30	0.51	0.19	0.17	0.39	0.287
31	0.50	0.15	0.14	0.37	0.256
32	0.41	0.11	0.14	0.29	0.211
33	0.19	0.08	0.10	0.27	0.147
34	0.15	0.07	0.08	0.18	0.118
35	0.12	0.06	0.06	0.14	0.094
$q_{2.33}$	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
DESV. ST	0.62	0.60	0.63	0.65	0.61
PARAMETROS DE LA FUNCION DE PROBABILIDADES GUMBEL					
$\mu$	0.72	0.73	0.71	0.71	0.72
$\alpha$	0.48	0.46	0.49	0.50	0.48

TABLA 4.15 DETERMINACIÓN DEL GASTO MEDIO ( $q_{2.33}$ ) CUENCA DEL RIO SAN FRANCISCO (AVENIDA ÍNDICE)				
AÑO	ATENCO	LA GRANDE	SAN ANDRES	SAN MARCOS
1963	9.60	43.70	38.40	30.60
1964	8.40	71.00	32.30	21.90
1965	10.70	75.60	54.90	30.10
1966	8.40	88.50	28.40	43.90
1967	7.30	54.60	31.70	21.17
1968	7.90	60.00	32.70	14.93
1969	7.70	55.90	38.00	22.28
1970	5.20	43.50	22.70	18.48
1971	12.00	54.70	22.00	15.61
1972	12.50	49.00	36.80	17.51
1973	27.50	49.40	31.00	35.20
1974	7.90	39.00	29.30	7.17
1975	9.60	72.10	15.40	17.34
1976	6.10	43.30	26.30	25.56
1977	5.00	25.40	19.80	18.42
1978	8.10	39.80	24.80	5.00
1979	5.70	33.90	24.40	11.13
1980	4.30	31.70	15.20	31.80
1981	14.00	43.00	34.80	30.95
1982	9.20	37.30	3.90	6.74
1983	1.50	24.60	12.80	27.84
1984	5.00	44.30	22.30	7.29
1985	9.50	17.40	26.00	22.93
1986	7.30	48.00	21.50	13.71
1987	12.00	35.30	13.90	12.02
1988	4.90	59.80	5.40	14.01
1989	3.90	10.10	9.50	2.50
1990	1.20	17.60	1.70	8.56
1991	3.20	3.10	13.80	10.27
1992	4.60	7.10	2.10	9.11
1993	3.92	2.47	2.81	14.76
1994	13.20	2.60	2.90	56.10
1995	5.40	4.06	3.44	12.60
1996	7.96	39.03	21.90	5.28
1997	0.96	5.57	1.34	3.37
$q_{2.33}$	7.76	38.07	20.69	18.46
DESV. ST	4.80	22.67	13.12	11.93
PARAMETROS DE LA FUNCION DE PROBABILIDADES GUMBEL				
$\mu$	5.60	27.87	14.79	13.09
$\alpha$	3.74	17.68	10.23	9.31

TABLA 4.16 GASTOS PICO, METODO DE LA AVENIDA-INDICE CUENCA DEL RIO SAN FRANCISCO										
CUENCA EN ESTUDIO	AREA DE CUENCA	$(q_{2.33})_R$ AJUSTE POLINOMIAL	GASTO PICO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO, EN $m^3/s$							
			2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS
RÍO SAN FRANCISCO	131.42	19.99	17.99	29.38	36.98	44.18	53.57	60.57	76.76	83.75
GASTOS REGIONALES ( $Q/Q_{2.33})_R$ (GUMBEL MÁX. VEROSIMILITUD)			0.90	1.47	1.85	2.21	2.68	3.03	3.84	4.19

TABLA 4.17 ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS POR CUENCA MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN		
CUENCA	ESTACIÓN	ÁREA EN Km <sup>2</sup>
RÍO SAN FRANCISCO	CHALCO	25.00
	COL. MANUEL A. CAMACHO	36.37
	COATEPEC DE LOS OLIVOS	70.05
	TOTAL	131.42
RÍO SAN RAFAEL	CHALCO	56.14
	AMECAMECA	2.68
	SAN. LUIS AMECA II	15.80
	REPETIDORA T.V.	9.37
	COL. MANUEL A. CAMACHO	95.94
	SAN RAFAEL	113.57
	TOTAL	293.50
CANAL DE LA COMPAÑÍA	CHIMALHUACAN	9.88
	LOS REYES	36.37
	CHALCO	48.68
	TLAHUAC	6.24
	TOTAL	101.17
RÍO DE LA COMPAÑÍA	CHIMALHUACAN	11.58
	LOS REYES LA PAZ	36.73
	COATEPEC DE LOS OLIVOS	72.20
	TLAHUAC	5.11
	CHALCO	117.63
	AMECAMECA	2.68
	SAN. LUIS AMECA II	15.80
	REPETIDORA T.V.	9.37
	COL. MANUEL A. CAMACHO	141.43
	SAN RAFAEL	113.57
	TOTAL	526.09

TABLA 4.18 COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO PARA CADA CUENCA (CHOW-1994, PAG. 155)										
CUENCA	SUPERFICIE O CUBIERTA	ÁREA km <sup>2</sup>	COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO							
			Tr = 2 AÑOS	Tr = 5 AÑOS	Tr = 10 AÑOS	Tr = 20 AÑOS	Tr = 50 AÑOS	Tr = 100 AÑOS	Tr = 500 AÑOS	Tr = 1000 AÑOS
SAN FRANCISCO	ZONA URBANA	7.62	0.73	0.77	0.81	0.84	0.90	0.95	1.00	1.00
	PASTIZAL	19.71	0.33	0.36	0.38	0.41	0.45	0.49	0.58	0.58
	ZONA DE CULTIVO	26.28	0.35	0.38	0.41	0.43	0.48	0.51	0.60	0.60
	BOSQUE	77.80	0.31	0.34	0.36	0.39	0.43	0.47	0.56	0.56
	COEF. CUENCA		<b>0.35</b>	<b>0.38</b>	<b>0.40</b>	<b>0.42</b>	<b>0.47</b>	<b>0.51</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>
SAN RAFAEL	ZONA URBANA	14.97	0.73	0.77	0.81	0.84	0.90	0.95	1.00	1.00
	PASTIZAL	44.03	0.25	0.28	0.30	0.33	0.37	0.41	0.53	0.53
	ZONA DE CULTIVO	58.70	0.31	0.34	0.36	0.39	0.43	0.47	0.57	0.57
	BOSQUE	175.80	0.22	0.25	0.28	0.30	0.35	0.39	0.48	0.48
	COEF. CUENCA		<b>0.27</b>	<b>0.30</b>	<b>0.33</b>	<b>0.35</b>	<b>0.40</b>	<b>0.44</b>	<b>0.53</b>	<b>0.53</b>
CANAL DE LA COMPAÑÍA	ZONA URBANA	71.43	0.73	0.77	0.81	0.84	0.90	0.95	1.00	1.00
	PASTIZAL	29.74	0.25	0.28	0.30	0.33	0.37	0.41	0.53	0.53
	ZONA DE CULTIVO	0.00	0.31	0.34	0.36	0.39	0.43	0.47	0.57	0.57
	BOSQUE	0.00	0.22	0.25	0.28	0.30	0.35	0.39	0.48	0.48
	COEF. CUENCA		<b>0.59</b>	<b>0.63</b>	<b>0.66</b>	<b>0.69</b>	<b>0.74</b>	<b>0.79</b>	<b>0.86</b>	<b>0.86</b>
RIO DE LA COMPAÑÍA	ZONA URBANA	94.02	0.73	0.77	0.81	0.84	0.90	0.95	1.00	1.00
	PASTIZAL	93.48	0.25	0.28	0.30	0.33	0.37	0.41	0.53	0.53
	ZONA DE CULTIVO	84.98	0.31	0.34	0.36	0.39	0.43	0.47	0.57	0.57
	BOSQUE	253.60	0.22	0.25	0.28	0.30	0.35	0.39	0.48	0.48
	COEF. CUENCA		<b>0.33</b>	<b>0.36</b>	<b>0.39</b>	<b>0.42</b>	<b>0.46</b>	<b>0.51</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>

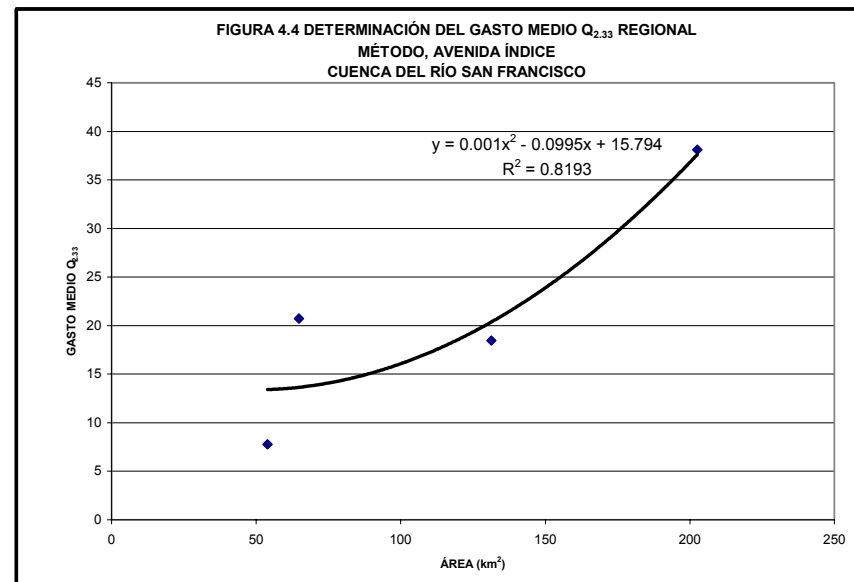
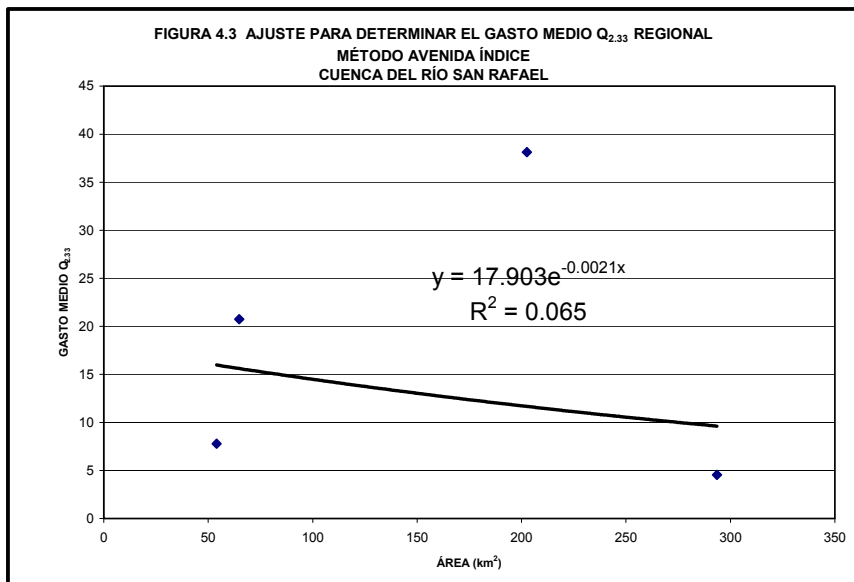
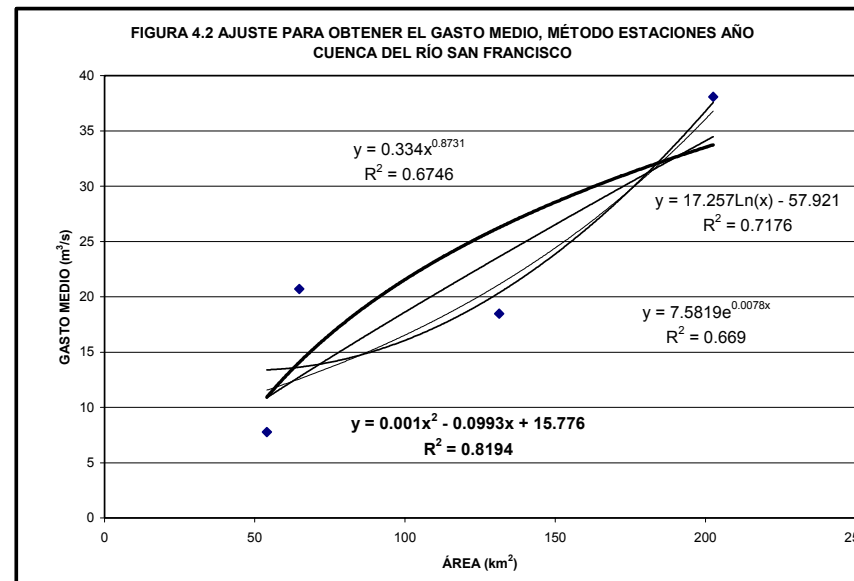
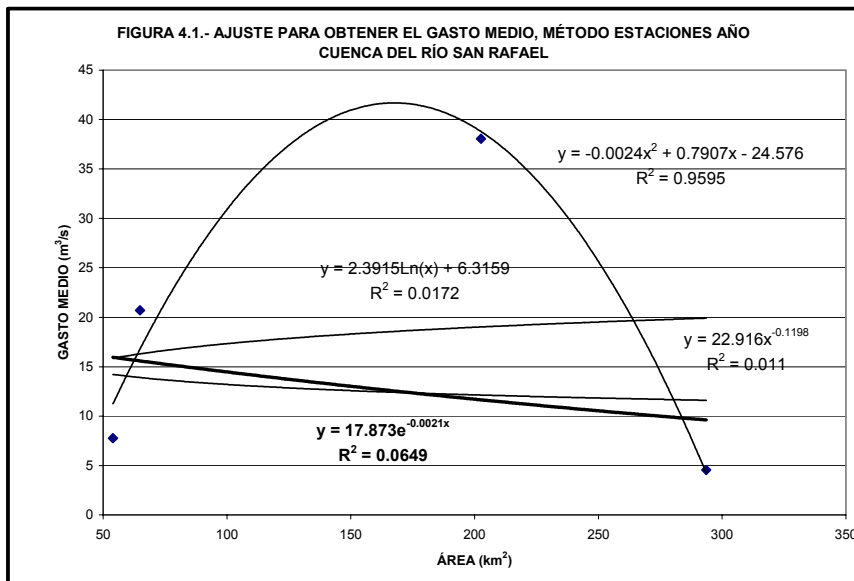
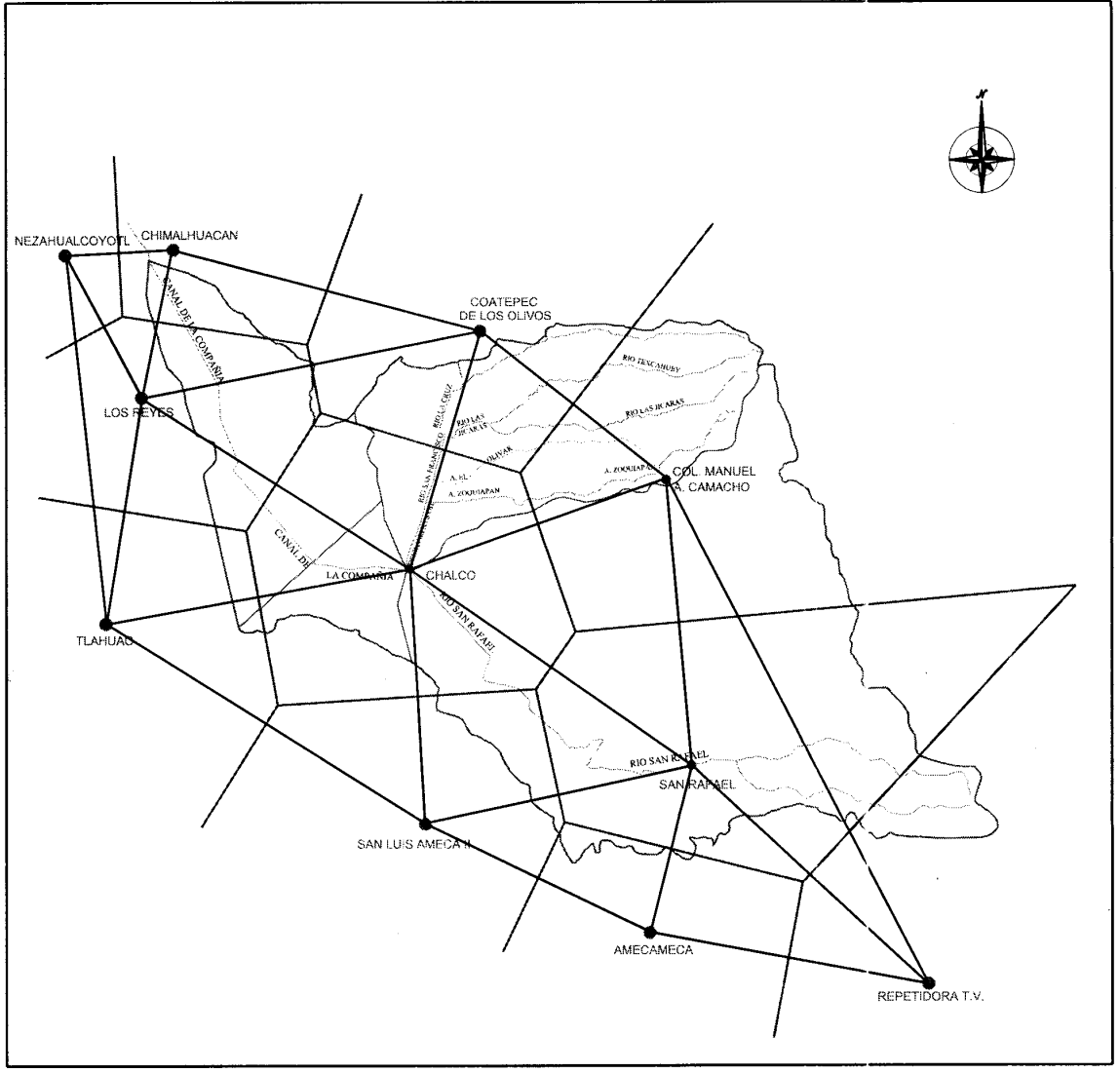


FIGURA 4.5 TRAZO DE LOS POLIGONOS DE THIESEN EN LA CUENCA DEL RIO DE LA COMPAÑIA



INSTITUTO DE INGENIERIA URAN



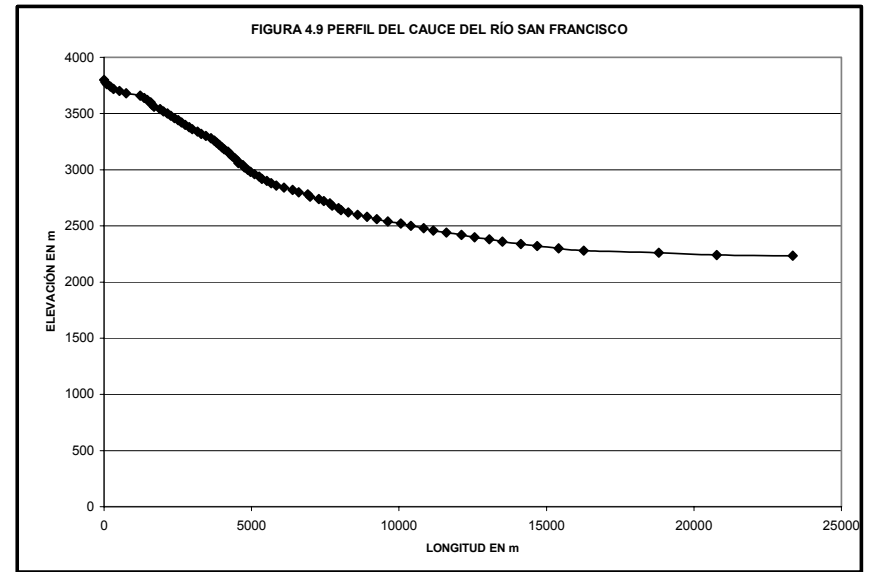
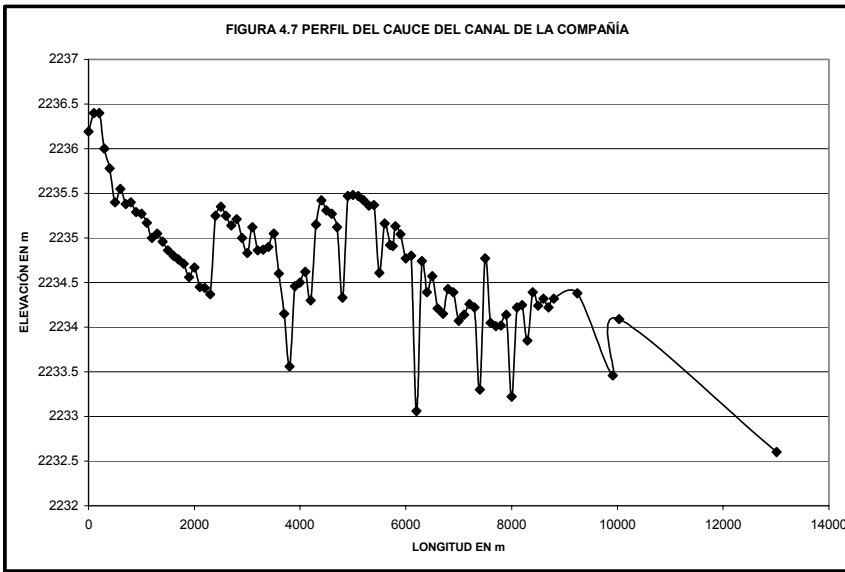
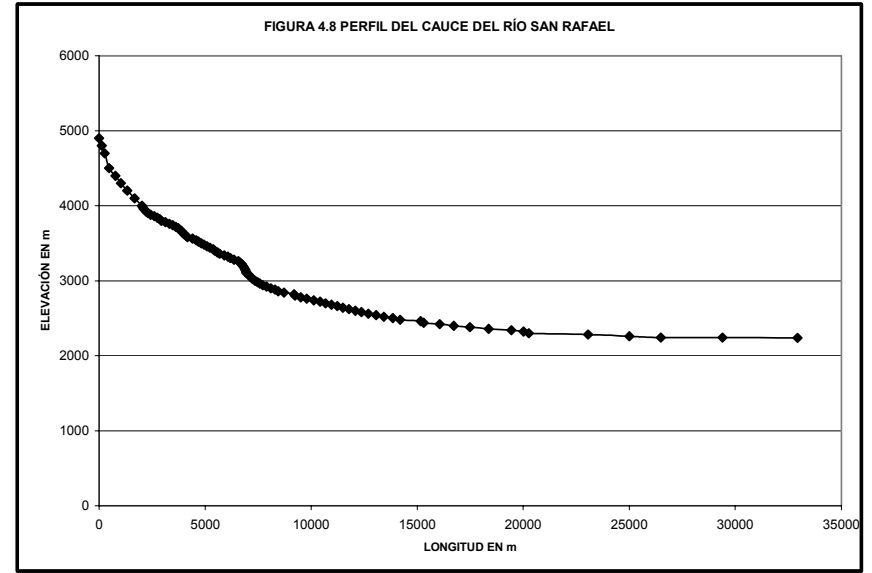
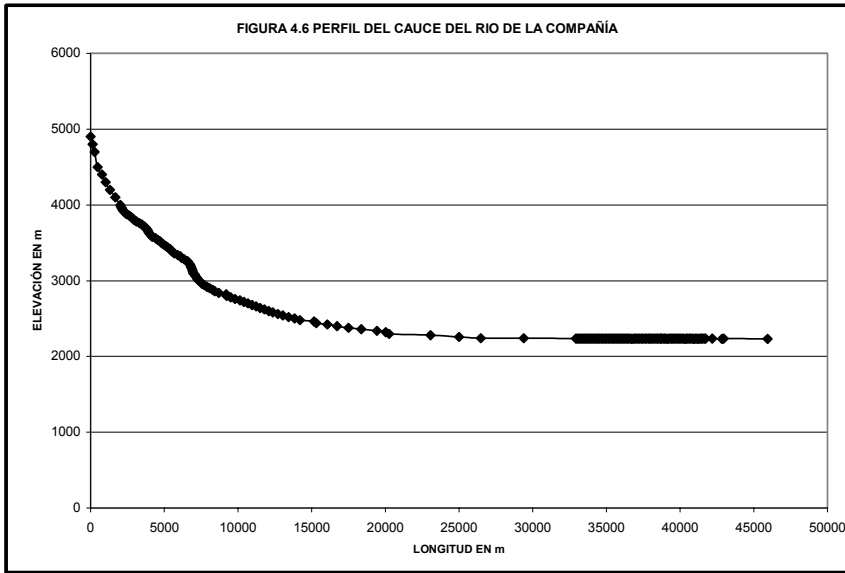


TABLA 4.19 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO								
FORMULA= KIRPICH								
	SAN FRANCISCO	SAN RAFAEL	CANAL DE LA COMPAÑÍA	RÍO DE LA COMPAÑÍA				
	$S_1 = 0.06701$	$S_1 = 0.08093$	$S_1 = 0.00028$	$S_1 = 0.05806$				
	$t_c = 2.1226$	$t_c = 2.5715$	$t_c = 11.2101$	$t_c = 3.7763$				
ALTURA DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	ALTURA $H_p$ (mm)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	30.95	36.27	39.94	44.14	50.03	54.53	65.14	69.80
RÍO SAN RAFAEL	32.46	40.54	46.21	50.11	54.79	58.31	66.91	70.81
CANAL DE LA COMPAÑÍA	34.23	42.72	47.12	51.13	56.19	59.93	68.56	72.27
RÍO DE LA COMPAÑÍA	32.84	40.58	45.92	49.67	54.29	57.84	66.62	70.60
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	INTENSIDAD $i$ (mm/hr)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	14.58	17.09	18.82	20.79	23.57	25.69	30.69	32.89
RÍO SAN RAFAEL	12.62	15.77	17.97	19.49	21.31	22.68	26.02	27.54
CANAL DE LA COMPAÑÍA	3.05	3.81	4.20	4.56	5.01	5.35	6.12	6.45
RÍO DE LA COMPAÑÍA	8.70	10.75	12.16	13.15	14.38	15.32	17.64	18.70
GASTO DE ESCURRIMIENTO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO RACIONAL $Q = 0.278C^*i^*A$								
CUENCA DE:	GASTO (m <sup>3</sup> /s)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	182.62	233.01	272.35	320.41	402.00	474.11	663.92	711.49
RÍO SAN RAFAEL	274.53	381.90	474.63	550.93	685.27	803.79	1121.43	1186.80
CANAL DE LA COMPAÑÍA	50.21	66.61	77.48	88.07	104.16	118.13	147.18	155.14
RÍO DE LA COMPAÑÍA	417.93	566.14	690.69	794.16	970.12	1126.59	1527.60	1618.88

TABLA 4.20 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO								
FORMULA= KIRPICH								
	SAN FRANCISCO	SAN RAFAEL	CANAL DE LA COMPAÑÍA	RÍO DE LA COMPAÑÍA				
	$S_2 = 0.018629$	$S_2 = 0.018849$	$S_2 = 0.008406$	$S_2 = 0.011575$				
	$t_c = 3.4745$	$t_c = 4.5063$	$t_c = 3.0083$	$t_c = 7.0259$				
ALTURA DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	ALTURA $H_p$ (mm)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	34.46	40.39	44.47	49.15	55.71	60.72	72.53	77.72
RÍO SAN RAFAEL	36.68	45.82	52.23	56.63	61.92	65.90	75.62	80.03
CANAL DE LA COMPAÑÍA	25.69	32.06	35.37	38.38	42.17	44.99	51.46	54.24
RÍO DE LA COMPAÑÍA	37.60	46.47	52.58	56.87	62.16	66.23	76.28	80.84
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	INTENSIDAD $i$ (mm/hr)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	9.92	11.62	12.80	14.14	16.03	17.48	20.87	22.37
RÍO SAN RAFAEL	8.14	10.17	11.59	12.57	13.74	14.62	16.78	17.76
CANAL DE LA COMPAÑÍA	8.54	10.66	11.76	12.76	14.02	14.95	17.11	18.03
RÍO DE LA COMPAÑÍA	5.35	6.61	7.48	8.09	8.85	9.43	10.86	11.51
GASTO DE ESCURRIMIENTO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO RACIONAL $Q = 0.278C^*i^*A$								
CUENCA DE:	GASTO (m <sup>3</sup> /s)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	124.23	158.50	185.26	217.95	273.45	322.50	451.62	483.97
RÍO SAN RAFAEL	177.05	246.29	306.10	355.30	441.94	518.38	723.23	765.39
CANAL DE LA COMPAÑÍA	140.43	186.31	216.72	246.33	291.33	330.41	411.66	433.93
RÍO DE LA COMPAÑÍA	257.20	348.41	425.06	488.74	597.03	693.33	940.12	996.29

TABLA 4.21 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO								
FORMULA= KIRPICH								
	SAN FRANCISCO	SAN RAFAEL	CANAL DE LA COMPAÑÍA	RÍO DE LA COMPAÑÍA				
	$S_3 = 0.011794$	$S_3 = 0.008417$	$S_3 = 0.0000837$	$S_3 = 0.001817$				
	$t_c = 4.1461$	$t_c = 6.1463$	$t_c = 17.744$	$t_c = 14.3315$				
ALTURA DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	ALTURA $H_p$ (mm)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	35.81	41.98	46.22	51.08	57.90	63.10	75.38	80.78
RÍO SAN RAFAEL	39.25	49.03	55.89	60.60	66.25	70.52	80.92	85.64
CANAL DE LA COMPAÑÍA	37.83	47.22	52.09	56.52	62.11	66.25	75.78	79.88
RÍO DE LA COMPAÑÍA	43.92	54.29	61.42	66.44	72.61	77.37	89.11	94.44
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	INTENSIDAD $i$ (mm/hr)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	8.64	10.12	11.15	12.32	13.96	15.22	18.18	19.48
RÍO SAN RAFAEL	6.39	7.98	9.09	9.86	10.78	11.47	13.17	13.93
CANAL DE LA COMPAÑÍA	2.13	2.66	2.94	3.19	3.50	3.73	4.27	4.50
RÍO DE LA COMPAÑÍA	3.06	3.79	4.29	4.64	5.07	5.40	6.22	6.59
GASTO DE ESCURRIMIENTO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO RACIONAL $Q = 0.278C^*i^*A$								
CUENCA DE:	GASTO (m <sup>3</sup> /s)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	108.19	138.05	161.35	189.82	238.16	280.88	393.34	421.52
RÍO SAN RAFAEL	138.90	193.22	240.14	278.74	346.71	406.68	567.39	600.47
CANAL DE LA COMPAÑÍA	35.06	46.52	54.11	61.50	72.74	82.49	102.78	108.34
RÍO DE LA COMPAÑÍA	147.30	199.54	243.44	279.91	341.93	397.07	538.41	570.59

TABLA 4.22 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO								
FORMULA= CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE								
	SAN FRANCISCO	SAN RAFAEL	CANAL DE LA COMPAÑÍA	RÍO DE LA COMPAÑÍA				
	$S_1 = 0.06701$	$S_1 = 0.08092$	$S_1 = 0.0002758$	$S_1 = 0.058058$				
	$t_c = 2.1255$	$t_c = 2.5751$	$t_c = 11.2257$	$t_c = 3.7816$				
ALTURA DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	ALTURA $H_p$ (mm)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	30.96	36.29	39.95	44.15	50.04	54.55	65.16	69.82
RÍO SAN RAFAEL	32.47	40.55	46.23	50.12	54.80	58.33	66.93	70.84
CANAL DE LA COMPAÑÍA	34.24	42.73	47.14	51.15	56.20	59.95	68.58	72.29
RÍO DE LA COMPAÑÍA	32.85	40.60	45.93	49.69	54.30	57.86	66.64	70.62
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	INTENSIDAD $i$ (mm/hr)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	14.56	17.07	18.80	20.77	23.54	25.66	30.65	32.85
RÍO SAN RAFAEL	12.61	15.75	17.95	19.46	21.28	22.65	25.99	27.51
CANAL DE LA COMPAÑÍA	3.05	3.81	4.20	4.56	5.01	5.34	6.11	6.44
RÍO DE LA COMPAÑÍA	8.69	10.74	12.15	13.14	14.36	15.30	17.62	18.68
GASTO DE ESCURRIMIENTO PARA $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000								
POR EL MÉTODO RACIONAL $Q = 0.278C^*i^*A$								
CUENCA DE:	GASTO (m <sup>3</sup> /s)							
	$Tr = 2$	$Tr = 5$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 500$	$Tr = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	182.43	232.76	272.06	320.06	401.57	473.60	663.21	710.73
RÍO SAN RAFAEL	274.23	381.48	474.11	550.33	684.52	802.91	1120.21	1185.51
CANAL DE LA COMPAÑÍA	50.15	66.54	77.40	87.97	104.05	118.00	147.02	154.97
RÍO DE LA COMPAÑÍA	417.47	565.52	689.93	793.29	969.06	1125.35	1525.92	1617.10

TABLA 4.23 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO								
FORMULA= CHOW								
	SAN FRANCISCO	SAN RAFAEL	CANAL DE LA COMPAÑÍA	RÍO DE LA COMPAÑÍA				
	$S_1 = 0.06701$	$S_1 = 0.08093$	$S_1 = 0.00028$	$S_1 = 0.05806$				
	$t_c = 3.3995$	$t_c = 3.9873$	$t_c = 13.5563$	$t_c = 5.4876$				
ALTURA DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $T_r = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000 POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	ALTURA $H_p$ (mm)							
	$T_r = 2$	$T_r = 5$	$T_r = 10$	$T_r = 20$	$T_r = 50$	$T_r = 100$	$T_r = 500$	$T_r = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	34.30	40.20	44.26	48.91	55.44	60.43	72.18	77.36
RÍO SAN RAFAEL	35.71	44.61	50.85	55.14	60.29	64.17	73.63	77.92
CANAL DE LA COMPAÑÍA	35.67	44.53	49.12	53.30	58.56	62.47	71.46	75.32
RÍO DE LA COMPAÑÍA	35.63	44.03	49.82	53.89	58.90	62.75	72.28	76.60
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $T_r = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000 POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	INTENSIDAD $i$ (mm/hr)							
	$T_r = 2$	$T_r = 5$	$T_r = 10$	$T_r = 20$	$T_r = 50$	$T_r = 100$	$T_r = 500$	$T_r = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	10.09	11.82	13.02	14.39	16.31	17.78	21.23	22.75
RÍO SAN RAFAEL	8.96	11.19	12.75	13.83	15.12	16.09	18.47	19.54
CANAL DE LA COMPAÑÍA	2.63	3.28	3.62	3.93	4.32	4.61	5.27	5.56
RÍO DE LA COMPAÑÍA	6.49	8.02	9.08	9.82	10.73	11.44	13.17	13.96
GASTO DE ESCURRIMIENTO PARA $T_r = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000 POR EL MÉTODO RACIONAL $Q = 0.278C^{0.7}i^A$								
CUENCA DE:	GASTO (m <sup>3</sup> /s)							
	$T_r = 2$	$T_r = 5$	$T_r = 10$	$T_r = 20$	$T_r = 50$	$T_r = 100$	$T_r = 500$	$T_r = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	126.36	161.23	188.45	221.70	278.16	328.05	459.39	492.30
RÍO SAN RAFAEL	194.83	271.02	336.83	390.98	486.31	570.42	795.84	842.24
CANAL DE LA COMPAÑÍA	43.27	57.41	66.79	75.91	89.78	101.82	126.86	133.72
RÍO DE LA COMPAÑÍA	312.03	422.68	515.66	592.92	724.29	841.11	1140.50	1208.65

TABLA 4.24 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO								
FORMULA= CHOW								
	SAN FRANCISCO	SAN RAFAEL	CANAL DE LA COMPAÑÍA	RÍO DE LA COMPAÑÍA				
	$S_2 = 0.01863$	$S_2 = 0.01885$	$S_2 = 0.00841$	$S_2 = 0.01158$				
	$t_c = 5.1205$	$t_c = 6.3558$	$t_c = 4.5426$	$t_c = 9.1937$				
ALTURA DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $T_r = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000 POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	ALTURA $H_p$ (mm)							
	$T_r = 2$	$T_r = 5$	$T_r = 10$	$T_r = 20$	$T_r = 50$	$T_r = 100$	$T_r = 500$	$T_r = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	34.46	40.39	44.47	49.15	55.71	60.72	72.53	77.72
RÍO SAN RAFAEL	36.68	45.82	52.23	56.63	61.92	65.90	75.62	80.03
CANAL DE LA COMPAÑÍA	25.69	32.06	35.37	38.38	42.17	44.99	51.46	54.24
RÍO DE LA COMPAÑÍA	37.60	46.47	52.58	56.87	62.16	66.23	76.28	80.84
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA $T_r = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000 POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	INTENSIDAD $i$ (mm/hr)							
	$T_r = 2$	$T_r = 5$	$T_r = 10$	$T_r = 20$	$T_r = 50$	$T_r = 100$	$T_r = 500$	$T_r = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	6.73	7.89	8.68	9.60	10.88	11.86	14.16	15.18
RÍO SAN RAFAEL	5.77	7.21	8.22	8.91	9.74	10.37	11.90	12.59
CANAL DE LA COMPAÑÍA	5.66	7.06	7.79	8.45	9.28	9.90	11.33	11.94
RÍO DE LA COMPAÑÍA	4.09	5.05	5.72	6.19	6.76	7.20	8.30	8.79
GASTO DE ESCURRIMIENTO PARA $T_r = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ Y 1000 POR EL MÉTODO RACIONAL $Q = 0.278C^{0.7}i^A$								
CUENCA DE:	GASTO (m <sup>3</sup> /s)							
	$T_r = 2$	$T_r = 5$	$T_r = 10$	$T_r = 20$	$T_r = 50$	$T_r = 100$	$T_r = 500$	$T_r = 1000$
RÍO SAN FRANCISCO	84.29	107.55	125.71	147.89	185.55	218.83	306.44	328.40
RÍO SAN RAFAEL	125.53	174.62	217.02	251.91	313.34	367.53	512.77	542.67
CANAL DE LA COMPAÑÍA	93.00	123.38	143.52	163.13	192.93	218.81	272.62	287.37
RÍO DE LA COMPAÑÍA	196.56	266.26	324.84	373.50	456.26	529.85	718.44	761.38

TABLA 4.25 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO								
FORMULA= CHOW								
	SAN FRANCISCO	SAN RAFAEL	CANAL DE LA COMPAÑÍA	RÍO DE LA COMPAÑÍA				
	$S_3 = 0.0117936$	$S_3 = 0.008417$	$S_3 = 0.00008369$	$S_3 = 0.001817$				
	$t_c = 5.9271$	$t_c = 8.2264$	$t_c = 19.8569$	$t_c = 16.6269$				
ALTURA DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 Y 1000 POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	ALTURA Hp (mm)							
	Tr = 2	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 20	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 500	Tr = 1000
RÍO SAN FRANCISCO	38.72	45.38	49.96	55.22	62.59	68.22	81.49	87.33
RÍO SAN RAFAEL	41.83	52.25	59.55	64.57	70.60	75.15	86.23	91.26
CANAL DE LA COMPAÑÍA	38.77	48.39	53.38	57.93	63.65	67.89	77.66	81.86
RÍO DE LA COMPAÑÍA	45.37	56.07	63.44	68.63	75.00	79.92	92.05	97.55
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 Y 1000 POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	INTENSIDAD i (mm/hr)							
	Tr = 2	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 20	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 500	Tr = 1000
RÍO SAN FRANCISCO	6.53	7.66	8.43	9.32	10.56	11.51	13.75	14.73
RÍO SAN RAFAEL	5.08	6.35	7.24	7.85	8.58	9.13	10.48	11.09
CANAL DE LA COMPAÑÍA	1.95	2.44	2.69	2.92	3.21	3.42	3.91	4.12
RÍO DE LA COMPAÑÍA	2.73	3.37	3.82	4.13	4.51	4.81	5.54	5.87
GASTO DE ESCURRIMIENTO PARA Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 Y 1000 POR EL MÉTODO RACIONAL Q = 0.278C*I*A								
CUENCA DE:	GASTO (m3/s)							
	Tr = 2	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 20	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 500	Tr = 1000
RÍO SAN FRANCISCO	81.82	104.39	122.02	143.55	180.10	212.41	297.45	318.76
RÍO SAN RAFAEL	110.59	153.84	191.20	221.93	276.05	323.79	451.75	478.08
CANAL DE LA COMPAÑÍA	32.11	42.60	49.55	56.32	66.61	75.55	94.13	99.22
RÍO DE LA COMPAÑÍA	131.15	177.66	216.74	249.21	304.43	353.53	479.37	508.01

TABLA 4.26 DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO								
FORMULA= CHOW								
	SAN FRANCISCO	SAN RAFAEL	CANAL DE LA COMPAÑÍA	RÍO DE LA COMPAÑÍA				
	$S_3 = 0.0117936$	$S_3 = 0.008417$	$S_3 = 0.00008369$	$S_3 = 0.001817$				
	$t_c = 5.9271$	$t_c = 8.2264$	$t_c = 19.8569$	$t_c = 16.6269$				
ALTURA DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 Y 1000 POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	ALTURA Hp (mm)							
	Tr = 2	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 20	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 500	Tr = 1000
RÍO SAN FRANCISCO	38.72	45.38	49.96	55.22	62.59	68.22	81.49	87.33
RÍO SAN RAFAEL	41.83	52.25	59.55	64.57	70.60	75.15	86.23	91.26
CANAL DE LA COMPAÑÍA	38.77	48.39	53.38	57.93	63.65	67.89	77.66	81.86
RÍO DE LA COMPAÑÍA	45.37	56.07	63.44	68.63	75.00	79.92	92.05	97.55
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 Y 1000 POR EL MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN								
CUENCA DE:	INTENSIDAD i (mm/hr)							
	Tr = 2	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 20	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 500	Tr = 1000
RÍO SAN FRANCISCO	6.53	7.66	8.43	9.32	10.56	11.51	13.75	14.73
RÍO SAN RAFAEL	5.08	6.35	7.24	7.85	8.58	9.13	10.48	11.09
CANAL DE LA COMPAÑÍA	1.95	2.44	2.69	2.92	3.21	3.42	3.91	4.12
RÍO DE LA COMPAÑÍA	2.73	3.37	3.82	4.13	4.51	4.81	5.54	5.87
GASTO DE ESCURRIMIENTO PARA Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 Y 1000 POR EL MÉTODO RACIONAL Q = 0.278C*I*A								
CUENCA DE:	GASTO (m3/s)							
	Tr = 2	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 20	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 500	Tr = 1000
RÍO SAN FRANCISCO	42.64	49.98	55.03	60.82	68.94	75.14	89.76	96.19
RÍO SAN RAFAEL	20.59	25.72	29.32	31.79	34.76	37.00	42.46	44.93
CANAL DE LA COMPAÑÍA	13.63	17.01	18.77	20.36	22.38	23.87	27.30	28.78
RÍO DE LA COMPAÑÍA	39.62	48.97	55.40	59.93	65.50	69.79	80.38	85.19

**TABLA 4.27 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS SAN RAFAEL Y SAN FRANCISCO  
CASO DE COMPLETA INDEPENDENCIA**

(1)	m	(2)	Tr	(3)	P(1- 1/Tr)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		(años)				SAN LUCAS Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s)	SAN MARCOS Q <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /s)	SAN LUCAS P <sub>1</sub> (1/Tr)	SAN MARCOS P <sub>2</sub> (1/Tr)	LOS REYES P <sub>1</sub> * P <sub>2</sub>	LOS REYES P <sub>3</sub> =1-P <sub>1</sub> * P <sub>2</sub>	LOS REYES P <sub>3</sub> *100	SAN LUCAS Ln(Q <sub>1</sub> )	SAN MARCOS Ln(Q <sub>2</sub> )
1		38.00		0.9737		14.44	56.10	0.0263	0.0263	0.0007	0.9993	99.9307	2.6700	4.0271
2		19.00		0.9474		12.50	43.90	0.0526	0.0526	0.0028	0.9972	99.7230	2.5257	3.7819
3		12.67		0.9211		11.86	35.20	0.0789	0.0789	0.0062	0.9938	99.3767	2.4732	3.5610
4		9.50		0.8947		7.00	31.80	0.1053	0.1053	0.0111	0.9889	98.8920	1.9459	3.4595
5		7.60		0.8684		5.93	30.95	0.1316	0.1316	0.0173	0.9827	98.2687	1.7800	3.4324
6		6.33		0.8421		5.45	30.60	0.1579	0.1579	0.0249	0.9751	97.5069	1.6956	3.4210
7		5.43		0.8158		5.28	30.10	0.1842	0.1842	0.0339	0.9661	96.6066	1.6639	3.4045
8		4.75		0.7895		4.71	27.84	0.2105	0.2105	0.0443	0.9557	95.5679	1.5497	3.3265
9		4.22		0.7632		4.50	25.56	0.2368	0.2368	0.0561	0.9439	94.3906	1.5041	3.2410
10		3.80		0.7368		4.35	22.93	0.2632	0.2632	0.0693	0.9307	93.0748	1.4702	3.1324
11		3.45		0.7105		4.05	22.28	0.2895	0.2895	0.0838	0.9162	91.6205	1.3987	3.1037
12		3.17		0.6842		3.99	21.90	0.3158	0.3158	0.0997	0.9003	90.0277	1.3838	3.0865
13		2.92		0.6579		3.96	21.17	0.3421	0.3421	0.1170	0.8830	88.2964	1.3762	3.0526
14		2.71		0.6316		3.94	18.48	0.3684	0.3684	0.1357	0.8643	86.4266	1.3712	2.9167
15		2.53		0.6053		3.60	18.42	0.3947	0.3947	0.1558	0.8442	84.4183	1.2809	2.9134
16		2.38		0.5789		3.58	17.51	0.4211	0.4211	0.1773	0.8227	82.2715	1.2754	2.8628
17		2.24		0.5526		3.53	17.34	0.4474	0.4474	0.2001	0.7999	79.9861	1.2613	2.8530
18		2.11		0.5263		3.53	15.61	0.4737	0.4737	0.2244	0.7756	77.5623	1.2613	2.7479
19		2.00		0.5000		3.52	14.93	0.5000	0.5000	0.2500	0.7500	75.0000	1.2585	2.7034
20		1.90		0.4737		3.48	14.01	0.5263	0.5263	0.2770	0.7230	72.2992	1.2470	2.6398
21		1.81		0.4474		3.42	13.71	0.5526	0.5526	0.3054	0.6946	69.4598	1.2296	2.6181
22		1.73		0.4211		3.30	12.60	0.5789	0.5789	0.3352	0.6648	66.4820	1.1939	2.5337
23		1.65		0.3947		3.02	12.02	0.6053	0.6053	0.3663	0.6337	63.3657	1.1053	2.4866
24		1.58		0.3684		2.99	11.72	0.6316	0.6316	0.3989	0.6011	60.1108	1.0953	2.4613
25		1.52		0.3421		2.88	11.13	0.6579	0.6579	0.4328	0.5672	56.7175	1.0578	2.4096
26		1.46		0.3158		2.84	10.27	0.6842	0.6842	0.4681	0.5319	53.1856	1.0438	2.3292
27		1.41		0.2895		2.72	9.11	0.7105	0.7105	0.5048	0.4952	49.5152	1.0006	2.2094
28		1.36		0.2632		2.50	8.56	0.7368	0.7368	0.5429	0.4571	45.7064	0.9163	2.1471
29		1.31		0.2368		2.43	7.29	0.7632	0.7632	0.5824	0.4176	41.7590	0.8879	1.9865
30		1.27		0.2105		2.36	7.17	0.7895	0.7895	0.6233	0.3767	37.6731	0.8587	1.9699
31		1.23		0.1842		1.91	6.74	0.8158	0.8158	0.6655	0.3345	33.4488	0.6471	1.9081
32		1.19		0.1579		1.88	5.28	0.8421	0.8421	0.7091	0.2909	29.0859	0.6313	1.6639
33		1.15		0.1316		1.61	5.20	0.8684	0.8684	0.7542	0.2458	24.5845	0.4762	1.6487
34		1.12		0.1053		1.45	5.01	0.8947	0.8947	0.8006	0.1994	19.9446	0.3716	1.6114
35		1.09		0.0789		1.34	3.37	0.9211	0.9211	0.8483	0.1517	15.1662	0.2927	1.2149
36		1.06		0.0526		1.24	2.50	0.9474	0.9474	0.8975	0.1025	10.2493	0.2151	0.9163
37		1.03		0.0263		1.04	2.07	0.9737	0.9737	0.9481	0.0519	5.1939	0.0392	0.7275

CÁLCULO DE EVENTOS DE DISEÑO				
Tr	LOS REYES P <sub>3</sub> (1-1/Tr)	SAN LUCAS Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s)	SAN MARCOS Q <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /s)	LOS REYES Q <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s)
2	0.5	4.76	2.58	7.34
5	0.8	15.27	13.84	29.11
10	0.9	19.63	23.19	42.82
20	0.95	22.07	29.54	51.60
50	0.98	23.70	34.00	57.70
100	0.99	24.29	35.61	59.90
500	0.998	24.77	36.95	61.72
1000	0.999	24.84	37.12	61.95
5000	0.9998	24.88	37.26	62.14
10000	0.9999	24.89	37.27	62.16

**TABLA 4.28 DETERMINACIÓN DE TORMENTAS Y AVENIDAS DE DISEÑO, DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM**

CUENCA CANAL DE LA COMPAÑIA				
DATOS BÁSICOS				
Area Total de la Cuenca de Aportación At =	101.17	Km <sup>2</sup>		
Porcentaje de Area de Zona no Urbanizada =	15.00	%		
Porcentaje de Area Urbanizada =	85.00	%		
Area de Zona no Urbanizada Anu =	15.18	Km <sup>2</sup>		
Area Urbanizada Au =	85.99	Km <sup>2</sup>		
Longitud del Cauce Principal L =	20.75	Km		
Pendiente Media del Cauce Principal S =	0.00028			
Indice de Urbanización Iu =	0.80			
Coefficiente de Escurrimiento en Anu (Cnu) =	0.15			
PARAMETROS				
Tiempo de concentración tc =	15.96	16.00		
Duración en exceso de =	16.00	16.00		
Tiempo de retraso tr =	9.60	10.00		
Tiempo de pico tp =	18.00	18.00		
Tiempo base tb =	48.06	48.00		
Coefficiente de escurrimiento Ce =	0.33			
Gasto pico unitario qp =	1.17			
FACTORES DE AJUSTE				
Altura de precipitación base hp =	55.64			
Factor de Ajuste para una Duración de 1 hr =	1.00			
Factor de Ajuste para una Duración de 24 hr =	1.50			
Factor de Ajuste por Duración de la tormenta =	1.48			
Factor de ajuste por área Fa =	0.88			
Factor de ajuste por periodo de retorno (Tr=10) =	1.00			
Altura deprecipitación máxima o de diseño hpmax =	48.37			
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	FACTOR DE AJUSTE Tr	PRECIPITACIÓN DE DISEÑO (mm)	PRECIPITACIÓN EN EXCESO (mm)	GASTO PICO Qp (m <sup>3</sup> /s)
2	0.67	32.41	10.65	12.45
5	0.88	42.56	13.98	16.36
10	1.00	48.37	15.89	18.59
20	1.10	53.20	17.48	20.44
50	1.25	60.46	19.86	23.23
100	1.38	66.74	21.93	25.65
500	1.64	79.32	26.06	30.48
1000	1.76	85.12	27.96	32.71

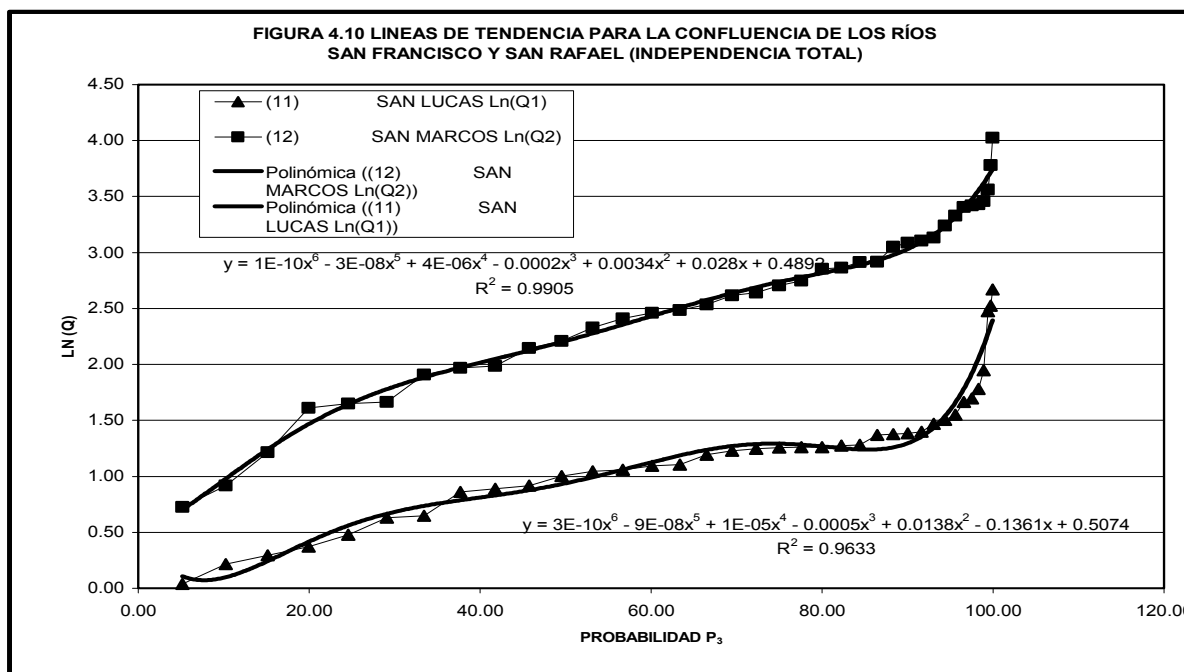
**TABLA 4.29 DETERMINACIÓN DE TORMENTAS Y AVENIDAS DE DISEÑO, DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM**

CUENCA CANAL DE LA COMPAÑIA				
DATOS BÁSICOS				
Area Total de la Cuenca de Aportación At =	101.17	Km <sup>2</sup>		
Porcentaje de Area de Zona no Urbanizada =	15.00	%		
Porcentaje de Area Urbanizada =	85.00	%		
Area de Zona no Urbanizada Anu =	15.18	Km <sup>2</sup>		
Area Urbanizada Au =	85.99	Km <sup>2</sup>		
Longitud del Cauce Principal L =	20.75	Km		
Pendiente Media del Cauce Principal S =	0.000194			
Indice de Urbanización Iu =	0.80			
Coefficiente de Escurrimiento en Anu (Cnu) =	0.15			
PARAMETROS				
Tiempo de concentración tc =	18.39	18.50		
Duración en exceso de =	8.60	9.00		
Tiempo de retraso tr =	11.10	11.50		
Tiempo de pico tp =	16	16.50		
Tiempo base tb =	44.06	44.50		
Coefficiente de escurrimiento Ce =	0.33			
Gasto pico unitario qp =	1.26			
FACTORES DE AJUSTE				
Altura de precipitación base hp =	67.00			
Factor de Ajuste para una Duración de 1 hr =	1.00			
Factor de Ajuste para una Duración de 24 hr =	1.50			
Factor de Ajuste por Duración de la tormenta =	1.49			
Factor de ajuste por área Fa =	0.88			
Factor de ajuste por periodo de retorno (Tr=10) =	1.00			
Altura deprecipitación máxima o de diseño hpmax =	58.57			
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	FACTOR DE AJUSTE Tr	PRECIPITACIÓN DE DISEÑO (mm)	PRECIPITACIÓN EN EXCESO (mm)	GASTO PICO Qp (m <sup>3</sup> /s)
2	0.67	39.24	12.89	16.26
5	0.88	51.54	16.93	21.36
10	1.00	58.57	19.24	24.28
20	1.10	64.42	21.16	26.70
50	1.25	73.21	24.05	30.34
100	1.38	80.82	26.55	33.50
500	1.64	96.05	31.55	39.81
1000	1.76	103.08	33.86	42.73

**TABLA 5.1 GASTOS PICO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CADA REBOMBEO  
PARA LA CUENCA DEL CANAL DE LA COMPAÑÍA HASTA EL BORDO DE XOCHIACA**

GASTO DE DISEÑO DE LOS REBOMBEO				GASTOS PICO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO, EN (m³/s)							
No.	SISTEMA	GASTO (m³/s)	GASTO EN PORCENTAJE	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS
1	SAN LUCAS AMALINALCO	0.70	0.71%	0.09	0.12	0.13	0.15	0.17	0.18	0.22	0.23
2	SAN MARCOS HUIXTOCO	0.30	0.31%	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
3	IXTAPALUCA	7.50	7.65%	0.95	1.25	1.42	1.56	1.78	1.96	2.33	2.50
4	ALFEDRO DEL MAZO	3.20	3.26%	0.41	0.53	0.61	0.67	0.76	0.84	0.99	1.07
5	AYOTLA ORIENTE	10.50	10.71%	1.33	1.75	1.99	2.19	2.49	2.75	3.26	3.50
6	AYOTLA PONIENTE	7.50	7.65%	0.95	1.25	1.42	1.56	1.78	1.96	2.33	2.50
7	DARIO MARTINEZ	2.60	2.65%	0.33	0.43	0.49	0.54	0.62	0.68	0.81	0.87
8	TLALPIZAHUAC	2.00	2.04%	0.25	0.33	0.38	0.42	0.47	0.52	0.62	0.67
9	SAN JUAN TLALPIZAHUAC	2.00	2.04%	0.25	0.33	0.38	0.42	0.47	0.52	0.62	0.67
10	SOLIDARIDAD	7.50	7.65%	0.95	1.25	1.42	1.56	1.78	1.96	2.33	2.50
11	CANAL GENERAL	5.00	5.10%	0.64	0.83	0.95	1.04	1.18	1.31	1.55	1.67
12	EL PINO	0.40	0.41%	0.05	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13
13	COLECTOR VIAS	9.45	9.64%	1.20	1.58	1.79	1.97	2.24	2.47	2.94	3.15
14	COVITUR CAB. MPAL. LA PAZ	5.00	5.10%	0.64	0.83	0.95	1.04	1.18	1.31	1.55	1.67
15	EL SALADO	9.00	9.18%	1.14	1.50	1.71	1.88	2.13	2.35	2.80	3.00
16	SAN AGUSTIN	6.20	6.32%	0.79	1.03	1.18	1.29	1.47	1.62	1.93	2.07
17	FCO. I MADERO	4.50	4.59%	0.57	0.75	0.85	0.94	1.07	1.18	1.40	1.50
18	ESPERANZA	3.40	3.47%	0.43	0.57	0.64	0.71	0.81	0.89	1.06	1.13
19	LOS REYES	4.10	4.18%	0.52	0.68	0.78	0.85	0.97	1.07	1.27	1.37
20	EJIDOS DE SAN AGUSTIN	1.60	1.63%	0.20	0.27	0.30	0.33	0.38	0.42	0.50	0.53
21	CARMELO PEREZ	5.60	5.71%	0.71	0.93	1.06	1.17	1.33	1.46	1.74	1.87
<b>TOTAL</b>		<b>98.05</b>	<b>100%</b>	<b>12.45</b>	<b>16.36</b>	<b>18.59</b>	<b>20.44</b>	<b>23.23</b>	<b>25.65</b>	<b>30.48</b>	<b>32.71</b>





**TABLA 5.2 HIDROGRAMAS DE DISEÑO  
PARA LOS CAUCES ESTUDIADOS**

CUENCA	Tr (años)	Qp (m <sup>3</sup> /s)	tp (hr)	tb (hr)	VOLUMEN DE AVENIDA (m <sup>3</sup> )
<b>SAN RAFAEL</b> (A = 293.5 km <sup>2</sup> )	2	3.50	6.00	16.50	103950.00
	5	7.19	6.00	16.50	213543.00
	10	10.15	6.00	16.50	301455.00
	20	12.05	6.00	16.50	357885.00
	50	14.23	6.00	16.50	422631.00
	100	15.80	6.00	16.50	469260.00
	500	19.36	6.00	16.50	574992.00
	1000	20.88	6.00	16.50	620136.00
<b>SAN FRANCISCO</b> (A = 131.42 km <sup>2</sup> )	2	16.59	4.50	12.50	373275.00
	5	27.19	4.50	12.50	611775.00
	10	34.21	4.50	12.50	769725.00
	20	40.95	4.50	12.50	921375.00
	50	49.65	4.50	12.50	1117125.00
	100	56.19	4.50	12.50	1264275.00
	500	71.28	4.50	12.50	1603800.00
	1000	77.76	4.50	12.50	1749600.00
<b>CANAL DE LA COMPAÑÍA</b> (A = 101.17 km <sup>2</sup> )	2	16.32	16.50	44.50	1307232.00
	5	21.43	16.50	44.50	1716543.00
	10	24.35	16.50	44.50	1950435.00
	20	26.79	16.50	44.50	2145879.00
	50	30.44	16.50	44.50	2438244.00
	100	33.61	16.50	44.50	2692161.00
	500	39.94	16.50	44.50	3199194.00
	1000	42.86	16.50	44.50	3433086.00