



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

"BALANCE HIDRAULICO EN CUENCAS"

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE

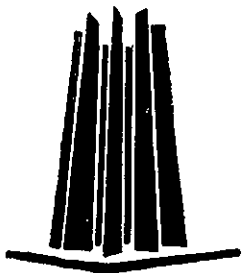
297114

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

P R E S E N T A

CLAUDIA MONICA HINOJOSA ROBLEDO

ASESOR: ING. PATROCINIO ARROYO HERNANDEZ





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE
 MÉXICO

CLAUDIA MÓNICA HINOJOSA ROBLEDO
P R E S E N T E .

En referencia a su atento escrito de fecha 24 de abril del año en curso, por el que solicita autorización para cambio de título de su trabajo de Tesis así como de su asesor, mismo que propone se denomine "BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS", sea dirigido por el profesor, Ing. PATROCINIO ARROYO HERNÁNDEZ, con fundamento en el punto 6 y siguientes del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México, a 24 de abril de 2001

DIRECTOR INTERINO

ARQ. y D.I. CARLOS CHÁVEZ AGUILERA



- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.
- C p Asesor de Tesis.

CCHA AIR vt

DEDICATORIA

A mis padres:

Rodolfo Hinojosa Rodriguez

Juana Robledo Moreno

Cualesquiera que hayan sido mis logros siempre hubo alguien muy especial que me ayudó a conseguirlos, ya que sin la sabiduría y fortaleza de mi padre que en vida pudo darme y el apoyo y cariño de mi madre el camino labrado hubiera sido tal vez distinto, por lo que hago un reconocimiento con este trabajo a las personas que más quiero a mis papas.

También quiero incluir en esta dedicatoria a mis hermanos Rodolfo, Gerardo y Eduardo por apoyarme y estar conmigo siempre.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Rodolfo Hinojosa Rodriguez
Juana Robledo Moreno

Por apoyarme cada día de mi vida, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por encaminarme en mi futuro, por toda su confianza, por su amor, por esto y mucho más gracias.

A mis hermanos:

Eduardo, Gerardo y Rodolfo

Por ser mis amigos de toda la vida y siempre han deseado lo mejor para mi.

A mis amigos

Saúl, Bernardo, Manuel y Fernando

Por su amistad sincera

Al Dr. Antonio Acosta Godinez por su apoyo, experiencia y conocimientos brindados para la realización de este trabajo.

A los Ingenieros de la ENEP ARAGÓN y de la GASIR por haber contribuido de alguna forma en la realización de este trabajo.

Patrocinio Arroyo Hernández
Luis L. Espinoza Nuñez
Guillermo Bautista Bárcenas
Guillermo Pérez Luna
Dr. José Y. Dominguez Esquivel
Efren Ramirez Martinez

ÍNDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
I GENERALIDADES	6
1.1 Introducción	7
1.2 Ciclo Hidrológico	8
1.2.1 Fases del Ciclo Hidrológico	10
1.3 Fisiografía de la cuenca Hidrológica	17
1.3.1 Concepto de cuenca	17
1.3.2 Características fisiográficas de la cuenca y los cauces	18
1.4 Balance Hidráulico	23
1.5 Disponibilidad de agua superficial	27
II MARCO TEÓRICO	31
2.1 Introducción	32
2.2 Fórmula de Coutagne	34
2.3 Fórmula de Turc	36
2.4 Método de Langbein	37
2.5 Método de Smith	38
2.6 Método de Coeficiente de Escurrimiento	39
III METODOLOGÍA DEL BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS	44
3.1 Introducción	45
3.2 Métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural	45
3.2.1 Método directo: Registros hidrométricos	45

3.2.2	Método indirecto: Precipitación-Escurrimiento	46
3.3	Estimación del escurrimiento aguas abajo	47
3.4	Distribución de las demandas aguas arriba	48
3.5	Determinación de los volúmenes disponibles en cada subcuenca	49
3.6	Metodología	50
3.7	Matriz del Balance Hidráulico Superficial (por CNA)	52
IV	APLICACIÓN (CASO REAL)	56
4.1	Introducción	57
4.2	Cuenca del Medio y Bajo Balsas	60
4.2.1	Ubicación, forma y dimensiones	60
4.2.2	División política y Población	62
4.2.3	Vías de comunicación	63
4.2.3.1	Caminos	63
4.2.3.2	Vías Férreas	63
4.2.3.3	Aeropuertos	64
4.2.4	Aspectos Económicos	64
4.2.4.1	Agricultura	64
4.2.4.2	Ganadería	65
4.2.4.3	Avicultura	65
4.2.4.4	Explotaciones Forestales	66
4.2.4.5	Minería	66
4.2.4.6	Industria	66
4.2.5	Orografía y Geología	67
4.2.6	Climatología	67
4.2.6.1	Lluvia	68
4.2.6.2	Temperatura	68
4.2.6.3	Evaporación	69
4.3	Hidrografía de las subcuencas del Medio y Bajo Balsas	69
4.3.1	Cuenca del Río Cutzamala	69
4.3.2	Cuenca del Río Medio Balsas	70
4.3.3	Cuenca del Río Cupatitzio	71
4.3.4	Cuenca del Río Tacámbaro	72
4.3.5	Cuenca del Río Tepalcatepec	73
4.3.6	Cuenca del Río Bajo Balsas	74

	4.3.7	Cuenca cerrada Paracho	75
	4.3.8	Cuenca cerrada Zirahuen	75
4.4		Memoría de Cálculo del Balance Hidráulico del Medio y Bajo Balsas	80
	4.4.1	Datos Hidrométricos de la cuenca del Río Medio y Bajo Balsas	80
	4.4.2	Origen y destino de las subcuencas del Medio y Bajo Balsas	120
	4.4.3	Escurrimientos hacia aguas abajo	120
	4.4.4	Distribución de las demandas aguas arriba	122
	4.4.5	Volúmenes disponibles en cada subcuenca	126
	4.4.5.1	Volúmenes disponibles hacia aguas abajo	126
	4.4.5.2	Volúmenes disponibles por cuenca propia	127
	4.4.6	Cálculo de la disponibilidad relativa	127
	4.4.7	Clasificación del índice de disponibilidad	129
V		CONCLUSIONES	135
		Anexos 1	139
		Anexos 2	146
		Anexos 3	148

ÍNDICE DE TABLAS

1.3.2.1	Características Fisiográficas de la cuenca y los cauces	19
1.3.2.2	Clasificación del tamaño de las cuencas	22
1.5.1	Índice de disponibilidad relativa	29
2.5.1	Cálculo del BCI	38
2.6.1	Parámetro k de la fórmula del Coeficiente de escurrimiento	40
4.1.1	Subregiones	57
4.2.2.1	Estados que abarca la cuenca del Medio y Bajo Balsas	62
4.2.6.1	Tipos de climas	68
4.4.1.1	Usos Consuntivos de la subcuenca del Cutzamala	81
4.4.1.2	Escurrecimientos de la estación hidrométrica El Gallo	82
4.4.1.3	Evaporaciones de la subcuenca del Cutzamala	83
4.4.1.4	Cálculo del Cp. de la subcuenca del Cutzamala	84
4.4.1.5	Usos Consuntivos de la subcuenca del Medio Balsas	86
4.4.1.6	Escurrecimientos de la estación hidrométrica San Juan Tetelcingo	87
4.4.1.7	Evaporaciones de la subcuenca del Medio Balsas	88
4.4.1.8	Cálculo del Cp. De la subcuenca del Medio Balsas	89
4.4.1.9	Usos Consuntivos de la subcuenca Cupatitzio	91
4.4.1.10	Escurrecimientos de la estación hidrométrica La Pastoria	92
4.4.1.11	Correlación de los escurrimientos de las estaciones La Pastoria y la Caimanera	93
4.4.1.12	Gráfica de correlación entre la Pastoria y La Caimanera	94
4.4.1.13	Cálculo del Cp. De la subcuenca del Cupatitzio	95
4.4.1.14	Usos Consuntivos de la subcuenca Tacámbaro	97
4.4.1.15	Escurrecimientos en la estación hidrométrica Los Pinzanes	98
4.4.1.16	Correlación de los escurrimientos de las estaciones La Caimanera y Los Pinzanes	99
4.4.1.17	Cálculo del Cp. De la subcuenca Tacámbaro	100
4.4.1.18	Usos consuntivos de la subcuenca Tepalcatepec	101
4.4.1.19	Escurrecimientos de la estación hidrométrica Los Panches	102
4.4.1.20	Evaporaciones de la subcuenca Tepalcatepec	103
4.4.1.21	Cálculo del Cp. De la subcuenca Tepalcatepec	104

4.4.1.22	Usos Consuntivos de la subcuenca del Bajo Balsas	107
4.4.1.23	Salidas de la presa Infiernillo	108
4.4.1.24	Evaporaciones de la subcuenca del Bajo Balsas	109
4.4.1.25	Cálculo del Cp. De la subcuenca del Bajo Balsas	110
4.4.1.26	Precipitaciones de la cuenca cerrada Paracho	112
4.4.1.27	Precipitaciones de la cuenca cerrada Zirahuen	
4.4.1.28	Cálculo de la Hp media anual de las cuencas cerradas Paracho y Zirahuen	113 114
4.4.1.29	Cálculo del Cp. De la cuenca cerrada Paracho	115
4.4.1.30	Cálculo del Cp. De la cuenca cerrada Zirahuen	116
4.4.1.31	Usos Consuntivos de la cuenca cerrada Paracho	117
4.4.1.32	Usos Consuntivos de la cuenca cerrada Zirahuen	118
4.4.1.33	Evaporaciones de la cuenca cerrada Zirahuen	119
4.4.2.1	Origen y destino de las subcuencas del Medio y Bajo Balsas	120
4.5	Matriz del Balance Hidráulico en la cuenca del Medio y Bajo Balsas	130

ÍNDICE DE DIBUJOS

	PÁGINA
1.2.1 Fases del ciclo Hidrológico	8
4.2.1.1 Regiones hidrológicas en la República Mexicana	58
4.2.1.1 Ubicación de la región del Medio y Bajo Balsas	61
4.3.1 Aprovechamientos Hidrográficos	77
4.3.2 División en subcuencas	78
4.3.7.1 Polígonos de Thiessen de las cuencas cerradas Paracho y Zirahuen	79

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.

La utilización de los recursos hidráulicos por el hombre esta ligada a su existencia misma, ya que el agua es indispensable para la vida.

La historia registra que aún las civilizaciones más antiguas buscaron sus asentamientos cerca de una corriente de agua, un manantial o un lago de agua dulce y conforme fue creciendo su población y tecnología ocuparon áreas cada vez más alejadas de estos abastecimientos llevándola por medio de canales o acueductos o bien perforando pozos en los mismos asentamientos y que se desarrollaron gracias a la disponibilidad del agua.

En la actualidad el crecimiento desmedido de la población, el manejo irresponsable del agua, la alteración del equilibrio hidrológico y las condiciones climatológicas han causado graves daños al ambiente manifestándose de diversas formas y en nuestro caso en una consecuente reducción gradual o incremento excesivo de la disponibilidad del agua que hay en los ríos y lagos de donde el hombre deriva artificialmente el vital líquido para satisfacer sus necesidades personales (uso doméstico), para la producción de alimentos (uso agropecuario) y para el desarrollo de procesos económicos (uso industrial).

Donde el agua no es desviada de sus fuentes de manera artificial, los escurrimientos superficiales y subterráneos que descargan hacia el mar o hacia la parte baja de una cuenca interna, constituyen el escurrimiento conocido como natural o virgen. Antes de que el hombre alterara el equilibrio ecológico para satisfacer sus necesidades, el escurrimiento virgen sustentaba a ecosistemas (por ello, la naturaleza puede ser visualizada como el primer y natural usuario del agua).

Hasta el siglo XIX el aprovechamiento creciente del agua por el hombre con la consecuente reducción gradual de los escurrimientos naturales, en general, no causó daños graves al ambiente. Sin embargo, en el transcurso del siglo XX la derivación del agua para diversos usos creció de modo acelerado, especialmente durante su segunda mitad al grado de que ahora existen

porciones importantes de la superficie continental del planeta, en las cuales el ambiente ha sufrido daños graves; en caso extremo, irreparables.

Los recursos hídricos aprovechables por el hombre tienen su origen en el ciclo hidrológico y específicamente en la precipitación pluvial, que al ocurrir sobre "tierra firme", se divide en dos fracciones:

- Cerca del 70% del volumen de agua precipitado retorna a la atmósfera por evaporación.
- La fracción complementaria escurre superficialmente por las redes de drenaje natural arroyos y ríos hasta desembocar al mar o a cuerpos interiores de agua, o se infiltra y circula a través de acuíferos, que a su vez descargan a cuerpos y cursos superficiales, a través de manantiales o subterráneamente al mar.

Además, debemos tener en cuenta que el agua constituye más de tres cuartas partes de la superficie terrestre, su volumen se distribuye en 97% en el mar; del restante 3%, el agua freática representa el 22% y el 77% es hielo, esto deja apenas el 1% del total de agua dulce en el ciclo hidrológico, del que aproximadamente la mitad se encuentra en ríos, lagos y marismas¹.

Por lo que es de suma importancia tomar conciencia de que sólo una fracción de los escurrimientos naturales, superficiales y subterráneos debe ser aprovechada por el hombre, ya que además de los requerimientos del ambiente existen limitaciones de índole técnica² que reducen aún más la proporción de los escurrimientos naturales aprovechables.

Por lo que respecta a los escurrimientos naturales de una cuenca, cuya infraestructura de regulación ha sido plenamente desarrollada, en la mayoría de los casos no supera el 70%, a la que hay que reducir los requerimientos del ambiente para determinar la cantidad de agua que puede destinarse a los diversos usos humanos.

¹ Terreno bajo anegadizo, que se halla a orillas del mar o de los ríos.

² Como las presas para generación de energía eléctrica.

Por otra parte, en nuestro país con base en los estudios que ha realizado la Comisión Nacional del Agua, se ha detectado que en diversas regiones, entidades federativas y localidades del país, los volúmenes de agua concesionados superan el escurrimiento y la recarga de los acuíferos, situación que genera escasez del recurso, conflictos entre los usuarios y diversos efectos perjudiciales.

En estos días es de suma importancia la evaluación de los recursos hídricos mediante un balance hidráulico de las diferentes cuencas hidrográficas en que se divide el país o de alguna cuenca específica junto con un estudio completo y detallado cuyos resultados permitan un aprovechamiento, distribución y administración del agua y de esta forma ubicar las corrientes que producen inundaciones, las zonas favorables para la explotación del recurso, así como estimar el potencial hídrico para evitar una sobreexplotación en una determinada región.

Con base en lo anterior y a lo importante del tema se me hizo interesante el desarrollar esta investigación ya que en la escuela por lo limitado de los semestres no se abarca, además de que es relativamente nuevo y conjunta y aplica conocimientos de la materia de Hidrología por lo que espero, que su uso y consulta para las nuevas generaciones les pueda ser de gran utilidad. Es por esto que trato de reunir de una manera básica y clara los parámetros que envuelven al Balance Hidráulico en las cuencas.

El objetivo principal de este trabajo es el de establecer una metodología que permita estimar mediante el **Método de Balance Hidráulico** aplicado a la cuenca de interés la **disponibilidad del agua** en la misma.

Este trabajo esta estructurado de la siguiente manera:

En el **Capítulo I Generalidades**, se describen los conceptos hidrológicos básicos y necesarios utilizados para el Balance Hidráulico en cuencas.

En el Capítulo II, denominado Marco Teórico se describen los distintos métodos indirectos que se pueden utilizar para el cálculo del escurrimiento virgen, si es que no hay información hidrométrica.

En el Capítulo III llamado Metodología del Balance Hidráulico en cuencas se plantea el procedimiento general y las expresiones que debemos emplear en base a la información de la cuál se dispone.

En lo que respecta al Capítulo IV, en él se desarrolla amplia y claramente la memoria de cálculo de la metodología planteada en el Capítulo III y aplicada a un proyecto real en la Cuenca del Medio y Bajo Balsas.

Finalmente en el Capítulo V, presento las Conclusiones, a las que se llegan de acuerdo con los resultados del Balance Hidráulico obtenidos en el capítulo anterior.

*CAPÍTULO I
GENERALIDADES*

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.

1.1. Introducción.

Los recursos hídricos aprovechables por el hombre tienen su origen en el ciclo hidrológico y por lo tanto la evaluación de estos mediante un balance hidráulico de las diferentes cuencas hidrográficas demanda el conocimiento del mismo, junto con los factores básicos y parámetros más importantes que intervienen en él.

La Hidrología es la encargada de la evaluación y desarrollo de los recursos hidráulicos, de ahí la importancia del conocimiento en este campo como un elemento esencial para garantizar el máximo aprovechamiento de la disponibilidad del recurso en la realización de una obra de control³ o uso⁴ de agua en un sitio determinado. Entonces la tarea del hidrólogo es determinar el gasto máximo proveniente del sistema de cuencas o de la *cuenca de drenaje del afluente (río) en cuestión*, evaluando el impacto de los eventos hidrológicos en el sistema hidráulico para seleccionar el valor de las variables importantes que permitan un comportamiento satisfactorio del mismo, ya que si el valor que se adopte para el proyecto es excesivo, aumenta el costo inicial y si es escaso aumenta el costo de reparación. Para tal efecto, es necesario realizar una serie de estudios de carácter social, económicos y técnicos con los cuales se llega a conocer todo tipo de información para la mejor planeación y seguridad del proyecto, la manera más conveniente de recuperar la inversión y a futuro la forma de solucionar problemas de operación y conservación.

La Hidrología esta definida como la ciencia que se encarga del estudio y cuantificación del agua en sus tres estados, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa del agua sobre la tierra. Relativamente

³ Tal como el drenaje, el control de crecientes, la disminución de la contaminación, el control de insectos, el control de sedimentos y el control de salinidad.

⁴ Tal como el suministro de agua doméstica e industrial, la irrigación, la generación hidroeléctrica, la recreación, el mejoramiento de la vida silvestre, el aumento de los caudales bajos para el manejo de la calidad del agua y el manejo integral de la cuenca.

es una ciencia joven que se ha visto favorecida por los rápidos avances en la instrumentación de adquisición de datos y las herramientas de cálculo para el análisis.

Es importante señalar que del análisis de los aforos de la corriente y de la relación entre la precipitación y el escurrimiento, como una expresión integral en una cuenca en particular, definen las características de la disponibilidad del recurso.

1.2 CICLO HIDROLÓGICO.

El ciclo hidrológico es un término descriptivo aplicable a la circulación general del agua en la tierra, que involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente debido fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento), como se muestra en la figura 1.2.1.

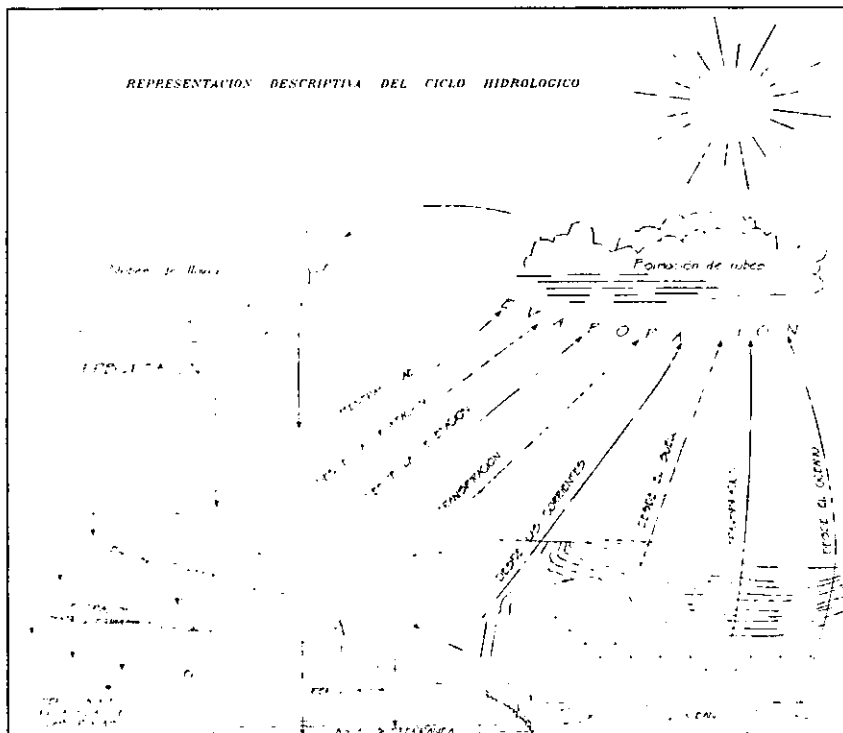


Fig. 1.2.1 Fases del Ciclo Hidrológico

Se puede suponer que el ciclo hidrológico se inicia con la evaporación del agua en los océanos, el vapor de agua resultante del proceso anterior es transportado por las masas de aire en movimiento (viento) hacia los continentes. Bajo condiciones meteorológicas adecuadas el vapor de agua se condensa para formar nubes, las cuales a su vez dan origen a las precipitaciones (lluvias).

No toda la precipitación llega al terreno, ya que una parte se evapora durante su caída y otra es retenida (intercepción) por la vegetación o los edificios, carreteras, etc. y poco tiempo después es retornada a la atmósfera en forma de vapor. El agua que alcanza la superficie terrestre, una parte de ella queda retenida en los huecos o irregularidades del terreno (almacenamiento en depresiones) y en su mayoría vuelve a la atmósfera por evaporación. La otra parte circula sobre la superficie (lluvia en exceso) y se encuentra en pequeños surcos que luego integran arroyos, los cuales posteriormente desembocan en los ríos (escurrimiento superficial) los que conducen las aguas a los lagos, embalses o mares, desde donde se evapora o bien, se infiltra en el terreno.

Existe una tercera parte de la precipitación que penetra bajo la superficie del terreno (infiltración) y va rellenando los poros y fisuras de ese medio poroso. Si el agua infiltrada es abundante, una parte desciende hasta recargar el agua subterránea, en cambio cuando el volumen infiltrado es escaso el agua queda retenida en la zona no saturada (humedad del suelo), de donde vuelve a la atmósfera por evaporación o principalmente, por transpiración de las plantas; como en la práctica no es fácil separar ambos fenómenos, se suelen englobar en el término Evapotranspiración. Bajo la influencia de la gravedad, tanto el escurrimiento superficial como el agua subterránea se mueve hacia las zonas bajas y con el tiempo integran el escurrimiento total de un río para fluir hacia los océanos.

En resumen, el ciclo hidrológico representa el agua circulando a partir del mar, y por evaporación se forman nubes que penetran en los continentes provocando lluvias que al caer a tierra escurren superficialmente dando lugar a los ríos, arroyos y lagos, esta lluvia también se infiltra formando mantos freáticos y mantos profundos, De la superficie libre del agua de los ríos, arroyos y lagos, esta se evapora retornando a la atmósfera y nuevamente formando nubes, con las cuales se inicia este ciclo de acontecimientos que se repite indefinidamente.

1.2.1 Fases del ciclo hidrológico

a. - Evaporación.

La hidrología define a la evaporación como la tasa neta de transporte de vapor hacia la atmósfera. Sin embargo, la realidad es que existe continuamente un intercambio de moléculas de agua hacia y desde la atmósfera.

El cambio de estado líquido a vapor, requiere de un intercambio de calor de 580 calorías por cada gramo de agua evaporada. Esta energía y la gran cantidad de calor necesario para que se mantenga la temperatura en el suelo, debe ser proporcionada por la radiación solar y la conducción de esta radiación por la capa de aire en contacto, o bien por la cesión de calor de las capas de suelo debajo de la superficie.

Es difícil de valorar la evaporación, puesto que depende de factores meteorológicos tales como periodo de tiempo considerado, radiación solar, temperatura del aire, presión de vapor, viento y probablemente también intervenga la presión atmosférica. La latitud también interviene puesto que la radiación solar varía con ella. La radiación también varía con la época del año, con la hora del día y con el porcentaje de nubosidad.

Una superficie libre de agua y una de suelo saturado del mismo tamaño y a la misma temperatura, tienen aproximadamente la misma tasa de evaporación, pero cuando el suelo se va secando la evaporación disminuye y su temperatura aumenta manteniéndose de esta manera el balance de energía.

El vapor de agua puede disiparse de dos maneras:

- 1) por simple difusión en el aire en calma y
- 2) por arrastre del viento

En el primer caso el fenómeno es muy lento y tiene poca importancia, pero se empiezan a ver sus efectos cuando se forman las corrientes termales (corrientes de aire ascendente) que son resultado de la diferencia de densidad de sus distintas capas. El aire húmedo es más ligero que el seco, entonces la capa de aire en contacto con el suelo húmedo se vuelve más ligera y comienza a

ascender provocando un movimiento circulatorio de abajo hacia arriba y haciendo bajar al aire seco de arriba hacia abajo.

Al efecto de estas corrientes verticales, se suma la acción de los vientos que son, además, los verdaderos portadores de la humedad oceánica. Estos vientos se deben principalmente al calentamiento desigual del planeta, a las distintas latitudes y las distintas épocas del año, presentándose diferencias de presión que rompen el equilibrio de la atmósfera y originan corrientes aéreas permanentes o estacionales, cuyo recorrido se debe al movimiento de rotación de la tierra y a la forma de los continentes, así como a la menor capacidad calórica de éstos comparada con la capacidad calórica del mar.

b. - Transpiración

En el proceso de nutrición de las plantas, el agua sustraída del suelo por las raíces, se evapora hacia la atmósfera a través de los estomas y sólo una pequeña porción es retenida dentro de los vegetales, con el objeto de formar y regenerar tejidos y crear sustancias alimenticias en solución.

Esta pequeña porción constituye el 1.0% o menos del total del agua transpirada.

Por las consideraciones anteriores, se estima que el agua transpirada más el agua evaporada desde la superficie del suelo, constituyen la **EVAPOTRANSPIRACIÓN (E..T.)**

El mecanismo de la evapotranspiración es importante, porque a través de él es como una buena parte del agua de precipitación, regresa a la atmósfera.

Cuando se trata de estudiar el balance hídrico en una determinada cuenca; se hace uso de la evapotranspiración como un todo, pues es difícil separar a sus dos componentes y estudiarlos separadamente.

c. - Condensación del vapor.

Cuando una masa de aire se encuentra saturada con vapor de agua y se pone en contacto con una superficie líquida, este contacto origina una disminución de temperatura que provoca la **condensación** y ésta continuará hasta que se

establezca el equilibrio de temperaturas entre la masa de aire y la superficie líquida.

Cuando no existe la superficie líquida, la condensación puede efectuarse sobre los cuerpos sólidos o en el seno de la masa de aire, pero entonces las leyes que rigen la condensación son diferentes. La temperatura sigue siendo el factor principal que hace variar la tensión de saturación y su relación es directamente proporcional pero con valores diferentes en el caso de que la superficie aún siendo de agua, sea curva, (recordemos que la superficie de la tierra, lagos y mares, es curva).

Cuando en la atmósfera existan núcleos de condensación se inicia aun cuando el descenso de temperatura sea pequeño.

d. -Precipitación.

Precipitación es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera. Para que se origine la precipitación es necesario que una parte de la atmósfera se enfría hasta que el aire se sature con el vapor de agua, originándose la condensación del vapor atmosférico. El hecho de que exista la condensación no necesariamente implica la precipitación, sino que deben existir imprescindiblemente los núcleos de congelamiento o condensación (humos, óxido de nitrógeno, yoduro de plata y otras sales). El enfriamiento de la atmósfera se logra por la elevación del aire. De acuerdo con la condición que provoca dicha elevación, la precipitación puede ser por convección, orográfica y ciclónica.

d.1. Precipitación por convección

Es la más común en los trópicos. Se origina por el levantamiento de masas de aire más ligero y cálido al encontrarse a su alrededor con masas de aire densas y frías, o por desigual calentamiento de la superficie terrestre y la masa de aire. Al irse elevando dichas masas de aire, se expanden y se enfrían dinámicamente, originando la condensación y precipitación.

Cuando en tiempo tranquilo el aire, saturado o no, en la vecindad del suelo es calentado por la radiación solar (directamente pero, sobre todo, indirectamente por intermedio del suelo), se dilatan y elevan en el centro numerosas "células de convección" que se forman poco a poco. En el curso de su

ascenso, se enfrían según el gradiente "adiabático seco" (1°C por 100 m) según el caso considerado y alcanza su punto de condensación a una altura llamada nivel de condensación. Hay entonces, a partir de ese nivel, formación de nubes llamadas "cúmulos", y si la corriente de convección vertical inicial es intensa y puede continuar suficiente tiempo, se concibe que el sistema nuboso así formado puede alcanzar una zona donde reina una temperatura bastante baja o un grado de turbulencia bastante fuerte y puede desatar la lluvia. Estas precipitaciones llamadas por "convección", resultan, pues, de un tiempo cálido; pueden estar acompañadas de relámpagos, de truenos y vientos locales; consisten enteramente en lluvia y ocasionalmente granizo.

Estas precipitaciones son características de las regiones ecuatoriales donde, a consecuencia de la debilidad habitual de los vientos, los movimientos del aire son esencialmente verticales; en esas regiones las nubes se forman en el curso de la mañana bajo la acción de la insolación intensa, y dan por la tarde o al anochecer violentos aguaceros acompañados de relámpagos y truenos; más tarde, en la noche, las nubes se disuelven en la atmósfera y, al salir el sol, el cielo está generalmente claro; ese proceso produce la mayor parte de los 2 500 mm de lluvia que caen anualmente, en promedio, en la vecindad del ecuador. Precipitaciones de convección tienen lugar igualmente en la zona templada en los periodos calientes, casi únicamente bajo la forma de tempestades de verano locales y violentas.

d.2. Precipitación orográfica

Cuando los vientos cargados de humedad soplando ordinariamente del océano a tierra encuentran una barrera montañosa o pasan de la zona de influencia de un mar relativamente caliente a la de vastas extensiones de suelo más frío, las masas de aire húmedo tienen tendencia a elevarse y el estado de calma relativa que de ello resulta, produce un enfriamiento que puede alimentar la formación de una cobertura nubosa y desatar precipitaciones.

Estas precipitaciones llamadas "orográficas", se presentan bajo la forma de lluvia o de nieve en las vertientes de la barrera montañosa que están del lado de donde sopla el viento; son muy irregulares en importancia y localización y en ocasiones dependen de las grandes perturbaciones ciclónicas.

Así como la intercepción de un flujo luminoso por un cuerpo opaco da una sombra; la obstrucción producida en el trayecto de las masas de aire húmedo por un macizo montañoso, engendra sobre la vertiente que está del lado opuesto a donde sopla el viento una zona de pluviosidad relativamente débil. El aire que desciende sobre esa vertiente se calienta por comprensión, su humedad relativa disminuye (efecto de "foehn") y puede aun resultar de ello un régimen de vientos secos y calientes que dan nacimiento a zonas semiáridas.

d.3. Precipitación ciclónica

La precipitación ciclónica está asociada al paso de ciclones y está ligada con los planos de contacto (superficies frontales) entre masas de aire de diferentes temperaturas y contenidos de humedad. Esta precipitación puede ser no frontal y puede ocurrir donde exista una depresión barométrica. El levantamiento de aire se origina por convergencia horizontal de la entrada de la masa de aire en un área de baja presión.

La precipitación frontal es originada por el levantamiento del aire caliente sobre el frío. Este levantamiento puede ocurrir cuando el aire caliente se mueve sobre el frío, o cuando el aire frío se mueve sobre el caliente; si ocurre lo primero se dice que se tiene un frente caliente y si ocurre lo segundo, un frente frío. La precipitación producida por un frente caliente se distribuye sobre un área bastante grande y es ligera y continua. La precipitación originada por un frente frío es intensa y de corta duración; generalmente se distribuye cerca de la superficie frontal.

Se denomina estación climatológica a la instalación que permite medir precipitaciones, evaporaciones, temperaturas y viento.

e. ESCURRIMIENTO

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres

clases: escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo.

e.1. Fuentes de los diferentes tipos de escurrimiento.

Una vez que la precipitación alcanza la superficie del suelo, se infiltra hasta que las capas superiores del mismo se saturan, se comienzan a llenar las depresiones del terreno y, al mismo tiempo, el agua comienza a escurrir sobre su superficie. Este escurrimiento, llamado flujo en la superficie del terreno se produce mientras el agua no llegue a cauces bien definidos (es decir, que no desaparecen entre dos tormentas sucesivas). En su trayectoria hacia la corriente más próxima, el agua que fluye sobre el terreno se sigue infiltrando, e incluso se evapora en pequeñas cantidades. Una vez que llega a un cauce bien definido se convierte en escurrimiento en corrientes.

El flujo sobre el terreno, junto con el escurrimiento en corrientes, forma el escurrimiento superficial. Una parte del agua de precipitación que se infiltra escurre cerca de la superficie del suelo y más o menos paralelamente a él. A esta parte del escurrimiento se le llama escurrimiento subsuperficial; la otra parte, que se infiltra hasta niveles inferiores al freático, se denomina escurrimiento subterráneo.

De los tres tipos de escurrimiento, el superficial es el que llega más rápido hasta la salida de la cuenca. Por ello está relacionado directamente con una tormenta particular y entonces se dice que proviene de la precipitación en exceso o efectiva y que constituye el escurrimiento directo. El escurrimiento subterráneo es el que de manera más lenta llega hasta la salida de la cuenca (puede tardar años en llegar), y, en general, difícilmente se le puede relacionar con una tormenta particular, a menos que la cuenca sea demasiado pequeña y su suelo muy permeable. Debido a que se produce bajo el nivel freático, es el único que alimenta a las corrientes cuando no hay lluvias y por eso se dice que forma el escurrimiento base.

El escurrimiento subsuperficial puede ser casi tan rápido como el superficial o casi tan lento como el subterráneo, dependiendo de la permeabilidad de los estratos superiores del suelo; por ello es difícil distinguirlo de los otros dos.

Para analizar el escurrimiento total, puede considerarse compuesto por los escurrimientos directo y base. Este último proviene del agua subterránea, y el directo es el originado por el escurrimiento superficial.

e.2. Descripción del proceso de escurrimiento.

El proceso presentado anteriormente depende de las condiciones existentes y de la cantidad de agua producida por la tormenta. De esta forma, cuando llueve sobre una determinada zona, parte del agua es interceptada por la vegetación existente en la zona, como son arbustos, pastos ó árboles y otra parte se infiltra en el suelo o llena las diferentes depresiones de la superficie. La primera de estas cantidades se denomina lluvia interceptada y, aunque no es muy importante, puede disponer de la mayor parte de una lluvia ligera. La segunda cantidad se llama infiltración; se denomina capacidad de infiltración al máximo volumen de agua que absorbe un suelo en determinadas condiciones. La última cantidad se designa almacenaje por depresión; posteriormente este almacenaje se evapora, es empleado por la vegetación, o se infiltra en el suelo, pero no origina escurrimiento superficial.

Después de que las depresiones del suelo han sido llenadas, si la intensidad de lluvia excede a la capacidad de infiltración del suelo, la diferencia es llamada lluvia en exceso. Esta lluvia en exceso primero se acumula sobre el terreno como detención superficial, y a continuación fluye hacia los cauces. A este movimiento se le denomina flujo por tierra, y el agua que en esta forma llega a los cauces es el escurrimiento superficial.

En general, debajo de la superficie del suelo hay un manto de agua, a cuyo límite superior se le denomina nivel freático; a la que se encuentra por debajo de este nivel se le llama agua subterránea, y a la que se encuentra sobre él, humedad del suelo. A la cantidad de agua que cualquier suelo puede retener indefinidamente contra la acción de la gravedad se le llama capacidad de campo. La diferencia entre la capacidad de campo de un suelo y la humedad que contenga en un cierto instante, se conoce como deficiencia de humedad del suelo. De acuerdo con esto, cuando ocurre una tormenta, el agua que se infiltra primero satisface la deficiencia de humedad del suelo y posteriormente recarga el agua subterránea. Por lo tanto, puede ocurrir que muchas veces no exista recarga aunque haya infiltración.

El nivel freático del agua subterránea normalmente tiene una pendiente muy suave hacia su salida, que puede ser una corriente, un lago o el mar. El movimiento del agua subterránea usualmente es muy lento y depende principalmente del gradiente del nivel freático y de la textura del suelo.

1.3 Fisiografía de la cuenca hidrológica.

1.3.1 Concepto de cuenca.

Se denomina **cuenca de un río**, en un punto dado de su curso, a la zona interior de la superficie terrestre, dentro de la cual las gotas de lluvia que caen sobre ella fluyen (son drenadas por el sistema de corrientes) hacia ese punto del río (punto de salida).

Si el suelo es impermeable, los límites de la cuenca quedan definidos topográficamente por la línea de cresta (divisoria), que la separa de la cuenca adyacente. Es decir, esta limitada por un **parteaguas**, que es una línea imaginaria que encierra a todos los tributarios⁵ la cual corta a la curva de nivel, en los puntos altos, donde ésta es convexa (sentido del escurrimiento) y separa la cuenca de las cuencas vecinas.

Asociada a cada cuenca superficial, en suelos permeables, existe también una cuenca subterránea, cuya forma en planta es semejante a la superficial y puede no coincidir con ésta.

En la práctica, y en especial para grandes cuencas, se admite que la cuenca de aguas subterráneas coincida con la superficial (topográfica). Esta simplificación, cuyo origen se encuentra en la dificultad de la determinación de la divisoria de las aguas subterráneas, puede conducir a grandes errores en cuencas de pequeño tamaño.

La disposición de un **sistema de drenaje natural** esta por regla general, fija en parte por la estructura geológica y fisiográfica de la cuenca en estudio. Tales características gobiernan comúnmente la posición del parteaguas en los orígenes de las cuencas, mientras que los linderos naturales pueden quedar

⁵ Permite la contribución de todas las corrientes superficiales de agua al cauce principal.

limitados bien sea por la estructura geológica o por la erosión; que en las cuencas chicas constituye el factor dominante.

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente tres tipos de cuencas:

- a) Endorreicas.- No tienen salida al mar, por lo que el punto de salida esta dentro de los límites de la cuenca, generalmente desembocan en un lago, laguna o el agua se infiltra.
- b) Exorreicas.- El punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está descarga a otras corrientes o al mar.
- c) Triptorreicas.- El drenaje es subterráneo.

Dentro de los estudios técnicos y dado que se desea determinar el volumen anual de escurrimiento que pasará en el punto de estudio en el curso de un río, los que nos interesan son los Topohidráulicos e Hidrológicos. Los segundos se estudiarán en el capítulo II.

El término topohidráulico designa los trabajos que comprenden tanto los detalles topográficos de la cuenca como las características hidráulicas de la corriente estudiada.

Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento están estrechamente ligados a las características de la cuenca y la precipitación. Los métodos de análisis de la precipitación (véase anexo II). A continuación se incluye un estudio de las características fisiográficas de la cuenca y de los cauces.

1.3.2 Características fisiográficas de la cuenca y de los cauces.

Las características físicas de una cuenca constituyen elementos que tienen una estrecha correspondencia con el régimen hidrológico, de ahí que el conocimientos de estas sea de gran utilidad práctica, pues ayudan a establecer relaciones y comparaciones de ellas con datos hidrológicos conocidos, para determinar indirectamente los valores hidrológicos en secciones o sitios de interés práctico en los que falten datos, o bien, en donde por causas de índole

fisiográfica o económica no sea factible la instalación de estaciones hidrométricas. Se puede decir que estos elementos físicos constituyen la posibilidad más conveniente de conocer la variación en el espacio de los elementos de régimen hidrológico.

Para la determinación de estos parámetros físicos se precisa especialmente de cartas topográficas e hidrológicas; aunque también son de gran utilidad las climatológicas, geológicas o de uso de suelo.

Las cuencas quedan caracterizadas por su morfología (características de forma), por la naturaleza de su suelo y la de la vegetación que lo recubre.

Los cauces quedan caracterizados por el tipo de corriente, sus pendientes, su longitud, su grado de bifurcación, densidad de corrientes y densidad de drenaje.

Las características fisiográficas de la cuenca y de los cauces son:

<i>CUENCA</i>	<i>CAUCE</i>
• <i>Localización geográfica</i>	• <i>Longitud del cauce principal</i>
• <i>Ubicación</i>	• <i>Pendiente del cauce principal</i>
• <i>Orientación</i>	• <i>Red de drenaje</i>
• <i>Tipo de suelo.</i>	• <i>Orden de la corriente</i>
• <i>Uso del suelo.</i>	• <i>Relación de bifurcación</i>
• <i>Perímetro</i>	• <i>Longitud de tributarios</i>
• <i>Area</i>	• <i>Densidad de corriente</i>
• <i>Tamaño</i>	• <i>Densidad de drenaje</i>
• <i>Forma</i>	
• <i>Pendiente media</i>	
• <i>Elevación media</i>	
• <i>Curva hipsométrica</i>	

Tabla 1.3.2.1 Características fisiográficas de la cuenca y los cauces.

A continuación se detallan cada uno de ellos.

a. Características fisiográficas de la cuenca.

La **localización geográfica** de la cuenca en el punto de interés se da por las coordenadas geográficas (latitud y longitud) y por el número de la carga topográfica.

La **ubicación** de la cuenca debe ser con respecto a las regiones hidrológicas de la República Mexicana, según la subdivisión hecha por la antigua S.R.H.

La **orientación** afecta las pérdidas por transpiración y evaporación debido a la influencia que tiene en la cantidad de calor solar que recibe una cuenca. Por ejemplo, en las cuencas ubicadas en las regiones frías, la dirección de la pendiente resultante de la cuenca hacia el Sur o el Norte tiene influencia en el tiempo de deshielo de las nieves acumuladas en dicha cuenca y por lo tanto, en el volumen con que la nieve contribuye al escurrimiento superficial.

En cualquier cuenca las características del escurrimiento superficial se ven influenciadas por el **tipo predominante de suelo**. Influye debido a las diferentes capacidades de infiltración que a su vez son el resultado de las propiedades mecánicas del mismo, como el tamaño de los granos del suelo, el modo en que están agrupados, y de la forma y arreglo de sus partículas. Los suelos con material coloidal, se expanden o contraen con los cambios del **contenidos de agua**, afectando así su capacidad de infiltración. La porosidad afecta la infiltración y la capacidad de almacenamiento de los suelos y varía mucho con los diferentes tipos de éstos. La porosidad no depende del tamaño de las partículas, sino más bien de su arreglo, forma y grado de compactación. Los suelos rocosos no suelen poder absorber cantidades apreciables de agua (salvo que se encuentren muy diaclasados), por lo que producen escurrimientos importantes. Un caso especial es el de los suelos calizos, que pueden admitir enormes cantidades de agua a través de sus conductos originados por la disolución. Por el contrario, los suelos formados por rocas descompuestas y edafizadas pueden admitir cantidades variables de agua, según su proporción de grava, arena, limo y arcilla⁶.

⁶ La máxima velocidad de infiltración se da en las gravas y arenas y la mínima en la arcilla.

De todos los factores que afectan el escurrimiento superficial en una cuenca, el uso del suelo, es uno de los más importantes. Ya que de las características físicas (textura, profundidad, densidad, etc.) y químicas (riqueza en elementos nutritivos, *pH*, bases de cambio, salinidad, etc.) depende el desarrollo de la vegetación, espontánea o cultivada, y de ahí su gran influencia en el balance hídrico, dado que los volúmenes de agua consumidos en la transpiración y en el desarrollo de las plantas (evapo-transpiración), pueden ser muy importantes. Y por otra parte, su influencia en el escurrimiento es grande, ya que la vegetación densa, especialmente la del tipo herbáceo, ofrece una gran resistencia al escurrimiento del agua por la superficie del terreno. Este factor está íntimamente ligado al de la infiltración y capacidad de retención del suelo.

El perímetro de la cuenca es la longitud obtenida siguiendo con un curvimetro y tomando en cuenta la escala en la carta topográfica, el contorno del Parteaguas.

El área de la cuenca de drenaje de una corriente, está definida por la superficie de la proyección horizontal en planta delimitada por el parteaguas y es importante desde varios puntos de vista aún cuando la cuenca de drenaje superficial no coincide con la cuenca de drenaje subterránea, ya que esta última depende de la formación geológica del subsuelo.

Estos puntos de vista son:

- (a) Constituye un valor que sirve de base para calcular otros elementos.
- (b) Generalmente los caudales crecen a medida que aumenta el área.
- (c) El crecimiento del área de una cuenca actúa como un factor de compensación, de manera que es más fácil que se presenten avenidas pronunciadas en cuencas pequeñas que en cuencas grandes. El área se determina con ayuda de un planimetro.

El tamaño de la cuenca afecta la magnitud de las avenidas y de los escurrimientos mínimos y medios en formas muy diversas, por lo tanto, sus efectos deben considerarse debidamente. Las cuencas de capitación de la red de drenaje se subdividen en dos grupos: grandes y chicas según su extensión y sus características más relevantes.

En una cuenca chica, la variación y cantidad de los escurrimientos están muy influenciados por las condiciones físicas del suelo y la cubierta vegetal, (sobre las cuales el hombre interactúa), por lo que, el escurrimiento superficial es más dominante que el efecto de almacenamiento y éste tendrá mayor sensibilidad a lluvias de alta intensidad y corta duración. En las cuencas grandes el efecto de almacenamiento es pronunciado que esa sensibilidad de las cuencas chicas disminuye.

La clasificación que del tamaño de las cuencas hace Ven Te Chow es la siguiente:

<i>TAMAÑO</i>	<i>AREA EN KM²</i>
Cuenca muy pequeña	Menor que 25
Cuenca pequeña	25 a 250
Cuenca intermedia - pequeña	250 a 500
Cuenca intermedia - grande	500 a 2500
Cuenca grande	2500 a 5000
Cuenca muy grande	Mayor a 5000

Tabla 1.3.2.2 Clasificación del tamaño de las cuencas

1.4 BALANCE HIDRÁULICO.

La estimación de los recursos hídricos en la cuenca o en una región hidrológica (sistema de cuencas) mediante un estudio de los volúmenes de escurrimiento de la corriente principal, desde su origen y analizando cada uno de sus tributarios, nos permite establecer un balance hidráulico para determinar la cantidad de agua con que contamos y de esta manera controlarla, administrarla y distribuirla de forma eficaz en las necesidades humanas y del entorno para guardar el equilibrio natural.

Esto cada vez es de suma importancia, ya que día a día se requiere mayor consumo del líquido⁷ y las condiciones climatológicas extremas⁸ no permiten aprovecharla al máximo y hacer un mejor uso de ella.

Entonces un adecuado balance hidráulico de los recursos hídricos en la cuenca nos permitirá:

- Estimar el potencial hídrico para evitar una sobre explotación del recurso en una determinada región, o bien, extender su disposición y aprovechamiento.
- Conocer zonas favorables para la explotación subterránea o superficial del recurso.
- Ubicar las corrientes de la cuenca que producen inundaciones.
- Determinar las posibles llanuras de inundación y sus lugares de influencia⁹ para tomar las medidas necesarias¹⁰ y en lo posible disminuir las consecuencias y daños que éstas ocasionan.
- Analizar la insuficiencia de obras hidráulicas existentes para tomar las precauciones oportunas en las presas (de almacenamiento), en caso de derramar o dejar pasar el gasto excedente a la capacidad de diseño de la estructura.
- Realizar programas de administración del recurso en época de estiaje.

⁷ Puesto que los volúmenes de agua demandados superan al escurrimiento y la recarga de acuíferos. Situación que genera escasez del recurso.

⁸ Falta de oportunidad del recurso en época de estiaje y la abundancia del mismo en temporada de lluvia.

⁹ En las partes bajas donde van las corrientes, los ríos cambian haciéndose sus cauces más anchos y con poco tirante.

¹⁰ Como programas de prevención y auxilio para la población y la construcción de obras hidráulicas de protección.

El balance hidráulico total en una cuenca o región hidrológica, es la suma algebraica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos considerados de manera integral, de tal forma que el incremento o decremento en volumen en uno de ellos produce el efecto contrario en el otro, exceptuando el componente de evaporación.

Por lo que el balance hidráulico superficial se realiza con la suma algebraica del gasto base en la corriente y las extracciones de agua para uso y aprovechamiento humano y consuntivo de una cuenca.

El balance hidráulico subterráneo se obtiene como la suma algebraica de los componentes de recarga y descarga natural del sistema acuífero y de sus variaciones a través del tiempo.

Aún cuando los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos deben considerarse de manera integral, para el desarrollo de este trabajo se manejarán separados ya que nuestro estudio comprende sólo el balance hidráulico de agua superficial, también se conoce en la literatura técnica como balance hidrológico.

El método del balance hidráulico, es flexible en el sentido de que puede aplicarse en cualquier punto de una corriente y manejarse para diversas magnitudes de terreno dentro de una misma superficie principal. Entonces, la ecuación de balance hidráulico permite relacionar las cantidades de agua que circulan por el ciclo hidrológico y expresan el principio que indica que el agua ni se crea ni se destruye. Para su estimación se recurre a la fórmula de continuidad que consiste en la diferencia de las entradas y salidas que nos dan como resultado un ΔV que representa el cambio de volumen de agua superficial almacenada-

$$\text{Entrada} - \text{Salida} = \text{Cambio de Almacenamiento} \quad (1.4.1)$$

La simplicidad de la ecuación anterior es frecuentemente engañosa ya que en ella intervienen variables hidrológicas como la precipitación (P), evaporación (E), transpiración (T), escurrimiento superficial (R), infiltración (I), escurrimiento

subterráneo (G) y los términos de almacenamiento (S) que en la mayoría de los casos algunos de estos términos no pueden ser cuantificados adecuada y fácilmente. Entonces la ecuación simplificada se puede escribir como:

$$P - R - E - T - G = \Delta S \quad (1.4.2)$$

La ecuación del balance hidrológico es una herramienta útil para obtener estimaciones de la magnitud y distribución en el tiempo de las variables hidrológicas que en ella intervienen.

De una manera más completa la ecuación toma la forma:

$$C_p + A_r + R + I_m - (A_b + U_c + E_v + E_x) = \Delta v \quad (1.4.3)$$

en donde:

- C_p escurrimiento virgen
- A_r escurrimiento aguas arriba
- R retornos
- I_m importaciones
- A_b escurrimiento aguas abajo
- U_c usos consuntivos
- E_v evaporación
- E_x exportaciones.

Entonces las entradas están conformadas por

C_p : escurrimiento por cuenca propia o escurrimiento virgen, escurrimiento total medio anual proveniente de una cuenca sin aprovechamientos. En el caso de existir aprovechamientos, el escurrimiento virgen, en general, será igual al volumen aforado más las extracciones netas. Con un grado aceptable de detalle se puede definir como la suma del escurrimiento aguas abajo, las extracciones para usos consuntivos, las exportaciones y las evaporaciones en los vasos de almacenamiento menos la suma del escurrimiento aguas arriba, las importaciones y los retornos utilizables

A_r : escurrimiento aguas arriba, es el volumen medio anual de agua que a través de un cauce natural proviene de una cuenca hidrológica ubicada aguas arriba de la cuenca o subcuenca en análisis.

R: retornos utilizables, volúmenes promedio que se reincorporan a la red de drenaje fluvial de la cuenca hidrológica como remanentes de los volúmenes aprovechados en los diferentes usos del agua. Es importante aclarar que dichos volúmenes serán tomados en cuenta para los objetivos del balance siempre y cuando sean reintegrados a la red con carga suficiente para poder ser aprovechados en la misma cuenca o en otra aguas abajo. En este último caso, los retornos se deberán incluir en el balance de la cuenca aguas abajo como parte del escurrimiento aguas arriba. En los balances de ambas cuencas se deberán especificar los volúmenes que corresponden a retornos para no duplicarlos al cuantificar el escurrimiento aguas abajo.

Para el caso en que lo permita la información, indicar la aportación de las descargas residuales provenientes de agua superficial y subterránea, los reusos, los retornos agrícolas, etc.

Importaciones, Es el volumen de agua que se recibe en una cuenca hidrológica o unidad hidrogeológica desde otra u otras, hacia las que no drena en forma natural.

Las salidas están conformadas por:

Ab: escurrimiento aguas abajo, es aquel que, a través de un cauce natural, sale de la cuenca hacia otra de cotas inferiores;

Uc: usos consuntivos, los volúmenes que se extraen o derivan de los almacenamientos o directamente de los cauces para satisfacer las demandas de los diversos sectores usuarios que existen en la cuenca tales como el agua potable, agricultura, abrevadero, industria, medio ambiente, cabe aclarar que éste último no tiene un consumo propiamente, pero su volumen no es aprovechable dado que lo requiere para su subsistencia. Su uso consume parte del volumen extraído o derivado presentando normalmente incremento y/o variaciones a lo largo del tiempo. El Uc se determina como la diferencia entre el volumen que se extrae y el que se retorna

Un: usos no consuntivos, son aquellos volúmenes que después de ser aprovechados pasan a formar parte de la red en su totalidad, ya que los procesos en que participa no existe consumo. Como ejemplos se tienen los empleados en la generación de energía eléctrica en hidroeléctricas, acuicultura

y recreación, aún cuando éstos dos últimos no emplean volúmenes considerables. Generalmente no se consideran en el balance ya que se integran a la red después de su uso, sin embargo en el caso especial de la cuenca del Balsas, en la cual las demandas no consuntivas para generación de energía eléctrica, se localizan en las cotas más bajas, es forzoso reservar volúmenes en las cuencas de aguas arriba para que transiten los volúmenes necesarios para la satisfacción de sus demandas, por lo que se consideran en el balance como un uso comprometido que forma parte de las demandas de la cuenca en cuestión.

Ev: es el proceso por el cual las moléculas del agua, en la superficie de un cuerpo de agua natural o artificial o en la tierra húmeda, adquieren la suficiente energía cinética de la radiación solar, y pasan del estado líquido al gaseoso.

Ex: exportaciones, es el volumen de agua superficial o subterránea que se transfiere de una cuenca hidrológica o unidad hidrogeológica a otra u otras, hacia las que no drena en forma natural.

Re: Volumen reservado, escurrimiento que sale de la cuenca y que contribuye a satisfacer las extracciones de las cuencas aguas abajo.

1.5 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL.

El estudio del balance hidráulico permite conocer la disponibilidad de agua superficial¹¹ de la cuenca es decir, el volumen de agua que después del análisis hidrológico e hidráulico nos queda para satisfacer las demandas de los usuarios de la fauna, flora y cultivos de cada lugar por lo que este apartado se trata a continuación:

La disponibilidad media anual de aguas nacionales superficiales en cuencas hidrológicas clasificadas como grandes (área mayor de 3000 km²), deberán subdividirse en función de la problemática regional que enfrente el uso del

¹¹ Como ya se indicó esta disponibilidad esta enormemente influenciada por el clima que determina las variables del ciclo hidrológico y de la cultura y medios de vida de cada región según la cuenca que aprovechan

recurso, de la importancia de sus afluentes, localización de los diferentes usuarios e información hidroclimatológica disponible.

La Disponibilidad media anual de agua superficial en una cuenca hidrológica es el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen anual actual comprometido aguas abajo.

a) El volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo es la suma algebraica de el volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba, se determina con la expresión utilizada para calcular el volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo que corresponde al de la subcuenca ubicada aguas arriba en estudio (véase capítulo III)

b) Volumen anual actual comprometido aguas abajo: cantidad de agua que se debe preservar para satisfacer los derechos de explotación, uso o aprovechamiento de agua asignada o concesionada, y para satisfacer las reservas establecidas conforme a la Programación Hidráulica la cual es un conjunto de programas y estrategias, mediante los cuales se precisan los objetivos nacionales, regionales, estatales y locales de la política en materia; de agua; las prioridades para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales; la conservación de su cantidad y calidad; los instrumentos para la implantación de acciones programadas; los responsables de su ejecución; y el origen y destino de los recursos requeridos).

Una vez obtenida la disponibilidad de agua superficial, se calcula el índice de la disponibilidad relativa, el cual representa el grado de aprovechamiento de las aguas superficiales de una cuenca. Este último se estima con base en el agua que escurre en la cuenca, independientemente de que sea factible su utilización. Se define como el cociente que resulta de dividir la oferta en la cuenca entre el volumen comprometido. Este índice clasificará la cuenca o subcuenca en condiciones de escasez, de equilibrio, de disponibilidad y abundancia

Dependiendo del rango en que se encuentre este valor se ha clasificado a la cuenca de acuerdo a la siguiente distribución:

RANGO	CLAVE	COLOR	DESCRIPCION
$Dr \leq 1.4$	1	ROJO	DEFICIT
$1.4 < Dr \leq 3.0$	2	AMARILLO	EQUILIBRIO
$3.0 < Dr \leq 9.0$	3	VERDE	DISPONIBILIDAD
$9.0 < Dr$	4	AZUL	ABUNDANCIA

Tabla 1.5.1 ÍNDICE DE LA DISPONIBILIDAD RELATIVA.

La justificación de los límites de los rangos anteriores es la siguiente:

Se considera que en la práctica solo es factible de aprovecharse aproximadamente un 70% del agua que escurre en una cuenca, es decir:

$$(U_c + E_v + E_x + R_e) / (C_p + A_r + R + I) \cong 0.7$$

El 30% restante representa las corrientemente llamadas "aguas broncas" que son los volúmenes que no son posibles regular mediante infraestructura. Por tanto, 0.7 representa el límite superior práctico de la posible utilización real de agua que escurre en una cuenca. En términos de la disponibilidad relativa, el criterio anterior expresa de la siguiente manera:

$$(C_p + A_r + R + I) / (U_c + E_v + E_x + R_e) = (0.7)^{-1} \cong 1.4$$

Que es el límite superior del primer rango e indica que el agua disponible está comprometida al máximo real de su disponibilidad y casi siempre en déficit.

La eficiencia total media de cualquier aprovechamiento oscila alrededor del 50% lo que, en términos de aprovechamiento equivaldría a $0.7 \times 0.5 = 0.35$ cuyo recíproco, $(0.35)^{-1}$, es aproximadamente 3.0, que es el límite superior del segundo rango. Esto indica que la cuenca se encuentra en equilibrio respecto a la media de la eficiencia y prácticamente no se podría aceptar más demanda.

Con el valor de 9, límite del tercer rango, se ha visto en los balances realizados que las demandas reales se satisfacen casi al límite con el gasto sostenido promedio de estiaje por lo que más allá de este límite se considera que la disponibilidad es abundante.

La idea de comparar la disponibilidad media de una cuenca contra la demanda de un año en especial, proviene del hecho de que se pretende estimar la disponibilidad de agua superficial mediante una comparación entre la capacidad promedio de aportación de escurrimiento de una cuenca contra las demandas

de hecho y de derecho del año en cuestión. Esto último representa lo más apegado a la realidad respecto a las demandas debido a que en general ellas tienden a incrementarse en el transcurso del desarrollo de las cuencas. La condición de oferta media cobra sentido al considerar que dicho valor es el más probable de ocurrir a través del tiempo.

Entendemos entonces, como:

Deficit: se considera que la cuenca se encuentra dentro de este rango cuando no es posible abastecer todo el volumen de agua que se requiere aún en épocas de lluvia y es peor cuando es periodo de sequía o estiaje.

Equilibrio: el agua con que cuenta la cuenca sólo satisface al volumen requerido pero no se puede aceptar más demanda ya que no se podría abastecer, evitando así una sobreexplotación del recurso.

Disponibilidad: cuando son épocas normales o de lluvia se puede concesionar cierto volumen de agua solicitado, pero no comprometido, ya que se cuenta con un excedente, el cual disminuye en épocas de estiaje.

Abundancia: se dispone de un gran volumen de agua, que supera a la demanda por lo que el potencial hídrico tiene la posibilidad de extender su disposición y aprovechamiento.

ΚΑΠΪΤΟΛΟ 99
ΜΑΡΚΟ ΤΕΟΡΙΚΟ

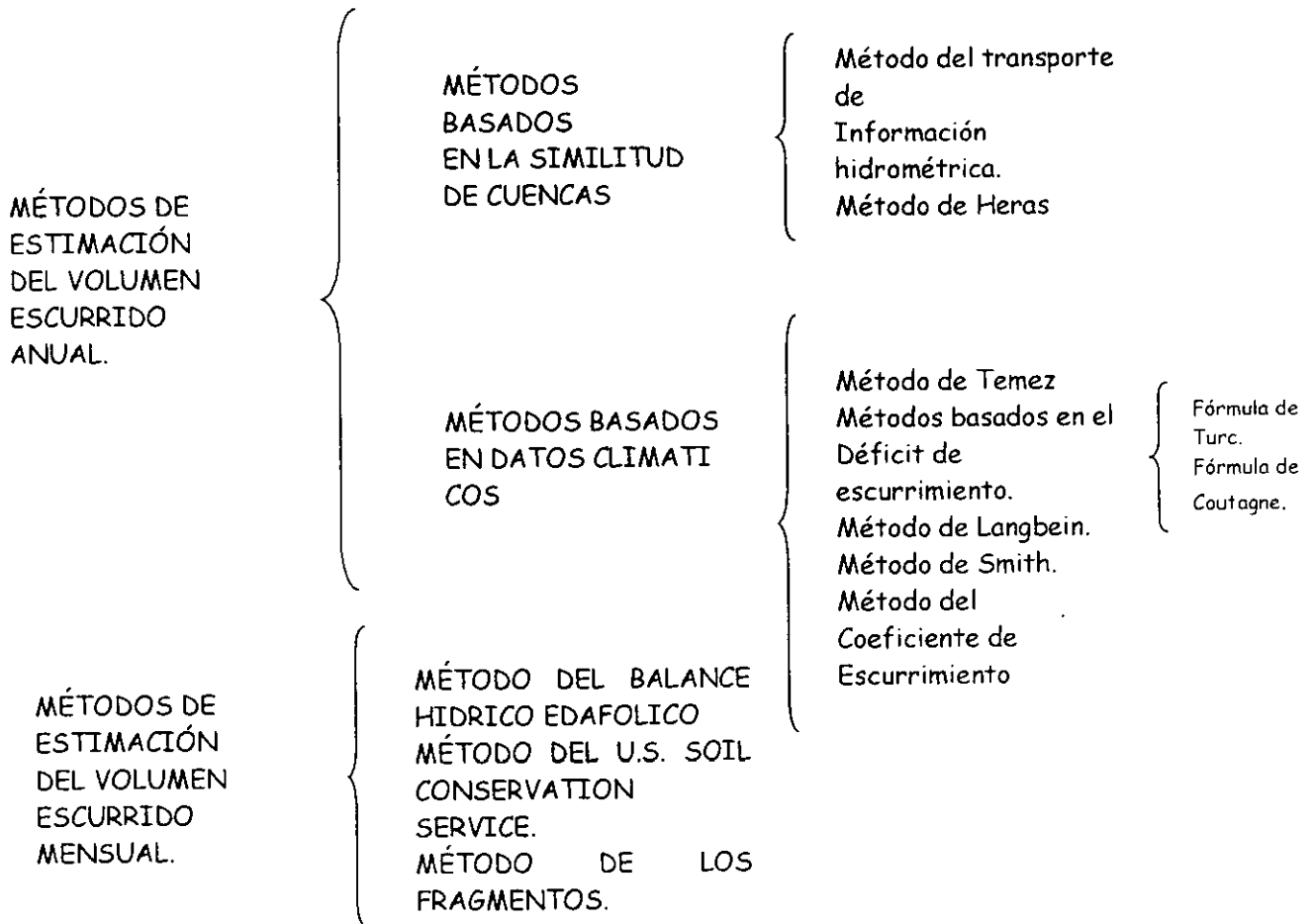
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Los diversos criterios de que se dispone actualmente para estimar los volúmenes escurridos anuales de una corriente, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- 1) métodos que se basan en el transporte de información hidrométrica de una estación de aforos cercana, estos criterios también se conocen como métodos de Similitud de Cuencas o de Analogía Hidrológica.
- 2) métodos que se basan en la información climatológica disponible, principalmente en valores anuales de lluvia y temperatura media.

En la siguiente figura- se presenta la relación de estos métodos atendiendo a la clasificación anterior.



Recientemente, se han desarrollado unos métodos que se basan en la información hidrométrica de la zona y que permiten generar estocásticamente¹² secuencias del escurrimiento anual y mensual, en el punto de interés de la cuenca no aforada.

En relación con la confiabilidad de los métodos que se presentan para estimar escurrimientos anuales en una cuenca sin aforos, es oportuno indicar que éstos se presentan en un probable orden decreciente de confiabilidad, lo anterior de acuerdo a sus bases y consideraciones inherentes; por otra parte, es posible citar algunas directrices respecto a las regiones climáticas donde un determinado criterio tiene mayor confiabilidad y también en relación con sus resultados normalmente observados, éstas son:

- a) La fórmula de Turc se considera que reporta resultados más aproximados en las zonas calidohúmedas, que en las regiones secas, en las que, inclusive conduce a escurrimiento cero, para años en los que sí existió .
- b) Por el contrario, el método de Langbein se considera que es más confiable en zonas secas, que en las regiones calidohúmedas .
- c) Prácticamente siempre se ha observado que la fórmula de Coutagne, reporta valores demasiado altos y por el contrario el método de Smith, debiéndose tomar con cautela sus resultados.
- d) Por otra parte, con el método conocido como del coeficiente de escurrimiento, bastante generalizado en la República Mexicana, se ha encontrado por lo general una fuerte regularidad del escurrimiento anual, pero se considera que conduce a razonables estimaciones del volumen escurrido medio anual.
- e) Se considera que los métodos más confiables son las técnicas de transferencia de información hidrométrica y los resultados del criterio de Heras y de Temez, por las razones que se exponen a continuación.

Aunque los métodos que se presentan son criterios propuestos por sus autores para la estimación del volumen escurrido medio anual su aplicación a nivel anual puede conducir a resultados poco confiables, tal es el caso del método de Becerril y de todos los criterios basados en datos climatológicos, con excepción del método de Temez. Entonces, los métodos de transporte de información hidrométrica el de Heras y el de Temez son en realidad los

¹² Un proceso es estocástico cuando no es posible pronosticar con exactitud su futuro con base en su pasado:/ es la descripción de un evento o proceso que implica variables aleatorias.

métodos más confiables y sus resultados deben de ser tomados con mayor confianza.

El calculo de volumen escurrido en la corriente en un día, un mes o un año puede ser determinado por el hidrograma en un punto de un río, esto permite conocer la fluctuación del gasto, sus fechas o épocas de ocurrencia, así como sus magnitudes extremas.

Como el hidrograma de un río relaciona gastos contra tiempo, el área bajo tal gráfica representa el volumen escurrido, entonces, cuantificando el área bajo un hidrograma en cierto intervalo se obtendrá el volumen escurrido por la corriente en dicho lapso. De acuerdo con lo anterior es prioritario contar con una curva de elevaciones gastos en el punto del río donde se efectuará la evaluación del volumen escurrido, así mismo, es necesario contar con un registro de niveles del agua, que abarque el periodo en el cual se practicaron los aforos.

Por lo general, es conveniente hacer el cálculo de volúmenes escurridos, dividir el año en dos épocas: la de estiaje, caracterizada por escurrimientos poco fluctuantes o constantes y la época de lluvias y avenidas, donde el gasto tiene grandes variaciones y las curvas elevaciones-gastos cambian como consecuencia de las modificaciones del cauce por socavaciones o depósitos sobre todo si el tramo de aforos es poco firme.

Los métodos que desarrollaré en este trabajo son los basados en datos climatológicos dentro de los cuales trataré el de Turc , Coutagne, langbein, Smith y el de Coeficiente de escurrimiento que son los más utilizados en nuestro país.

Cabe señalar que en la aplicación de estos métodos es necesario determinar las lluvias anuales en cada cuenca y la evaporación de la misma a través de técnicas específicas y adecuadas para cada caso.

2.2.FÓRMULA DE M. COUTAGNE. Coutagne propuso dos fórmulas del tipo I, la primera para latitudes comprendidas entre 30° y 60° N, ésta es:

$$ETR = 210 + 30T \quad (\text{para } P = 800\text{mm} \pm 20\%) \quad (2.2.1)$$

en donde:

ETR = Evapotranspiración, en mm

T = Temperatura en °C

P = Precipitación anual, en mm

La segunda fórmula, fue deducida para cuencas tributarias al océano Atlántico, de U.S.A., su expresión es:

$$ETR = 255 + 33T \quad \text{para } P = 1000 \quad \text{mm} \quad (2.2.2)$$

En las dos fórmulas anteriores ETR está en milímetros y T en °C.

Adicionalmente, Coutagne propuso la ecuación del tipo II siguiente:

$$ETR = P - \lambda P^2 \quad \text{con:} \quad \lambda = \frac{1.00}{0.80 + 0.14T} \quad (2.2.3)$$

la fórmula sólo es aplicable para valores de la precipitación media anual (P) comprendidos entre $\frac{1}{8}\lambda$ y $\frac{1}{2}\lambda$, estando ETR y P en metros y T en °C.

Si P es menor que $\frac{1}{8}\lambda$ la ETR es igual a la precipitación, es decir, no existe escurrimiento; si la precipitación p es mayor que $\frac{1}{2}\lambda$ la ETR es prácticamente independiente de P y su valor está dado por la ecuación siguiente:

$$ETR = 0.20 + 0.035T \quad (2.2.4)$$

nuevamente, ETR está dada en metros y T en °C.

$$V' = P - ETR \quad (2.2.5)$$

$$Cp = V' * \text{ÁREA} \quad (2.2.6)$$

donde:

V' = Escurrimiento específico, en mm

P = Precipitación media anual, en mm

ETR = Evapotranspiración, en mm

Cp = Escurrimiento virgen anual, en Mm³

ÁREA = Área de la cuenca. en km²

2.3. FÓRMULAS DE M. TURC. Turc a partir de observaciones realizadas en 254 cuencas distribuidas por todos los climas del mundo, reporta la siguiente expresión:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)}} \quad (2.3.1)$$

siendo:

$$L = 300 + 25T + .0.05T^3 \quad (2.3.2)$$

estando ETR y P en milímetros y T en °C.

La limitación teórica de esta fórmula es que para $p < 0.31L$ daría una ETR mayor que la precipitación, por lo tanto, en tales casos habrá que considerar a $ETR = P$. Por otra parte, los valores numéricos a los que conduce la fórmula de Turc únicamente aproximados, ya que su propio autor indica que la diferencia absoluta (e) entre los déficit medidos y los calculados quedó comprendida en los intervalos siguientes:

$0 < e < 222$ milímetros para las 254 cuencas estudiadas.

$0 < e < 40$ milímetros para el 55% de las cuencas.

Las diferencias (e) serán tanto más grandes cuanto más características excepcionales tenga la cuenca, como son: tamaño reducido, cuencas de montaña, regiones o zonas de fuerte o débil insolación, etc.

$$V' = P - ETR \quad (2.3.3)$$

$$C_p = V' * \text{ÁREA} \quad (2.3.4)$$

donde:

- V' = Esguerrimiento específico, en mm
- P = Precipitación media anual, en mm
- ETR = Evapotranspiración, en mm
- C_p = Esguerrimiento virgen anual, en Mm³
- ÁREA = Área de la cuenca. en km²

2.4. MÉTODO DE LANGBEIN. En 1962 W.B. Langbein propuso un método que está basado en una relación única entre P/Ft y V'/Ft , donde P es la precipitación anual, V' el escurrimiento específico anual y Ft es un factor de temperatura. Cuando P y V' se toman en milímetros y T , la temperatura media del año se expresa en $^{\circ}C$, la expresión de Ft es la siguiente:

$$Ft = 10^{(0.027T+1.886)} \quad (2.4.1)$$

La relación entre P/Ft y V'/Ft está dada en la tabulación siguiente:

(Tabla 2.4.1) Relación entre P/Ft y V'/Ft

P/Ft	V'/Ft
0	0.009
1	0.026
2	0.075
3	0.200
4	0.475
5	1.000
6	1.9
7	2.7
8	3.4
10	5.0
12	7.0
14	9.7

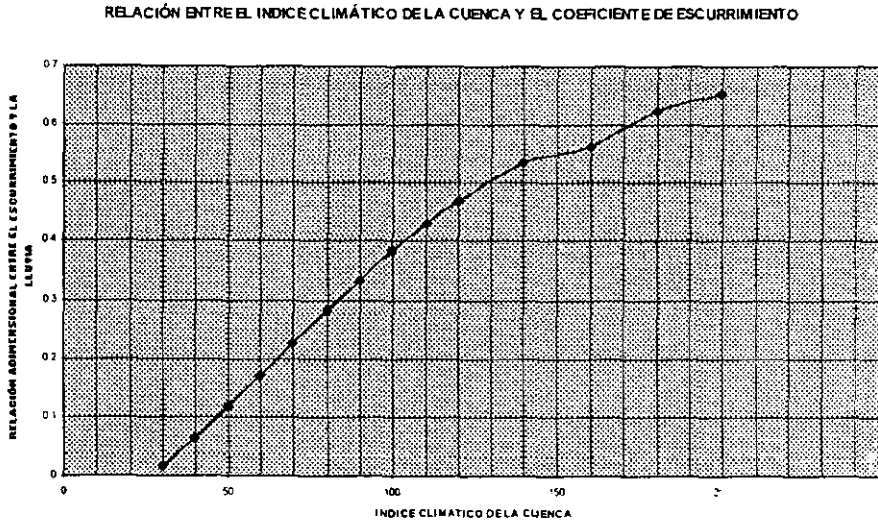
$$V' = P - ETR \quad (2.4.2)$$

$$Cp = V' * \text{ÁREA} \quad (2.4.3)$$

donde:

- V' = Escurrimiento específico, en mm
- P = Precipitación media anual, en mm
- ETR = Evapotranspiración, en mm
- Cp = Escurrimiento virgen anual, en Mm^3
- ÁREA = Área de la cuenca. en km^2

2.5. MÉTODO DE SMITH. R.L. Smith (1970) examinó los datos de aproximadamente 250 cuencas en U.S.A. y Puerto Rico, encontrando una relación empírica entre el coeficiente de escurrimiento y el llamado Índice Climático de la Cuenca (BCI); dicha relación se muestra en la figura siguiente:



(Gráfica 2.5.1) Relación del índice climático y coeficiente de escurrimiento

PUNTOS DE LA GRÁFICA	
BCI	C
30	0.016
40	0.062
50	0.118
60	0.171
70	0.227
80	0.283
90	0.333
100	0.383
110	0.430
120	0.470
140	0.535
160	0.583
180	0.624
200	0.655

(Tabla 2.5.1) Cálculo del BCI

El BCI está definido por la expresión siguiente:

$$BCI = 40.9 \sum_1^{12} \left(\frac{P_i}{18t_i + 220} \right)^{1.11} \quad (2.5.1)$$

En la cual:

- BCI = Índice climático de la cuenca, adimensional
 P_i = Precipitación mensual, en milímetros.
 T_i = Temperatura media del mes, en °C

Por lo que el escurrimiento virgen se obtiene con las siguientes fórmulas:

$$V' = P - ETR \quad (2.5.2)$$

$$C_p = V' * \text{ÁREA} \quad (2.5.3)$$

donde:

- V' = Escurrimiento específico, en mm
 P = Precipitación media anual, en mm
 ETR = Evapotranspiración, en mm
 C_p = Escurrimiento virgen anual, en Mm³
 ÁREA = Área de la cuenca. en km²

2.6.MÉTODO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO. En 1975 la Dirección General de Obras Hidráulicas para el Desarrollo Rural de la S.A.R.H., concentró en su "Instructivo de Pequeños Almacenamientos", sus experiencias relativas a la evaluación del coeficiente de escurrimiento anual, apoyándose en la clasificación de tipos de suelos y coberturas o usos del mismo, del U.S. Soil Conservation Service. Según dichas experiencias el coeficiente de escurrimiento anual © se evalúa con las fórmulas siguientes:

$$1) \text{ cuando } k < 0.15 : C = k \left(\frac{P - 20}{2,000} \right) \quad (2.6.1)$$

$$2) \text{ cuando } k > 0.15 : C = k \left(\frac{P - 250}{2,000} \right) + \left(\frac{k - 0.15}{1.5} \right) \quad (2.6.2)$$

siendo:

- C** = Coeficiente de escurrimiento anual, adimensional.
P = Precipitación anual, en milímetros.
K = Parámetro que depende del tipo y uso o cubierta del suelo, se determina en la tabla siguiente. El valor de k para la cuenca se determina por pesado.

(Tabla 2.6.1) PARÁMETRO k DE LA FÓRMULA DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL, FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO Y CUBIERTA VEGETAL.

CUBIERTA (O USO) DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
BARBECHO, ÁREAS INCULTAS O DESNUDAS	0.26	0.28	0.30
CULTIVOS:			
En hierro	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
PASTIZAL			
% del suelo cubierto y pastoreo			
más del 75%-Poco	0.14	0.20	0.28
del 50% al 75%-Regular	0.20	0.24	0.30
menos del 50%-Excesivo	0.24	0.28	0.30
BOSQUE			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Cascos y zonas con edificaciones	0.26	0.29	0.32
Caminos, incluyendo derecho de vía	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente.	0.18	0.24	0.30

Para determinar el escurrimiento virgen anual se utilizan las siguientes fórmulas:

$$V' = C * P \quad (2.6.3)$$

$$Cp = V' * \text{ÁREA} \quad (2.6.4)$$

donde:

- V' = Esgurrimiento específico, en mm
 P = Precipitación media anual, en mm
 ETR = Evapotranspiración, en mm
 C_p = Esgurrimiento virgen anual, en Mm^3
 $ÁREA$ = Área de la cuenca. en km^2

El coeficiente de esgurrimiento se determina a partir de los siguientes procedimientos:

A) Transferencia de información hidrométrica y climatológica de cuencas vecinas, hidrológicamente homogéneas.

- En la cuenca vecina, se determinan los coeficientes anuales de esgurrimiento (C_e), mediante la relación del volumen de esgurrimiento anual (V_e), entre el volumen de precipitación anual (V_p) correspondiente.

$$C_e = \frac{V_e}{V_p} \quad (2.6.5)$$

- Con los valores del volumen de precipitación anual y el coeficiente de esgurrimiento anual obtenidos en la cuenca vecina, se establece una correlación gráfica o su ecuación matemática.
- Con apoyo de la ecuación matemática o en la gráfica; y al utilizar los valores del volumen de precipitación anual de la cuenca en estudio, se estiman los correspondientes coeficientes anuales de esgurrimiento.

B) En función del tipo, uso de suelo y de la precipitación anual, de la cuenca en estudio.

- Con apoyo en la cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, en tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la tabla 1 y al tomar en cuenta el uso actual del suelo, se obtiene el valor del parámetro k .

- Si en la cuenca en estudio, existen diferentes tipos y usos de suelo, el valor de k se calcula como la resultante de subdividir la cuenca en zonas homogéneas y obtener el promedio pesado de todas ellas
 - Una vez obtenido el valor de k , el coeficiente de escurrimiento anual (C_e), se calcula mediante las fórmulas antes mencionadas:
- C) En aquellos casos en que se cuente con estudios hidrológicos y se conozcan los coeficientes de escurrimiento, éstos se podrán usar para el cálculo del escurrimiento.

Información requerida:

- Procedimiento de cálculo y metodología utilizados para determinar la precipitación media anual en la cuenca.
- Procedimiento de estimación y consideraciones para determinar el coeficiente de escurrimiento
- Relación de las estaciones climatológicas utilizadas para determinar los escurrimientos, indicando sus coordenadas geográficas, así como las entidades federativas a las que pertenecen, poblaciones próximas importantes y cualquier otra información de utilidad que permita hacer más claro el cálculo del volumen medio anual de escurrimiento natural.

En el caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información hidrométrica, ni pluviométrica o ambas sean escasas, el volumen medio anual de escurrimiento natural, se determina indirectamente transfiriendo la información de otras cuencas vecinas de la región, mismas que se consideran homogéneas y que cuentan con suficiente información hidrométrica o pluviométrica.

Además de la información requerida en los puntos es necesaria, la siguiente:

- Descripción del método aplicado, así como la justificación de su empleo en esa cuenca, subcuenca o punto específico.
- Relación de las variables significativas de la cuenca, empleadas en el cálculo del coeficiente de escurrimiento.

- Resultados de las pruebas de homogeneidad hidrológica, climatológica y fisiográfica de las cuencas vecinas y/o registros empleados en la transferencia de información.

**CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA DEL
BALANCE HIDRÁULICO EN
CUENCAS**

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DEL BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS.

3.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de estimación de los recursos hídricos superficiales en una cuenca o región hidrológica (sistemas de cuencas) conectadas natural o artificialmente mediante el Balance Hidráulico consta de tres fases principales:

- 1) Estimación del escurrimiento aguas abajo
- 2) Distribución de las demandas aguas arriba;
- 3) Estimación de la disponibilidad.

3.2 METODOS PARA DETERMINAR EL VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL.

El volumen medio anual de escurrimiento anual de escurrimiento natural, se determina aplicando alguno de los siguientes métodos.

3.2.1 Método Directo: Registros hidrométricos.

Este método se aplica, si en la cuenca en estudio se cuenta con suficiente información hidrométrica para un período mínimo de 20 años en el caso común de tener un sistema de cuencas interconectadas, se debe elaborar el esquema de interconexión de la cuenca hidrológica en estudio con las cuencas vecinas, indicando los nombres de los cauces, dirección del flujo y, en su caso, la ubicación de los embalses naturales y artificiales.

INFORMACIÓN BÁSICA REQUERIDA

- Nombre y área de la cuenca hidrológica o subcuenca en estudio
- Ubicación de la cuenca hidrológica en cartas hidrográficas que se encuentran en los boletines hidrológicos, indicando su localización con respecto a la región o subregión hidrológica y entidad(es) federativa(s) a la(s) que pertenece.
- Nombre de las estaciones hidrométricas y su ubicación sobre el cauce principal.
- Volúmenes de extracción de la cuenca hidrológica en estudio y sus diversos usos.
- Notas aclaratorias necesarias.

3.2.2 Métodos Indirectos: Precipitación-escurrecimiento

En caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información de registros hidrométricos o ésta sea escasa, para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural se aplica el método indirecto denominado: precipitación-escurrecimiento.

El volumen medio anual de escurrimiento natural se determina indirectamente, mediante las expresiones del capítulo II

Precipitación media anual en la cuenca

- A) Si en la cuenca en estudio se cuenta con suficiente información pluviométrica de cuando menos 20 años, la precipitación media anual se determina a partir del análisis de los registros de las estaciones ubicadas dentro y vecinas a la cuenca, mediante el método de Polígonos de Thiessen o Isoyetas (véase anexo2).
- B) Cuando en la cuenca en estudio no se cuenta con información pluviométrica o ésta sea escasa, la precipitación media anual, se podrá obtener con apoyo de los planos de isoyetas normales anuales editados por CNA.

El volumen anual de escurrimiento natural se determina con la siguiente expresión

$$C_p = U_c + E_v + E_x + \Delta v - (A_b + A_r + R + I_m) \quad (3.2.2.1)$$

en donde:

C_p	=	Escurrecimiento por cuenca propia
U_c	=	Usos consuntivos.
E_v	=	Evaporación en vasos
E_x	=	Exportaciones
Δv	=	Cambio de almacenamiento
A_b	=	Escurrecimiento aguas abajo
A_r	=	Escurrecimiento aguas arriba
R	=	Retornos
I_m	=	Importaciones

A continuación se explicarán los parámetros que integran el Balance Hidráulico:

3.3 ESTIMACIÓN DEL ESCURRIMIENTO AGUAS ABAJO

El volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo del sitio de interés, se determina mediante la siguiente expresión:

El principio de continuidad se aplica de la siguiente manera:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \Delta v \quad (3.3.1)$$

En esta ecuación Δv representa el cambio anual de volumen de agua superficial almacenada. Se obtiene restando el volumen almacenado al principio de año en cuestión, del volumen almacenado al final del mismo.

$$\Delta v = V_2 - V_1 \quad (3.3.2)$$

Identificando cada uno de los términos en el diagrama, la ecuación de continuidad se expresa de la siguiente manera:

$$C_p + A_r + R + I_m - (A_b + U_c + E_v + E_x) = \Delta v \quad (3.3.3)$$

Despejando de la ecuación anterior el escurrimiento aguas abajo, A_b , tenemos que:

$$A_b = C_p + A_r + R + I_m - (U_c + E_v + E_x + \Delta v) \quad (3.3.4)$$

- A_b = Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo
- C_p = Volumen medio anual de escurrimiento natural
- A_r = Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba
- R = Volumen anual de retornos
- I_m = Volumen anual de importaciones
- U_c = Usos consuntivos
- E_v = Volumen anual de evaporaciones
- E_x = Volumen anual de exportaciones
- Δv = Volumen anual de cambio de almacenamiento

Que es la expresión para estimar el escurrimiento aguas abajo, el cual, a su vez. Es la base para estimar la disponibilidad en el cauce principal a la salida de la cuenca.

Es importante aclarar que la estimación de la disponibilidad debe tomar en cuenta las condiciones de oferta media del agua, la cual representa por el escurrimiento virgen promedio. El resto de los términos involucrados corresponden a un año en especial.

3.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS DEMANDAS AGUAS ARRIBA

Aparentemente todo el escurrimiento que sale aguas abajo de una cuenca podría aprovecharse totalmente dentro de ella. Sin embargo, si existen aprovechamientos aguas abajo de esta cuenca, una fracción de ese escurrimiento se utiliza para satisfacerlos parcialmente.

Lo anterior se debe a que los volúmenes extraídos en el cauce principal de una cuenca intermedia se satisfacen con los volúmenes aportados por los escurrimientos provenientes de aguas arriba, con el escurrimiento por cuenca propia, los retornos y con las importaciones, si es que existen estos últimos. Esta distribución de la extracción se hace en cada cuenca intermedia de manera proporcional a cada uno de estos conceptos y se procede de aguas abajo hacia aguas arriba.

Se entiende como volumen reservado aguas abajo, Re_{xy} , de una cuenca X, la fracción del escurrimiento superficial que sale de la misma y que contribuye a satisfacer las extracciones de la cuenca de aguas abajo. El volumen reservado por cuenca propia, Re_{xx} , es el que contribuye a la satisfacción de las extracciones dentro de la misma cuenca X.

La distribución de las demandas se inicia de aguas abajo hacia aguas arriba.

Para efectos de cálculo las entradas se consideran como oferta y las salidas como volumen comprometido.

La oferta es la suma de los escurrimientos aguas debajo de las subcuencas analizadas aguas arriba de ese punto, más el escurrimiento virgen o natural de la subcuenca de interés, más las importaciones y los retornos si los hubiere.

Matemáticamente se puede expresar como:

$$\sum_{i=1}^n Ab + Cp + Im + R \quad (3.4.1)$$

donde:

n= número de subcuencas interconectadas en ese punto.

Con la finalidad de evaluar los volúmenes reservados.

Al valor obtenido con la ecuación 3.3 se le considera como el 100% de la oferta correspondiéndoles un porcentaje respectivo a cada uno de los componentes de dicha ecuación.

El volumen comprometido se determina con la siguiente ecuación:

$$Vc = \sum (Uc + Ev + Ex + R_{xy}) \quad (3.4.2)$$

3.5 Determinación de los volúmenes disponibles en cada subcuenca.

Disponibilidad media anual superficial en una cuenca hidrológica

Se determina en el cauce principal en la descarga de la cuenca hidrológica, mediante las siguientes expresiones:

$$D_{xy} = Ab_x - R_{xy} \quad (3.5.1)$$

en donde:

- D_{xy} = Disponibilidad media anual superficial a la salida de una subcuenca
- Ab_x = Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo.
- R_{xy} = Volumen anual actual comprometido que dicha subcuenca contribuye para satisfacer las extracciones aguas abajo

Así mismo, los volúmenes remanentes disponibles por subcuenca propia son:

$$D_{xx} = Cp_x - R_{xx} \quad (3.5.2)$$

donde:

- D_{xx} = Disponibilidad media anual superficial por cuenca propia
 Cp_x = Escurrimiento natural o virgen por cuenca propia
 R_{xx} = Volumen anual actual comprometido por cuenca propia.

Para la clasificación de las subcuencas por zonas de disponibilidad, se utiliza el término de disponibilidad relativa (D_r), el cuál está expresado por la siguiente ecuación:

$$D_r = (\text{oferta en la cuenca}) / (V_c) \quad (3.5.3)$$

Donde V_c es el volumen comprometido, que equivale al volumen reservado de una cuenca "X" para una cuenca "Y" (R_{xy}) más el caudal ambiental o volumen ecológico destinado a la preservación de la flora y la fauna de los cauces.

De acuerdo con el rango en que se encuentre el valor de la disponibilidad relativa (D_r), se clasificará a la cuenca o subcuenca con base en el Cap. I. Tabla 1.5.1.

3.6 METODOLOGÍA

Introducción:

Este apartado es el más importante dentro de nuestro trabajo ya que se establece la metodología general que debe utilizarse para la elaboración de un Balance Hidráulico en cualquier cuenca por lo que los puntos que a continuación se describen son los pasos que se llevan a cabo para su realización.

- 1) Ubicación del sistema de cuencas (región hidrológica) o de la cuenca de interés con el boletín hidrológico de la región correspondiente y en cartas hidrográficas.
- 2) Dividir la región hidrológica o cuenca en estudio en subcuencas de acuerdo a las estaciones hidrométricas que se encuentran sobre el cauce principal.
- 3) Se identifica el nombre de estas subcuencas

- 4) Tomando como base el cauce principal se construye una interconexión de las subcuencas asignándoles una letra o número progresivo e identificando el lugar de origen y el de destino.
- 5) Se aplica el método de Balance Hidráulico (Cap. I. apartado 1.4) mediante el empleo de la ecuación 1.4.3.
- 6) Para tal efecto recopilamos la información de los registros hidrométricos, evaporaciones, exportaciones, importaciones, precipitaciones, usos consuntivos, variación de almacenamiento de cada estación implicada en el estudio (esta información se puede obtener en el Bandas, Erick, REPDA, Boletines Hidrológicos, tarjetas de lluvias mensuales de la CNA.)
- 7) Si están incompletos los registros de escurrimiento, evaporación y precipitación deben generarse los datos faltantes por procedimientos adecuados para tal efecto como los de correlación, el método de regresión lineal (anexo3) es el más utilizado por su mejor ajuste a los datos por la CNA.
- 8) Si se cuenta con esta información la expresión 1.4.3, puede ser evaluada para determinar el escurrimiento virgen o natural mediante el empleo de métodos directos como los descritos en el apartado 3.2.1.
- 9) Si no se cuenta con la información del apartado 6, entonces para determinar el escurrimiento natural o virgen se recurre al empleo de métodos indirectos conforme lo estudiado en el Cap. II y apartado 3.2.2.
- 10) A continuación se procede a determinar el valor del escurrimiento aguas abajo de cada subcuenca con ayuda de la ecuación 3.3.4 y de acuerdo a lo analizado en el Cap. I apartado 1.4.
- 11) Enseguida se determina la distribución de las demandas aguas arriba de acuerdo con lo estudiado o analizado en el apartado 3.4 y sus expresiones.
- 12) Se determinan los volúmenes superficiales disponibles hacia aguas abajo y por cuenca propia de cada subcuenca de acuerdo con las ecuaciones 3.5.1 y 3.5.2.

- 13) Se obtiene la disponibilidad relativa con la ayuda de la ecuación 3.5.3 y los resultados de la oferta y el volumen comprometido evaluados en el paso 11.
- 14) Finalmente con estos últimos resultados se clasifica a la cuenca según la tabla del Cap. I.
- 15) Se emiten las conclusiones y recomendaciones para el mejor uso y aprovechamiento del agua.

3.7 MATRIZ DEL BALANCE HIDRÁULICO SUPERFICIAL (POR CNA)

A continuación se presentan la descripción de las columnas que integran la matriz del balance hidráulico superficial.

- A) Se anota en orden descendiente el número de líneas a utilizar de acuerdo con las cuencas que integran la región hidrológica.
- B) Se asigna el nombre de la cuenca, subregión y región hidrológica.
- C) y D) Se interconectan las cuencas por medio del número de línea asignada, de: origen, hacia: destino.
- E) Calcular C_p :

$$C_p = A_b + U_c + E_x + E_v - (A_r + I_m + R) \quad (3.7.1)$$

La ecuación anterior proviene del planteamiento de la ecuación de continuidad aplicada al agua superficial dentro del ámbito de una cuenca. Dicho planteamiento se realiza bajo la suposición de que el período de tiempo analizado es suficientemente prolongado, $t \rightarrow \alpha$, como para considerar que el cambio en el volumen de almacenamiento, ΔV , es despreciable:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \Delta V \cong 0 \quad t \rightarrow \alpha$$

Identificando las entradas y salidas consideradas en las definiciones (véase Capítulo I), la ecuación de continuidad se puede escribir de la siguiente manera:

$$C_p + A_r + I_m + R - (A_b + U_c + E_x + E_v) = 0 \quad (3.7.2)$$

De donde, despejando C_p , se obtiene la ecuación para la estimación del escurrimiento virgen en base a los escurrimientos aforados aguas arriba, A_r , y aguas abajo, A_b , de la cuenca en cuestión.

F) A_r :

G) I_m :

H) R :

I) Total: suma de las entradas naturales y artificiales a la cuenca.

- Las columnas E a la H forman parte de la oferta potencial-

J) U_n :

K) U_c :

L) E_v :

M) E_x :

N) Total, suma de las salidas, naturales y artificiales de la cuenca.

O) A_b : diferencia de las columnas I y N.

P) Es el escurrimiento por cuenca propia, igual a la columna E.

Q, R, S, T y U) Escurrimientos aguas arriba de la cuenca estudiada.

V y W) Son las importaciones y retornos de la cuenca estudiada.

- Debajo de los valores de las columnas Q y a la W, se calcula el porcentaje que representa cada una de las partes de la oferta con respecto al total

X) Total, suma de los parámetros que conforman la oferta.

Y) =J

Z) =K

AA)=L

AB)=M

AC)=N

AD) Re:

AE) Suma de AC y AD, suma de las salidas totales de la cuenca y los volúmenes reservados de la cuenca para abastecer hacia aguas abajo.

- Las columnas Y a la AB forman parte de las extracciones y la AD los volúmenes reservados para aguas abajo.

AF) Para Cp: volumen reservado del escurrimiento por cuenca propia para la satisfacción de los requerimientos de la misma.

AG, AH, AI, AJ y AK) Para Ar#, los volúmenes reservados de las cuencas contribuyentes aguas arriba para la satisfacción de las demandas de la cuenca en cuestión.

AL) Para Im, volumen reservado de las importaciones, si es que no se emplea en su totalidad en la cuenca, para el abastecimiento de las demandas aguas abajo.

AM) Para R, parte de los retornos utilizables, empleados para la satisfacción de las demandas de la cuenca estudiada.

AN) Total, es la suma de los volúmenes reservados por cuenca propia y hacia aguas arriba, suma de la AF al AM.

AO) Volumen reservado por cuenca propia es igual a la columna AF.

AP) Volumen disponible por cuenca propia, es la diferencia entre la columna E y la AO.

AQ) Volumen reservado a la salida del cauce principal, es igual a la columna AD.

AR) Volumen disponible a la salida del cauce principal, es la diferencia entre la columna O y la AQ, y es aquel que se encuentra libre de compromisos, una vez que ha satisfecho los requerimientos de la cuenca analizada.

- Cabe aclarar que los volúmenes disponibles a la salida de las cuencas no son adicionales entre ellos sino que representan una contabilidad progresiva en las cuales los volúmenes disponibles a las salidas de las cuencas aguas abajo incluyen los volúmenes disponibles a la salida de las cuencas aguas arriba-

La disponibilidad total de la cuenca equivale al escurrimiento aguas debajo de la cuenca de cotas más bajas.

Por otra parte hay que observar que existe una interdependencia entre las disponibilidades por cuenca propia correspondientes a las subcuencas de un sistema y las disponibilidades a las salidas de las mismas, si se disminuye la disponibilidad por cuenca propia o a la desembocadura de las cuencas, se disminuye en la misma cantidad la disponibilidad a la salida de las subcuencas aguas abajo. Ambos conjuntos de disponibilidades, las por cuenca propia y las existentes a las salidas de las cuencas constituyen, por así decirlo, una contabilidad doble sobre el mismo recurso.

AS, AT y AU) Disponibilidad Relativa (de acuerdo a la tabla 1.5.1 del Cap. I)

*CAPÍTULO IV.
APLICACIÓN
(CASO REAL)*

CAPITULO IV. APLICACIÓN (CASO REAL)

4.1 INTRODUCCIÓN

La cuenca del Río Balsas región Hidrológica No. 18 esta dividida en tres principales subregiones:

Subregión	Nombre
(18 A)	Alto Balsas
(18 B)	Medio Balsas
(18 C)	Bajo Balsas

Tabla 4.1.1 Subregiones

A su vez estas subregiones se dividen en 12 subcuencas endorreicas y 3 subcuencas exorreicas las cuales están integradas de la siguiente manera:

La subregión del Alto Balsas esta integrada por 7 subcuencas con un área total de 50, 408.7 km² Alto Río Atoyac, Río Amacuzac, Río Tlapaneco, Río Nexapa, Río Mixteco y Bajo Río Atoyac.

La subregión del medio Balsas y bajo Balsas se divide en 8 subcuencas con un área total de 66, 996.9 km² que se le considera según la clasificación de Chow tabla 1.3.2.2 Cap. I como una cuenca muy grande y las subcuencas correspondientes son: subcuenca del río Cutzamala, Tepalcatepec, Cupatitzio, Tacámbaro, bajo balsas, Paracho y Zirahuen (estas dos últimas son las cuencas cerradas).

La subregión del Alto Balsas no se estudiara en este trabajo pero aún asi es importante tener un poco de conocimiento sobre ella destacando su cobertura estados de Veracruz, Puebla, Oaxaca, Guerrero, Tlaxcala, Morelos y Distrito Federal además la región del Alto Atoyac y Mixteco son las más densamente pobladas pero se cuenta con buenas áreas de riego (Atoyac-Zahuapan). Cabe destacar que en las regiones del Alto Atoyac y Nexapa se tiene un buen desarrollo industrial basado principalmente en fabricas textiles. Por otro lado las regiones del Bajo Atoyac, Tlapaneco se tienen pequeñas áreas de riego (valle de Huamuxtitlán) aunque la población es baja y su economía se basa en recursos forestales y mineros. Por último en la región del río Amacuzac la cual

abarca en parte los estados de México, Morelos, Puebla, Guerrero, y el Distrito Federal, también cuenta con buenas áreas de riego en el Edo. de Morelos (cañera de ingenio de Zacatepec) pero lo principal es que cuenta con dos centros turísticos muy importantes las poblaciones de Cuernavaca y Cuautla

Un panorama se da a continuación:

Ubicación Geográfica



Fig. 4.2.1.1 REGIONES HIDROLÓGICAS EN LA REPÚBLICA MEXICANA

La cuenca del río Balsas se encuentra localizada entre los paralelos $17^{\circ} 13'$ y $20^{\circ} 04'$ norte y entre los meridianos oeste $97^{\circ} 25'$ y $103^{\circ} 20'$. Colinda al norte con la Cordillera Volcánica, al oriente con la sierra Mixteca, al sur con la Sierra Madre del Sur y al poniente con una cadena de cerros que une la sierra madre del Sur con la Cordillera Volcánica.

El área de aportación de la cuenca es de $117,405 \text{ km}^2$ que se le considera según la clasificación de Chow tabla 1.3.2.2 Cap. I como una cuenca muy grande y representa el 5.8% del área total de la República y comprende territorialmente parte de las entidades federativas de Tlaxcala, Oaxaca, México, Michoacán, Guerrero, Jalisco, pequeña porción de Veracruz y del Distrito Federal, así como la totalidad del estado de Morelos.

Hidrografía

El río Balsas nace en las sierras Nevada, Río Frío y San Nicolás a una altura de 4,000 msnm, dando origen al río Atoyac, y en la Sierra Madre del Sur, en donde se forma el río Mixteco; a partir de la unión de esos ríos, la trayectoria del Balsas es sensiblemente de este a oeste, y recibe como afluentes principales por margen derecha a las corrientes Nexapa, Amacuzac, Tepecoacuilco, Cocula, Poliutla, Cutzamala, Tacámbaro, Cupatitzio y Tepalcatepec; y por margen izquierda a los ríos Mixteco, Tlapaneco, Petatlán, Huajalapa, Yextla, Ajuchitlán, Amuco, Cuirio y Placeres del Oro. En su confluencia con el Tepalcatepec, el río Balsas cambia su dirección hacia el Sur para desembocar en el Océano Pacífico por el delta de las bocas de Lázaro Cárdenas, Mich. Y Zacatula, Gro.

La cuenca del río Balsas hidrológicamente está integrada por doce subcuencas que son: Alto y Bajo Atoyac, Nexapa, Mixteco, Tlapaneco, Amacuzac, Cutzamala, Tacámbaro, Tepalcatepec, Cupatitzio, y Medio y Bajo Balsas, y tres cuencas cerradas, Libres-Oriental, Paracho-Nahuatzen y Zirahuen.

Hidrogeología

En la cuenca del río Balsas se explotan 39 acuíferos entre los que destacan los de Valle de Tecamachalco, Alto Atoyac, Huamantla, Valle de Cuernavaca, Cuautla, Zacatepec, Apatzingán, Ciudad Altamirano e Iguala. Los acuíferos Libres-Oriental, Alto Atoyac, Atlixco-Izucar de Matamoros y Tecamachalco de la veda meridional (de control).

Los acuíferos en esta región están formados por depósitos aluviales, materiales vulcanoclásticos, derrames basálticos y andesíticos muy fracturados, así como rocas calcáreas. La profundidad del nivel estático fluctúa de 5 a 150 metros de profundidad con un promedio de 68 metros.

Infraestructura Hidráulica

La infraestructura de almacenamiento en su mayoría tiene múltiple propósito, se utiliza para control de avenidas y de azolves, y para riego agrícola o generación de energía. Las principales presas de almacenamiento y sus capacidades totales en Mm^3 son: Adolfo López Mateos (infiernillo 12,000) Valle de Bravo (394), Manuel Avila Camacho (390), Villa Victoria (101), Vicente Guerrero (318), Andrés Figueroa (123), José María Morelos y Pavón (La Villita 517), Ing. Carlos Ramírez Ulloa (El Caracol con 1,901) y Constitución de Apatzingán (Chilatán con 806). La capacidad de almacenamiento de las principales obras asciende a cerca de $17,000 Mm^3$.

Existen también diversas presas derivadoras entre las que destacan Echeverría, Hermenegildo Galeana, Chilesdo y Colorines.

Por otra parte la región de la cuenca del Medio y Bajo Balsas, son motivo de estudio en este trabajo y se les aplicará el Método del Balance Hidráulico para determinar la disponibilidad de agua superficial en ellas. Para tal efecto, se seguirán los lineamientos marcados en el apartado 3.6.1.

4.2 CUENCA DEL MEDIO Y BAJO BALSAS

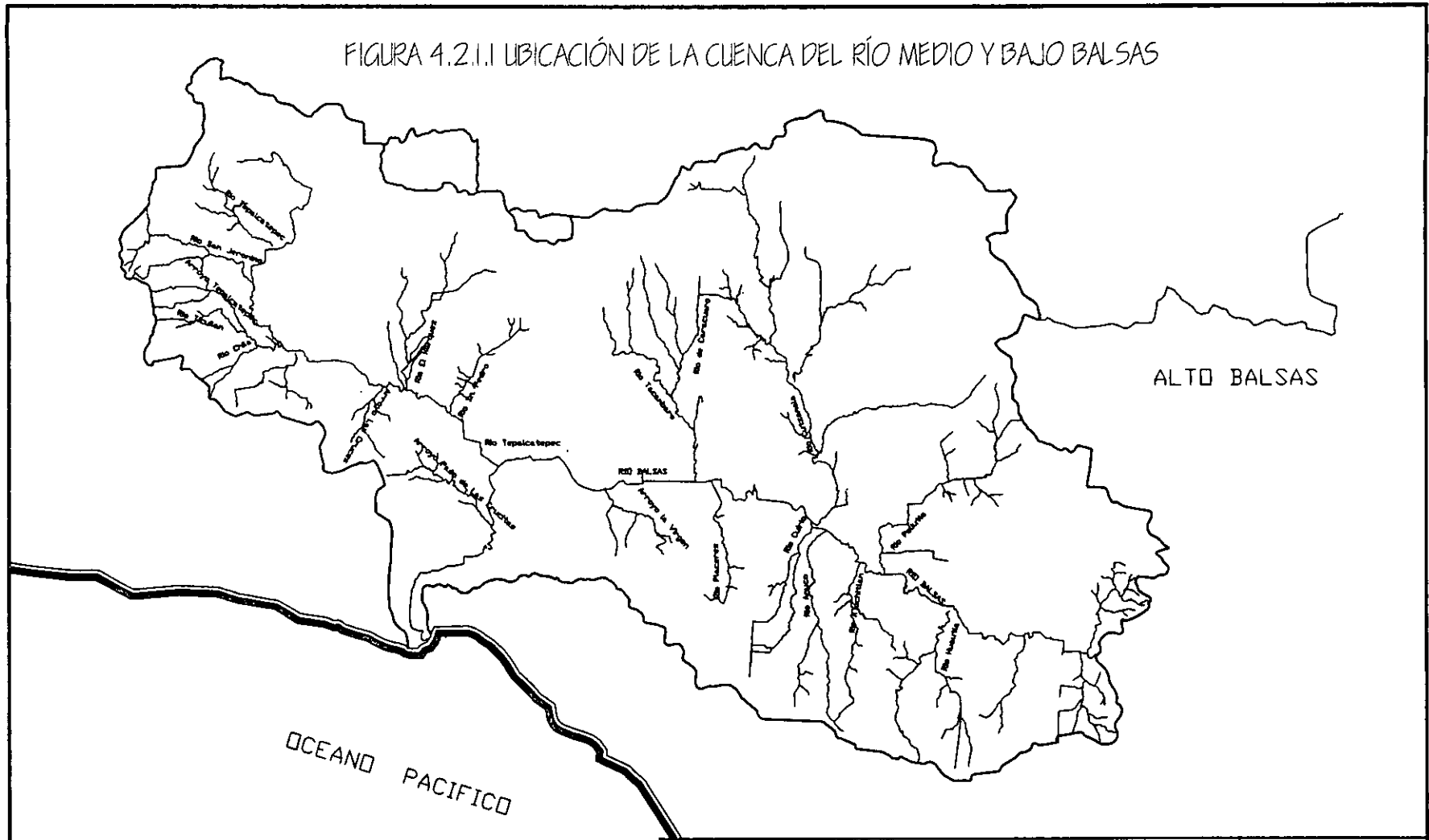
4.2.1 UBICACIÓN, FORMA Y DIMENSIONES.(ver figura 4.2.1.1)

La zona del Medio y Bajo Balsas, está comprendida entre los paralelos $17^{\circ}30'$ y Norte $20^{\circ}00'$ y los meridianos W.G. $99^{\circ}15'$ y W.G. $103^{\circ}15''$.

La Región hidrológica tiene una forma semejante a la de un rectángulo, en mayor longitud.

El área total de la región hidrológica es de $117\,405.6 km^2$ de los cuales $50\,408.7 km^2$ corresponden a la cuenca del Alto Balsas y $66\,996.9 km^2$ a la cuenca del Medio y Bajo Balsas. De estos; $62\,65.7 km^2$ corresponden al estado de México; $24\,799.4 km^2$ corresponden al estado de Guerrero; $31\,961.4 km^2$ corresponden al estado de Michoacán y $4\,003.6 km^2$ al estado de Jalisco.

FIGURA 4.2.1.1 UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MEDIO Y BAJO BALSAS



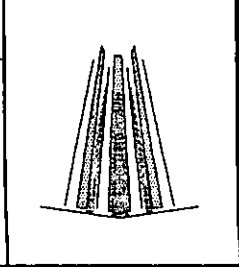
TESIS PROFESIONAL "BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS"
 ELABORÓ: CLAUDIA MONICA HINOJOSA ROBLES

ESCALA GRAFICA

0 5 10 25 50 100

TOPOLOGIA

Parqueques
Rios



4.2.2 DIVISION POLITICA Y POBLACION

La región comprende parte del suroeste del estado de México, el noroeste del estado de Guerrero, el sur del estado de Michoacán y del sureste del estado de Jalisco.

Los municipios principales que quedan ubicados dentro de la cuenca son los siguientes:

ESTADO DE MEXICO	Villa Victoria Valle de Bravo Amanalco de Becerra Ixtapan de Oro
ESTADO DE GUERRERO	Taxco Iguala Coyuca de Catalán Arcelia Ajuchitlán Zumpango del Río Zirándaro Cuetzala del Progreso
ESTADO DE MICHOACAN	Uruapan Zitácuaro Cd. Hidalgo Apatzingán Tacámbaro de Collados Tepalcatepec Paracho de Verduzco Angangueo Huetamo de Nuñez
ESTADO DE JALISCO	Quitupan Jilotlán de los Dolores.

Tabla 4.2.2.1 Estados que abarca la cuenca del medio y bajo Balsas.

Las ciudades más importantes que se localizan dentro de la región son Uruapan, Zitácuaro y Cd. Hidalgo en Michoacán y Taxco, e Iguala en el estado de Guerrero.

4.2.3 VIAS DE COMUNICACIÓN

La extensión de la cuenca así como su gran densidad de población requieren para el desarrollo de las actividades económicas de una red de vías que comuniquen a los principales centros productivos.

La cuenca cuenta con un sistema de comunicaciones principales formada por 1115 km de caminos pavimentados, 1604 km de caminos revestidos, 1449 km de caminos de brecha, 718 km de caminos de terracería y 250 km de vía ferrea.

4.2.3.1 CAMINOS

Los caminos principales que se localizan dentro de la cuenca son los siguientes:

La parte norte de la cuenca es atravesada de Oriente a Poniente por la carretera federal No.15 la cual une a la ciudad de México con las ciudades de Toluca y Morelia, En la parte noreste de la cuenca, dentro del Estado de México se cuenta con un tramo de la carretera federal No. 130 México-Toluca-Temascaltepec, la parte este de la cuenca es atravesada de norte a sur por la carretera federal No. 95 México-Acapulco.

La parte central de la zona está comunicada por un camino revestido que une la población de Zirándaro con la de Iguala, tocando las poblaciones intermedias de Coyuca de Catalán, Cd. Altamirano, Arcelia y Teloloapan.

Carretera federal Num. 37 que cruza de norte a sur el Edo. de Michoacán y que conecta a la carretera federal No. 15 en su tramo Zamora-Zacapu-Morelia con Playa Azul.

4.2.3.2 VIAS FERREAS.

La red de vías férreas dentro de la cuenca se concentra en los estados de Guerrero y Michoacán.

En el estado de Guerrero, se cuenta con una vía que comunica a la ciudad de Iguala con la población de Balsas pasando por Cocula y Apipiluco.

En el estado de Michoacán, se cuenta con la vía Uruapan-Taretán-Apatzingán, el tramo de la vía Uruapan-Morelia que comprende hasta Ajuno, el tramo que comprende de Chavinda a los Reyes de Salgado dentro de la ruta Los Reyes Zamora y el tramo de Zitácuaro a Aporo dentro de la ruta Zitácuaro-Acámbaro.

4.2.3.3 AEROPUERTOS

Dentro De la cuenca se localizan 3 aeropuertos que dan servicio a aviones de corto alcance, estos son el de Iguala, Gro. Huetamo Mich. Y Uruapan, Mich.

4.2.4 ASPECTOS ECONOMICOS

El desarrollo económico de la cuenca es inferior al de otras zonas del país.

Dentro de la cuenca son variables sus condiciones al existir zonas con un desarrollo medio donde la agricultura se practica empleando técnicas modernas y se ve beneficiada con obras de riego, zonas donde se ha iniciado el desarrollo industrial y donde la agricultura y la ganadería tienen importancia, y porciones a las que no ha llegado el beneficio del desarrollo general del país, como son particularmente los correspondientes al suroeste del estado de México, los valles de Tierra Caliente del Medio Balsas y la vertiente interior de la Sierra Madre del Sur.

Debido a lo anterior, las condiciones de vida de la población de estas últimas zonas, son difíciles y los niveles de ingresos inferiores a los promedios generales del país.

4.2.4.1 AGRICULTURA

La principal actividad dentro de la cuenca es la agricultura, teniéndose como cultivos principales maíz, trigo, frijol, cebada, ajonjolí, algodón, caña de azúcar, aguacate y variedades frutales.

Los resultados que se obtienen son en general de bajos rendimientos debido que la gran mayoría de los terrenos de cultivo son de temporal.

Los principales centros de producción agrícola que se localizan dentro de la cuenca son Uruapan, Zitácuaro y Apatzingán en el estado de Michoacán, Valle de Bravo en el estado de México y Arcelia e Iguala en el estado de Guerrero.

4.2.4.2 GANADERÍA.

La ganadería es otra actividad importante en esta cuenca, aunque en la mayor parte de los casos se practica en forma extensiva y con reducido empleo de las modernas técnicas ganaderas. La topografía de la cuenca hace que la mayor parte de los agostaderos se localicen en terrenos cerriles, sujetos a las eventualidades del temporal.

Se tiene preferencia por el ganado vacuno, correspondiendo un porcentaje muy pequeño a razas finas, siguiendo en orden de preferencia el ganado porcino, el caprino y el lanar..

Los principales centros ganaderos dentro de la cuenca son Zitácuaro, Apatzingán y Paracho en el estado de Michoacán, Villa Victoria en el Estado de México, Iguala, Arcelia, Zumpango del Río, Zirándaro y Cuetzalá del Progreso en Guerrero y Jilotlán de los Dolores en el estado de Jalisco.

4.2.4.3 AVICULTURA.

En menor escala que la agricultura se desarrolla dentro de la cuenca la avicultura. En general existen pequeños criaderos cuyo objetivo consiste en satisfacer las necesidades locales.

Como centros productivos en esta región, podemos mencionar las poblaciones de Uruapan y Paracho en el estado de Michoacán.

4.2.4.4 EXPLOTACIONES FORESTALES.

La explotación forestal en la cuenca ha sido intensa, principalmente en los estados de México, Guerrero y Michoacán, haciéndose indispensable una política forestal que exija la reforestación para proteger las obras de riego y de generación hidroeléctrica.

Las principales explotaciones se logran del pino, el encino y el oyamel destinándolas a diversos fines, las maderas finas (encino y oyamel) para la industria de muebles finos y piezas de ornato (Ajuchitlán y Taxco en Guerrero y Zitácuaro en Michoacán) y la fabricación de guitarras (Paracho, Mich) y maderas para construcción (Ajuchitlán, Gro.)

4.2.4.5 MINERÍA

Una de las principales fuentes de ingreso dentro de la cuenca es la explotación de minerales ya que la región cuenta con importantes recursos mineros dentro de los cuales se distinguen una gran variedad de minerales.

Los principales productos mineros obtenidos en la región son oro, plata, cobre y zinc, existen también bancos para la explotación de fierro, carbón, barita, manganeso, yeso, mercurio, antimonio, talco, tiza, silice, fluorita, estaño y arena sílica.

Los principales centros mineros dentro de la cuenca son Taxco, Iguala, Zumpango del Río en Guerrero y Angangueo, Tacámbaro de Collados y Huetamo de Núñez en Michoacán.

4.2.4.6 INDUSTRIA

Dentro de las actividades económicas se puede considerar que la cuenca tiene un escaso desarrollo industrial. El sector de la industria de bienes de consumo, representados por las industrias de hilados y tejidos, ingenios azucareros, molinos de trigo, etc., es el más importante por el valor de su producción, siguiéndole el sector de las industrias para la obtención de materias primas y el de las industrias de bienes de producción. La rama industrial más importante es

la textil, siendo otras industrias importantes la del azúcar, la forestal, la de extracción y beneficio de minerales, los molinos de trigo y la construcción.

Capítulo aparte merece el Turismo al que también se le conoce como la industria sin chimeneas; en esta región se cuenta con tres centros turísticos de importancia tanto para el turismo nacional como para el internacional, ellos son Valle de Bravo en el estado de México, Taxco en el estado de Guerrero y Uruapan en el estado de Michoacán.

4.2.5 OROGRAFÍA Y GEOLOGÍA

La cuenca del Medio y Bajo Balsas está comprendida hacia el norte por la cordillera neo-volcánica; hacia el este en la zona donde colinda con la cuenca del Amacuzac por la sierra de Taxco y en la zona donde colinda con la cuenca del Alto Balsas por la Sierra Chichihualco; hacia el sur y hacia el oeste por la sierra Madre del Sur.

4.2.6 CLIMATOLOGIA.

Dentro de la cuenca se distinguen 3 climas principales: cálido, semicálido y templado.

REGION	TIPO DE CLIMA
Noreste de la cuenca, poblaciones Agostitlán, Cd. Hidalgo y Zitácuaro en Michoacán.	Templado subhúmedo, con temperatura promedio de -3 y 22°C
Poblaciones Valle de Bravo y Amanalco de Becerril en el estado de México y Teloloapan en el estado de Guerrero así como en Tacámbaro y Ario de Rosales en Michoacán.	Semi-cálido, con temperatura promedio de 18°C. Pero en Tacámbaro y Ario de Rosales en verano el clima es cálido y la temperatura de 22°C.
Noroeste, poblaciones Uruapan y Paracho en Michoacán.	Templado húmedo semifrío, con temperatura promedio menor a 5°C
Noroeste y Oeste, poblaciones Quitupan en el estado de Jalisco y Cotija de la Paz en el estado de Michoacán.	Semicálido, con temperatura promedio 18°C.
Parte central, poblaciones Iguala, Arcelia, Cd. Altamirano y Coyuca, en el estado de Guerrero.	Cálido Subhúmedo con temperatura promedio entre 7 y 14°C.
Parte central, poblaciones Huetamo de Nuñez y Zirizícuaru, en el estado de Michoacán.	Seco, con temperatura promedio mayor de 22°C.
Parte central en la zona oeste, poblaciones Buenavista Tomatlán, Apatzingán de la Constitución en el estado de Michoacán.	Seco, con temperatura promedio de 22°C.

Tabla 4.2.6.1 TIPOS DE CLIMA

4.2.6.1 LLUVIA

La precipitación media anual entre 600 y 1 400 mm. La mínima precipitación obtenida del período de observaciones corresponde a la registrada en la estación climatológica Piedras Blancas con un valor de 345mm en 1957. La máxima corresponde a las registradas en las estaciones climatológicas de las presas Pucato y Sabaneta con valores de 1869 mm y 1 820 mm respectivamente, en el año de 1958.

4.2.6.2 TEMPERATURA

La temperatura media anual varía entre 13 y 30°C. La mínima temperatura registrada en el período de observaciones corresponde a la obtenida en la estación climatológica de la Presa Pucato con valor de -8.9°C en noviembre

de 1950. La máxima temperatura que se presentó en el período ocurrió en septiembre de 1965 con valor de 48.5°C el cual fue registrado en la estación climatológica El Zapote.

4.2.6.3 EVAPORACIÓN

La evaporación media anual presenta variaciones entre 1 300 y 3 000 mm. La mínima evaporación se registró en 1967 en la estación climatológica de la Presa Sabaneta con valor de 1 183 mm. La máxima evaporación se registró en 1963 en la estación climatológica Aratichanguío con valor de 3 405 mm.

4.3 HIDROGRAFÍA (Ver figuras 4.3.1 y 4.3.2)

Para nuestro trabajo la cuenca del Medio y Bajo Balsas se divide en las siguientes subcuencas:

4.3.1 CUENCA DEL RÍO CUTZAMALA

Río Cutzamala se forma de la unión de los ríos Zitácuaro que desciende del eje Volcánico en la vertiente occidental de las sierras de Angangeo y Zitácuaro en el estado de Michoacán y del río Tilostoc que se origina en el estado de México, a la altura de Valle de Bravo, Méx.

Después de dicha confluencia la corriente resultante se conoce con el nombre de río Cutzamala y corre con una dirección hacia el sur penetrando por una zona boscosa y de topografía accidentada lo que hace que en esta región el río sea de carácter sinuoso. Pasa por el poblado de Cutzamala del Pinzón, Gro.

Las principales corrientes que el río Cutzamala recibe confluyen por la margen izquierda y ellas son el río Ixtapa y el Arroyo Palmar Grande.

Área drenada: 10,738.7 km². Para el cálculo del Balance Hidráulico se considera la cuenca hidrológica hasta la estación hidrométrica El Gallo.

La estación hidrométrica El Gallo se encuentra dentro del mpio. De Cutzamala del Pinzón, estado de Guerrero sobre el río Cutzamala a 17 km aguas debajo de la confluencia del río Tilostoc.

4.3.2 CUENCA DEL RÍO MEDIO BALSAS.

Cuenca: Medio Balsas

Superficie total: 21,212.0 Km²

Descripción:

La cuenca Medio Balsas inicia en el río Balsas desde la estación hidrométrica San Juan Tetelcingo, por el río Cutzamala desde la estación El Gallo. La superficie de la cuenca es de 21,212 km² de los cuales 810 km² corresponden al estado de Michoacán, 2,145 km² al estado de México y 18,257 km² al estado de Guerrero.

Hidrografía

La cuenca del Medio Balsas inicia en el río Balsas a partir de la estación hidrométrica San Juan Tetelcingo hasta la Estación hidrométrica La Caimanera.

La cuenca se inicia a partir de la estación hidrométrica San Juan Tetelcingo la cual marca el límite de la subregión alto y medio balsas. A 8 km adelante recibe las aportaciones del río Tepecoacuilco, realizandose esta confluencia a una elevación de 480 msnm, 4 km adelante se localiza el sitio donde se encuentra la estación hidrométrica Mezcala de la CFE.

Un Kilómetro aguas abajo recibe por su margen izquierda las aportaciones del río Huacapa, continúa su curso en medio de un encañonamiento a lo largo de 22 km hasta recibir por su margen derecha las aportaciones del río Cocula o

Iguala a una elevación de 434 msnm, después de recorrer 60 km recibe por margen izquierda las aportaciones del río Huautla o Tetela.

A 25 km aguas abajo, se localiza el sitio donde se encuentra instalada la estación hidrométrica Santo Tomás la cual depende de CFE. Recorre 37 km hasta recibir por su margen derecha las aportaciones del río Poliutla. Continúa 13 km hasta el sitio donde se localiza la estación hidrométrica san Cristóbal la cual esta suspendida. A 2 km aguas abajo el río recibe por su margen izquierda las aportaciones del río Ajuchitlán, continua su curso recorre 28 km hasta recibir por su margen izquierda las aportaciones del río Amuco y 9.5 km recibe por su margen izquierda las aportaciones Cuirio. A 4 km al Noroeste de ciudad Altamirano hay un punto que sirve de límite entre los estados de Michoacán y Guerrero continuando el río como límite entre ambos estados hasta la desembocadura al mar.

Después de recibir las aportaciones del río Cutzamala, recorre 22 km hasta recibir por su margen derecha al arroyo San Lucas, 5 km aguas abajo recibe por su margen derecha las aportaciones del río Huetama, 4 km aguas abajo se localiza el sitio de la estación hidrométrica La Caimanera.

La importación que se recibe de la cuenca del río Amacuzac, es para agua potable y corresponde a 200 lps que se derivan del río Chontalcuatlán por medio de un acueducto hacia la ciudad de Taxco de Alarcón, Gro.

4.3.3 CUENCA DEL RÍO CUPATITZIO

Cuenca: Río Cupatitzio.

Superficie total: 2,655.9 km²

Hidrografía:

El río Cupatitzio tiene sus orígenes al nor-noreste de la Cd. De Uruapan, Mich., recibe importaciones al cruzar el parque nacional "Lic. Eduardo Ruíz" del manantial conocido como "La Rodilla del Diablo" el cual brota a una elevación de 1,700 msnm, tomando el río a partir de este sitio una dirección hacia el sur, en

donde escurre a través de una topografía boscosa, estando instalada a unos 20 kilómetros aguas debajo de su nacimiento una estación hidrométrica que opera la CFE y que se conoce con el nombre de Cupatitzio.

Aguas abajo se encuentra la presa derivadora Zumpimito y después sus aguas son aprovechadas para generar energía eléctrica en la planta Zumpimito. Posteriormente recibe por su margen izquierda al arroyo santa Bárbara y por la margen derecha al río de los Conejos de donde a unos 500 metros aguas abajo el río Cupatitzio se precipita en un salto de aproximadamente 40 metros de altura formándose la cascada conocida como "La Tzaráracua" y almacena su escurrimiento en la presa Cupatitzio situada 1.3 km aguas debajo de la cascada. Después se localiza sobre esta corriente las presas derivadoras de Charapendo y Jicalán, beneficiando zonas de riego del mpio. De Gabriel Zamora, Mich. El área de cuenca hasta el sitio de la estación hidrométrica "Cupatitzio" es de 235.9 km². Aguas abajo confluye con el río Marqués que se origina en el cerro del Pario a una altitud de 2750 msnm, cruza la carretera federal No. 37 de Uruapan a Nueva Italia de Ruíz, confluyendo más adelante por la margen izquierda con el río La Parota., después cruza la carretera federal Apatzingan-Ario de Rosales en el puente conocido como La Pastoría, donde unos 300 metros aguas abajo se localiza la estación hidrométrica "La Pastoría" que opera la CFE, localizada en el mpio. De la Huacana, Mich.

El área de cuenca hasta la estación hidrométrica La Pastoría es de 2,655.9 km²

4.3.4 CUENCA DEL RÍO TACÁMBARO

Cuenca: Río Tacámbaro

Superficie total: 5,525.1 km²

Hidrografía:

El río Carácuaro corresponde a la principal corriente formadora, se origina a partir de las corrientes perennes que descienden desde una altitud de 3000 msnm a unos 40 km al sureste de Morelia, Mich., a unos 22 km de recorrido le confluye el arroyo del Laurelito, 77 km adelante recibe los aportes del río del Pinzón, 26 km aguas abajo recibe al río Tacámbaro por la margen derecha que

es la segunda corriente formadora y se origina en los manantiales "Ojo de Agua de los Puercos", tras recorrer 33 km se localiza el sitio donde funcionó La estación hidrométrica la Estancia, 3 km adelante se localiza el sitio en el cual opera la estación hidrométrica Los Pinzanes y 7 km después confluye con el Río Balsas.

El área de cuenca del río Tacámbaro hasta la estación hidrométrica los Pinzanes es de 5,525.1 km²

4.3.5 CUENCA DEL RÍO TEPALCATEPEC

Cuenca: Río Tepalcatepec

Superficie total: 11,596.4 km²

Hidrografía:

El río Tepalcatepec tiene su principal corriente formadora en el río Quitupan, el cual se origina en el cerro de la tinaja a 2 150 msnm, a 10 km aguas abajo aua aguas son controladas por la presa V.C. Villaseñor, a 5.5 km de la cortina se localiza la derivadora Los Filtros, a 1.5 km aguas abajo funciona la hidrométrica Los Granjeros, 60 km aguas abajo recibe las aportaciones del río Itzícuaró, 7 km adelante confluye con el río Tepalcatepec, a 10 km aguas abajo recibe las aportaciones del río San Jerónimo, a 7 km se localiza la derivadora Piedras Blancas a 40 km recibe por su margen derecha las aportaciones del río Cajón, 7 km recibe por su margen izquierda al arroyo Dolores, 7 km recibe las aportaciones del río Buenavista, 15 km recibe las aportaciones del río Muerto, continúa su curso y 20 km aguas abajo recibe las aportaciones del río Cancita a 11 km aguas arriba del sitio en que se localiza la estación hidrométrica Los Paches.

El área de cuenca del río Tepalcatepec hasta la estación hidrométrica los Paches es de 11,596.4 Km².

4.3.6 CUENCA DEL RÍO BAJO BALSAS

Cuenca: Bajo Balsas

Superficie total: 14,032.7 km²

Descripción:

La cuenca Bajo Balsas inicia en el río Balsas desde la estación hidrométrica La Caimanera, por el río Tepalcatepec desde la estación hidrométrica Los Paches, por el río Cupatitzio desde la estación hidrométrica La Pastoría, por el río Tacámbaro desde la estación hidrométrica Los Pinzanes. La superficie de la cuenca es de 14,032.7 km² de los cuales 8,540.0 km² corresponden al estado de Michoacán y 5,492.7 km² al estado de Guerrero.

Hidrografía:

La cuenca del Bajo Balsas inicia en el río Balsas a partir de la estación hidrométrica la Caimanera hasta la desembocadura en Lázaro Cardenas. Quince kilómetros aguas abajo recibe por su margen izquierda en las inmediaciones de Zirándaro, las aportaciones del río del Oro, a una elevación de 202 msnm, 20 km adelante recibe al río Tacámbaro por su margen derecha, 8 km aguas abajo, el río desciende a la elevación de 176.4 msnm, la cual corresponde al nivel máximo del embalse del vaso de almacenamiento de la presa El Infiernillo, el cual inunda un área de 400 km² y almacena 12 000 millones de m³. Actualmente los ríos Tepalcatepec, Pizandarán, San Antonio y Zicuirán vierten su caudal al vaso de almacenamiento de la presa.

La SRH operó la estación hidrométrica El Infiernillo en el sitio que actualmente ocupa la cortina de la presa El Infiernillo.

Aguas debajo de la cortina, después de que el río recorre 4 km, se localiza el sitio en el cual estuvo ubicada la estación hidrométrica Eréndira de la SRH.

Adelante después de recorrer 28 km, el Balsas recibe por su margen derecha al río las Juntas, 17 km aguas abajo se localiza el sitio en el que se construyó la cortina de la presa José Ma. Morelos (La Villita) la cual tiene una capacidad total de almacenamiento de 710 Millones de m³, en este vaso funciona desde 1961 una estación de escalas de nombre "La Villita". Dos kilómetros aguas abajo del sitio donde se localiza la cortina, el río Balsas se bifurca entrando en una zona déltica hasta su desembocadura al Océano Pacífico.

Cinco kilómetros aguas debajo de la cortina, el río recibe por su margen derecha las aportaciones del arroyo Guacamayas, 8 km adelante se localiza el sitio en el cual opera la CFE la estación de escalas Melchor Ocampo.

4.3.7 CUENCA CERRADA PARACHO-NAHUATZEN (ver figura 4.3.7.1)

Hidrografía:

En la parte Oeste de la cuenca del Balsas, comprendida aproximadamente entre los paralelos Norte 19°31' y Norte 19°50' y los meridianos W.G. 101°50' y W.G. 102°30' se localiza una cuenca cerrada de 922.7 km² ubicada al norte de Uruapan y al Oeste de la Laguna de Pátzcuaro, dentro de la cual quedan comprendidas las poblaciones de Paracho de Verduzco, Cherán, Nahuatzén, Charapán y Cocucho del estado de Michoacán.

Esta cuenca está rodeada de cerros de los cuales descienden una serie de correintes que no reconocen ninguna salida debido a las características topográficas predominantes en esta zona.

4.3.8 CUENCA CERRADA DE LA LAGUNA ZIRAHUEN (ver figura 4.3.7.1)

Hidrografía:

Al norte de Ario de Rosales, Michoacán se localiza una zona en la cual debido a sus características topográficas todas las corrientes que descienden de los cerros que la circundan drenan hacia la Laguna Zirahuen sin reconocer ninguna salida por lo que se le considera cuenca cerrada.

Esta cuenca está comprendida entre los paralelos Norte 19°20' y Norte 19°30' y los meridianos W.G. 101°30' y W.G. 101°50' al Sur del Lago de Pátzcuaro y tiene un área de cuenca 313.2 km² quedando comprendidas dentro de ella las poblaciones de Villa Escalante, Zirahuen y Opopeo del estado de Michoacán.

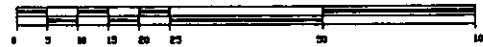
La corriente principal en la cuenca es el arroyo El Silencio el cual nace aguas arriba de la población de San Gregorio a una altitud de 2900 msnm, cruza el poblado de Opopeo y pasa al Norte de Villa Escalante siguiendo un curso paralelo a la carretera Opopeo Zirahuen hasta la Laguna del mismo nombre.

FIGURA 4.3.1 APROVECHAMIENTOS HIDROGRÁFICOS



TESIS PROFESIONAL "BALANCE HIDRÁULICO EN CUERPOS"
CLARIBO CLAUDIA INÉS MORALES REBOLLO

ESCALA GRÁFICA



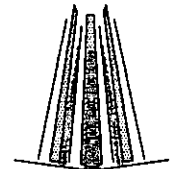
LEGENDA

● Estaciones Climatológicas

□ Estaciones Hidrológicas

▲ Presas

Paralelos
Ríos

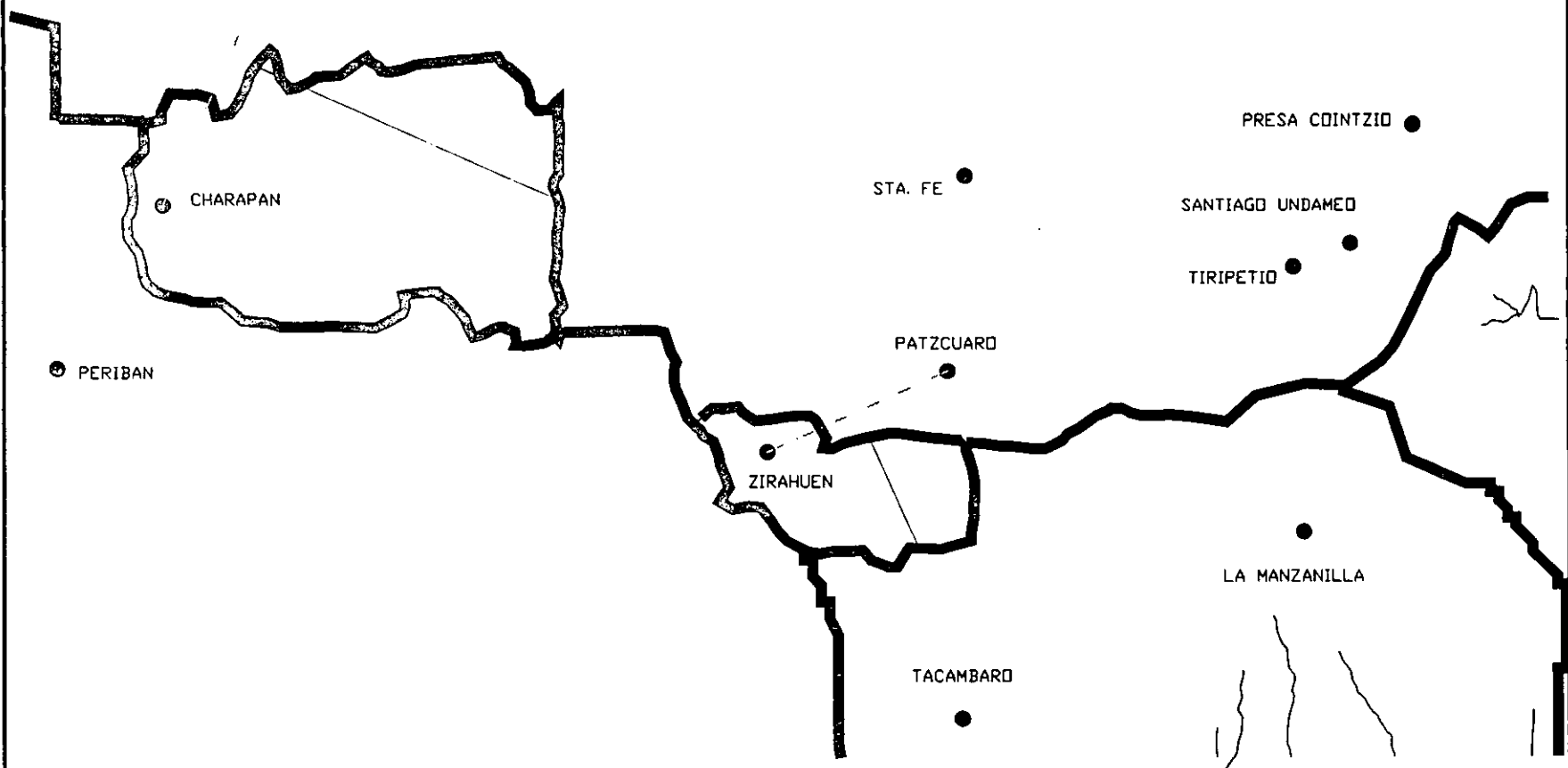


ESTÁ TESIS NO SE
DEJA REPRODUCIR
SIN EL CONSENTIMIENTO
DE LA UNIVERSIDAD

ETUCUARD
TANGANCICUARD

● CARAPAN

FIGURA 4.3.7.1 POLÍGONOS DE THIESSEN EN LAS CUENCAS CERRADAS PARACHO Y ZIRAHUEN



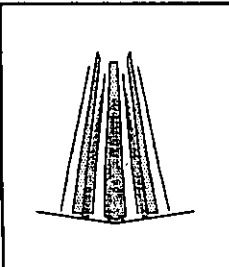
TESIS PROFESIONAL "BALANCE HIDROLÓGICO EN CUENCAS"
ELABORÓ: CLAUDIA MONICA HINOJOSA ROBLEDO

ESCALA GRAFICA

0 6.25 12.5 18.75
En Km

● Estaciones Hidrológicas
----- Polígonos de Thiessen

~~~~~ Parqueguas  
~~~~~ Ríos



**4.4 MEMORIA DE
CÁLCULO DEL BALANCE
HIDRÁULICO DE LA
CUENCA DEL MEDIO Y
BAJO BALSAS**

**4.4.1 DATOS
HIDROMÉTRICOS DE LA
CUENCA DEL MEDIO Y BAJO
BALSAS**

**A. DE LA
CUENCA DEL RÍO
CUTZAMALA**

Tabla 4.4.1.1 Usos Consumitivos en la subsección del Cutzamala (Consultar Cap. III, Apdo. 3.6 sección 6.)

| AÑO | PÚBLIC URBANO | | SERVICIO | | EXP D.F. | MICHUACÁN | | MEXICO INDUSTRIAL | | GUERRERO | | CUTZAMALA | | TOTAL | | | |
|------|---------------|------------|----------|------------|----------|---------------|------------|-------------------|---------------|------------|--------|------------|-------|--------|------|------|--------|
| | URBANO | INDUSTRIAL | TOTAL | INDUSTRIAL | | PÚBLIC URBANO | INDUSTRIAL | TOTAL | PÚBLIC URBANO | INDUSTRIAL | TOTAL | INDUSTRIAL | TOTAL | | | | |
| 1960 | 599 | 116 | 203 | 212.21 | 0.81 | 0.91 | 241.60 | 297 | 53.86 | 43 | 117.86 | 0 | 203 | 296.07 | 0.81 | 0.91 | 339.46 |
| 1961 | 613 | 118 | 205 | 213.28 | 0.83 | 0.91 | 242.85 | 297 | 54.78 | 43 | 118.28 | 0 | 205 | 297.56 | 0.83 | 0.91 | 341.13 |
| 1962 | 627 | 121 | 205 | 214.35 | 0.85 | 0.91 | 244.05 | 297 | 55.71 | 43 | 118.77 | 0 | 205 | 299.05 | 0.85 | 0.91 | 342.81 |
| 1963 | 642 | 124 | 205 | 215.43 | 0.86 | 0.93 | 245.18 | 297 | 56.13 | 43 | 119.32 | 0 | 205 | 300.56 | 0.86 | 0.93 | 344.51 |
| 1964 | 658 | 127 | 205 | 216.51 | 0.88 | 0.93 | 246.33 | 297 | 56.85 | 43 | 119.95 | 0 | 205 | 302.07 | 0.88 | 0.93 | 346.23 |
| 1965 | 671 | 13 | 205 | 217.6 | 0.9 | 0.93 | 247.84 | 297 | 57.98 | 43 | 120.98 | 0 | 205 | 303.98 | 0.9 | 0.93 | 347.92 |
| 1966 | 687 | 133 | 205 | 218.68 | 0.92 | 1.08 | 249.39 | 297 | 59.42 | 43 | 122.04 | 0 | 205 | 305.91 | 0.92 | 1.08 | 349.64 |
| 1967 | 703 | 136 | 205 | 219.75 | 0.94 | 1.08 | 250.95 | 297 | 60.85 | 43 | 123.08 | 0 | 205 | 306.84 | 0.94 | 1.08 | 351.55 |
| 1968 | 719 | 139 | 205 | 220.9 | 0.96 | 1.08 | 252.03 | 297 | 62.75 | 43 | 124.13 | 0 | 205 | 309.73 | 0.96 | 1.08 | 353.56 |
| 1969 | 735 | 142 | 205 | 222.01 | 0.98 | 1.08 | 253.34 | 297 | 64.73 | 43 | 125.15 | 0 | 205 | 311.73 | 0.98 | 1.08 | 355.64 |
| 1970 | 752 | 145 | 205 | 223.12 | 1 | 1.23 | 254.66 | 297 | 66.71 | 43 | 126.18 | 0 | 205 | 313.73 | 1 | 1.23 | 357.78 |
| 1971 | 771 | 149 | 205 | 224.24 | 1.04 | 1.23 | 255.97 | 297 | 68.64 | 43 | 127.21 | 0 | 205 | 315.73 | 1.04 | 1.23 | 359.93 |
| 1972 | 793 | 153 | 205 | 225.37 | 1.06 | 1.23 | 257.27 | 297 | 70.56 | 43 | 128.24 | 0 | 205 | 317.73 | 1.06 | 1.23 | 362.08 |
| 1973 | 813 | 156 | 205 | 226.5 | 1.08 | 1.23 | 258.58 | 297 | 72.48 | 43 | 129.27 | 0 | 205 | 319.73 | 1.08 | 1.23 | 364.23 |
| 1974 | 833 | 159 | 205 | 227.64 | 1.1 | 1.23 | 259.88 | 297 | 74.39 | 43 | 130.3 | 0 | 205 | 321.73 | 1.1 | 1.23 | 366.38 |
| 1975 | 851 | 164 | 205 | 228.79 | 1.12 | 1.31 | 261.17 | 297 | 76.29 | 43 | 131.33 | 0 | 205 | 323.73 | 1.12 | 1.31 | 368.52 |
| 1976 | 872 | 168 | 205 | 229.94 | 1.15 | 1.31 | 262.47 | 297 | 78.18 | 43 | 132.36 | 0 | 205 | 325.73 | 1.15 | 1.31 | 370.67 |
| 1977 | 894 | 173 | 205 | 231.09 | 1.17 | 1.31 | 263.77 | 297 | 80.06 | 43 | 133.39 | 0 | 205 | 327.73 | 1.17 | 1.31 | 372.81 |
| 1978 | 926 | 177 | 205 | 232.25 | 1.17 | 1.31 | 265.07 | 297 | 81.91 | 43 | 134.42 | 0 | 205 | 329.73 | 1.17 | 1.31 | 374.96 |
| 1979 | 939 | 181 | 205 | 233.42 | 1.2 | 1.31 | 266.37 | 297 | 83.73 | 43 | 135.45 | 0 | 205 | 331.73 | 1.2 | 1.31 | 377.1 |
| 1980 | 962 | 186 | 205 | 234.59 | 1.22 | 1.31 | 267.67 | 297 | 85.56 | 43 | 136.48 | 0 | 205 | 333.73 | 1.22 | 1.31 | 379.24 |
| 1981 | 984 | 189 | 205 | 235.76 | 1.24 | 1.38 | 268.97 | 297 | 87.39 | 43 | 137.51 | 0 | 205 | 335.73 | 1.24 | 1.38 | 381.38 |
| 1982 | 997 | 192 | 205 | 236.94 | 1.27 | 1.38 | 270.27 | 297 | 89.23 | 43 | 138.54 | 0 | 205 | 337.73 | 1.27 | 1.38 | 383.52 |
| 1983 | 1015 | 196 | 205 | 238.12 | 1.3 | 1.38 | 271.54 | 297 | 91.06 | 43 | 139.57 | 0 | 205 | 339.73 | 1.3 | 1.38 | 385.66 |
| 1984 | 1033 | 199 | 205 | 239.31 | 1.32 | 1.38 | 272.81 | 297 | 92.89 | 43 | 140.6 | 0 | 205 | 341.73 | 1.32 | 1.38 | 387.8 |
| 1985 | 1051 | 203 | 205 | 240.51 | 1.35 | 1.38 | 274.08 | 297 | 94.73 | 43 | 141.63 | 0 | 205 | 343.73 | 1.35 | 1.38 | 389.94 |
| 1986 | 1071 | 207 | 205 | 241.71 | 1.36 | 1.4 | 275.35 | 297 | 96.56 | 43 | 142.66 | 0 | 205 | 345.73 | 1.36 | 1.4 | 392.08 |
| 1987 | 1091 | 211 | 205 | 242.92 | 1.36 | 1.42 | 276.62 | 297 | 98.39 | 43 | 143.69 | 0 | 205 | 347.73 | 1.36 | 1.42 | 394.22 |
| 1988 | 1111 | 214 | 205 | 244.14 | 1.37 | 1.44 | 277.89 | 297 | 100.22 | 43 | 144.72 | 0 | 205 | 349.73 | 1.37 | 1.44 | 396.36 |
| 1989 | 1131 | 218 | 205 | 245.36 | 1.38 | 1.46 | 279.16 | 297 | 102.05 | 43 | 145.75 | 0 | 205 | 351.73 | 1.38 | 1.46 | 398.5 |
| 1990 | 1151 | 222 | 205 | 246.58 | 1.38 | 1.48 | 280.43 | 297 | 103.88 | 43 | 146.78 | 0 | 205 | 353.73 | 1.38 | 1.48 | 400.64 |
| 1991 | 1171 | 226 | 205 | 247.81 | 1.39 | 1.51 | 281.7 | 297 | 105.71 | 43 | 147.81 | 0 | 205 | 355.73 | 1.39 | 1.51 | 402.78 |
| 1992 | 1191 | 231 | 205 | 249.04 | 1.41 | 1.54 | 282.97 | 297 | 107.54 | 43 | 148.84 | 0 | 205 | 357.73 | 1.41 | 1.54 | 404.92 |
| 1993 | 1211 | 234 | 205 | 250.27 | 1.41 | 1.54 | 284.24 | 297 | 109.37 | 43 | 149.87 | 0 | 205 | 359.73 | 1.41 | 1.54 | 407.06 |
| 1994 | 1227 | 234 | 205 | 251.5 | 1.41 | 1.54 | 285.51 | 297 | 111.2 | 43 | 150.9 | 0 | 205 | 361.73 | 1.41 | 1.54 | 409.2 |
| 1995 | 1243 | 234 | 205 | 252.73 | 1.42 | 1.54 | 286.78 | 297 | 113.03 | 43 | 151.93 | 0 | 205 | 363.73 | 1.42 | 1.54 | 411.34 |
| 1996 | 1263 | 234 | 205 | 254.01 | 1.43 | 1.54 | 288.05 | 297 | 114.86 | 43 | 152.96 | 0 | 205 | 365.73 | 1.43 | 1.54 | 413.48 |
| 1997 | 1283 | 234 | 205 | 255.29 | 1.43 | 1.54 | 289.32 | 297 | 116.69 | 43 | 153.99 | 0 | 205 | 367.73 | 1.43 | 1.54 | 415.62 |
| 1998 | 1303 | 234 | 205 | 256.57 | 1.43 | 1.54 | 290.59 | 297 | 118.52 | 43 | 155.02 | 0 | 205 | 369.73 | 1.43 | 1.54 | 417.76 |
| 1999 | 1323 | 234 | 205 | 257.85 | 1.43 | 1.54 | 291.86 | 297 | 120.35 | 43 | 156.05 | 0 | 205 | 371.73 | 1.43 | 1.54 | 419.9 |

Tabla 4.4.1.2 Datos de escurrimientos en la cuenca del Río Cutzamala (véase Cap. III. aptdo.3.6 sección 6.)

| ESTACION: | | El Gallo |
|------------|-----------|---------------|
| CORRIENTE: | | Río Cutzamala |
| CUENCA: | | RÍO BALSAS |
| AÑO | ANUAL | |
| 1960 | 2708.09 | |
| 1961 | 2186.00 | |
| 1962 | 2835.70 | |
| 1963 | 2656.50 | |
| 1964 | 2932.00 | |
| 1965 | 2528.50 | |
| 1966 | 3008.20 | |
| 1967 | 5117.20 | |
| 1968 | 3544.30 | |
| 1969 | 3886.50 | |
| 1970 | 3730.60 | |
| 1971 | 4216.80 | |
| 1972 | 3141.60 | |
| 1973 | 4378.50 | |
| 1974 | 2735.40 | |
| 1975 | 3356.00 | |
| 1976 | 3186.50 | |
| 1977 | 2427.00 | |
| 1978 | 3112.70 | |
| 1979 | 2095.70 | |
| 1980 | 2821.90 | |
| 1981 | 3191.90 | |
| 1982 | 1241.20 | |
| 1983 | 2276.20 | |
| 1984 | 2650.80 | |
| 1985 | 2511.50 | |
| 1986 | 1529.20 | |
| 1987 | 1287.40 | |
| 1988 | 2483.20 | |
| 1989 | 1604.84 | |
| 1990 | 2120.47 | |
| 1991 | 2260.95 | |
| 1992 | 2270.51 | |
| 1993 | 2387.13 | |
| 1994 | 1913.13 | |
| 1995 | 3019.00 | |
| 1996 | 2014.10 | |
| 1997 | 1907.90 | |
| 1998 | 2777.36 | |
| 1999 | 2723.70 | |
| TOTAL | 108776.18 | |
| PROM | 2719.40 | |

Tabla 4.4.1.3 Evaporaciones en la cuenca del Cutzamala (Consultar Cap. III, apdo. 3.6 sección 6.)

| AÑO | ESTADO MICHOACÁN | | ESTADO VERACRUZ | | ESTADO QUERÉTARO | | ESTADO OAXACA | | ESTADO GUERRERO | | ESTADO TABASCO | | ESTADO YUCATÁN | | ESTADO CAMPECHE | | ESTADO QUINTANA ROO | | TOTAL | |
|-------|------------------|------------|-----------------|------------|------------------|------------|---------------|------------|-----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|-----------------|------------|---------------------|------------|----------|-----------|
| | ANUAL | RIO BALSAS | ANUAL | RIO BALSAS | ANUAL | RIO BALSAS | ANUAL | RIO BALSAS | ANUAL | RIO BALSAS | ANUAL | RIO BALSAS | ANUAL | RIO BALSAS | ANUAL | RIO BALSAS | ANUAL | RIO BALSAS | | |
| 1960 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 6.1 | 207 | 148 | 49 | 421,688 | | | | | | | | | | 49 | 423,399 |
| 1961 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 7,811 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,052 |
| 1962 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 8,464 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,312 |
| 1963 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,724 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,764 |
| 1964 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 10,077 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,658 |
| 1965 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 10,962 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 426,552 |
| 1966 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 10,15 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,738 |
| 1967 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,743 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,331 |
| 1968 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,232 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,822 |
| 1969 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,054 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,642 |
| 1970 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,016 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,604 |
| 1971 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,316 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,904 |
| 1972 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,166 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,754 |
| 1973 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,124 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,712 |
| 1974 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,034 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,622 |
| 1975 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,179 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,767 |
| 1976 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,522 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,111 |
| 1977 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,61 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,198 |
| 1978 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,651 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,239 |
| 1979 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,712 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,3 |
| 1980 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,364 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,952 |
| 1981 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,534 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 425,122 |
| 1982 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,082 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,5 |
| 1983 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,132 | 207 | 148 | 49 | 423,399 | | | | | | | | | | 49 | 424,565 |
| 1984 | 3,027 | 1,743 | 1,743 | 1,958 | 9,32 | 207 | 148 | 49 | 420,084 | | | | | | | | | | 49 | 420,084 |
| 1985 | 3,148 | 1,858 | 1,858 | 1,958 | 8,888 | 207 | 148 | 49 | 417,778 | | | | | | | | | | 49 | 417,778 |
| 1986 | 1,239 | 1,826 | 1,826 | 1,825 | 9,118 | 207 | 148 | 49 | 419,886 | | | | | | | | | | 49 | 419,886 |
| 1987 | 2,986 | 1,976 | 1,976 | 1,806 | 9,177 | 207 | 148 | 49 | 424,765 | | | | | | | | | | 49 | 424,765 |
| 1988 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,128 | 207 | 148 | 49 | 424,716 | | | | | | | | | | 49 | 424,716 |
| 1989 | 3,148 | 4,049 | 4,049 | 4,391 | 9,166 | 207 | 148 | 49 | 424,327 | | | | | | | | | | 49 | 424,327 |
| 1990 | 3,118 | 3,951 | 3,951 | 4,282 | 9,308 | 207 | 148 | 49 | 418,252 | | | | | | | | | | 49 | 418,252 |
| 1991 | 0,763 | 1,688 | 1,688 | 2,493 | 8,81 | 207 | 148 | 49 | 419,221 | | | | | | | | | | 49 | 419,221 |
| 1992 | 0,702 | 3,149 | 2,56 | 2,403 | 9,489 | 207 | 148 | 49 | 418,833 | | | | | | | | | | 49 | 418,833 |
| 1993 | 0,885 | 2,056 | 2,056 | 2,357 | 9,689 | 207 | 148 | 49 | 419,063 | | | | | | | | | | 49 | 419,063 |
| 1994 | 0,908 | 2,109 | 2,109 | 2,556 | 9,564 | 207 | 148 | 49 | 419,142 | | | | | | | | | | 49 | 419,142 |
| 1995 | 0,921 | 2,101 | 2,101 | 2,707 | 9,239 | 207 | 148 | 49 | 419,366 | | | | | | | | | | 49 | 419,366 |
| 1996 | 1,013 | 2,407 | 2,407 | 2,661 | 9,239 | 207 | 148 | 49 | 418,673 | | | | | | | | | | 49 | 418,673 |
| 1997 | 0,524 | 2,249 | 2,249 | 2,530 | 9,239 | 207 | 148 | 49 | 418,450 | | | | | | | | | | 49 | 418,450 |
| 1998 | 0,896 | 1,785 | 1,785 | 3,436 | 9,239 | 207 | 148 | 49 | 423,030 | | | | | | | | | | 49 | 423,030 |
| 1999 | 2,815 | 3,436 | 3,436 | 3,740 | 9,239 | 207 | 148 | 49 | 423,030 | | | | | | | | | | 49 | 423,030 |
| TOTAL | 104,593 | 137,431 | 137,431 | 149,604 | 369,561 | 8280,000 | 5920,000 | 1960,000 | 16921,189 | | | | | | | | | | 1960,000 | 16921,189 |
| PROM. | 2,615 | 3,436 | 3,436 | 3,740 | 9,239 | 207,000 | 148,000 | 49,000 | 423,030 | | | | | | | | | | 49,000 | 423,030 |

Tabla 4.4.1.4 Cálculo del escurrimiento virgen natural en la subcuenca del Cutzamala (véase Cap. III. aptdo. 3.6 sección 8)

| CALCULO DE LA ESTIMACIÓN DEL ESCURRIMIENTO VIRGEN ANUAL PROMEDIO PARA LA CUENCA DEL RÍO CUTZAMALA | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------|----------|------------|-------------------|-----------|--|----------------------------|-------------------------------------|--|----|
| Corriente: Río Cutzamala | | | Subcuenca: Cutzamala | | | | Cuenca: Cutzamala | | | Región Hidrométrica: 18 | | | |
| Subregión hidrológica: 18B | | | SUPERFICIE: 10783.7 Km ² | | | | | | Precipitación Anual Promedio: 1,006.3 mm | | | | |
| AÑO | E.H.
EL GALLO
Ab | EVAP.
VASOS
Ev | USOS CONSUNTIVOS | | | | | | | TOTAL
USO
CONSUNTIVO | EXP.
SISTEMA
CUTZAMAL
EXP. | véase
(Cap. III. Exp. 3.2.2.1)
ESCURRIMIENTO
VIRGEN | |
| | | | PUBLICO
URBANO | SERVICIOS | PECUARIO | ABREVADERO | DISTRITO | UNIDADES | INDUSTRI | | | EXP. | Cp |
| 1960 | 2708.09 | 423.402 | 35.693 | 1.157 | 4.299 | 0.814 | 20.5 | 296.07 | 0.928 | 359.461 | 0 | 3490.956 | |
| 1961 | 2186 | 424.055 | 35.83 | 1.183 | 4.299 | 0.831 | 20.5 | 297.558 | 0.928 | 361.129 | 0 | 2971.184 | |
| 1962 | 2835.7 | 425.315 | 35.971 | 1.21 | 4.299 | 0.848 | 20.5 | 299.053 | 0.928 | 362.609 | 0 | 3623.824 | |
| 1963 | 2656.5 | 424.767 | 36.116 | 1.238 | 4.299 | 0.865 | 20.5 | 300.556 | 0.928 | 364.502 | 0 | 3445.769 | |
| 1964 | 2932 | 425.661 | 36.283 | 1.267 | 4.299 | 0.883 | 20.5 | 302.066 | 0.928 | 366.226 | 0 | 3723.887 | |
| 1965 | 2528.5 | 426.553 | 36.414 | 1.296 | 4.299 | 0.901 | 20.5 | 303.584 | 0.928 | 367.922 | 0 | 3322.975 | |
| 1966 | 3008.2 | 425.741 | 36.568 | 1.326 | 4.299 | 0.919 | 20.5 | 305.11 | 1.077 | 369.799 | 0 | 3803.74 | |
| 1967 | 5117.2 | 425.334 | 36.726 | 1.356 | 4.299 | 0.938 | 20.5 | 306.643 | 1.077 | 371.539 | 0 | 5914.073 | |
| 1968 | 3544.3 | 424.823 | 36.888 | 1.387 | 4.299 | 0.957 | 20.5 | 308.184 | 1.077 | 373.292 | 0 | 4342.415 | |
| 1969 | 3886.5 | 424.645 | 37.053 | 1.419 | 4.299 | 0.976 | 20.5 | 309.733 | 1.077 | 375.057 | 0 | 4686.202 | |
| 1970 | 3730.6 | 424.607 | 37.222 | 1.452 | 4.299 | 0.996 | 20.5 | 311.289 | 1.23 | 376.988 | 0 | 4532.195 | |
| 1971 | 4216.8 | 424.907 | 37.41 | 1.488 | 4.299 | 1.017 | 20.5 | 312.853 | 1.23 | 378.797 | 0 | 5020.504 | |
| 1972 | 3141.6 | 424.757 | 37.602 | 1.525 | 4.299 | 1.037 | 20.5 | 314.425 | 1.23 | 380.618 | 0 | 3946.975 | |
| 1973 | 4378.5 | 424.715 | 37.8 | 1.563 | 4.299 | 1.059 | 20.5 | 316.005 | 1.23 | 382.456 | 0 | 5185.671 | |
| 1974 | 2735.4 | 424.625 | 38.002 | 1.602 | 4.299 | 1.06 | 20.5 | 317.593 | 1.23 | 384.286 | 0 | 3544.311 | |
| 1975 | 3356 | 424.77 | 38.209 | 1.642 | 4.299 | 1.102 | 20.5 | 319.189 | 1.23 | 386.171 | 0 | 4166.941 | |
| 1976 | 3186.5 | 425.113 | 38.421 | 1.683 | 4.299 | 1.125 | 20.5 | 320.793 | 1.308 | 388.129 | 0 | 3999.742 | |
| 1977 | 2427 | 425.201 | 38.639 | 1.725 | 4.299 | 1.148 | 20.5 | 322.405 | 1.308 | 390.024 | 0 | 3242.225 | |
| 1978 | 3112.7 | 425.242 | 38.862 | 1.768 | 4.299 | 1.171 | 20.5 | 324.026 | 1.308 | 391.934 | 0 | 3929.876 | |
| 1979 | 2095.7 | 425.303 | 39.091 | 1.813 | 4.299 | 1.195 | 20.5 | 325.654 | 1.308 | 393.86 | 0 | 2914.863 | |
| 1980 | 2821.9 | 424.955 | 39.325 | 1.858 | 4.299 | 1.219 | 20.5 | 327.284 | 1.308 | 395.793 | 0 | 3642.648 | |
| 1981 | 3191.9 | 425.125 | 39.497 | 1.891 | 4.299 | 1.244 | 20.5 | 328.923 | 1.384 | 397.738 | 0 | 4014.763 | |
| 1982 | 1241.2 | 425.503 | 39.671 | 1.925 | 4.299 | 1.27 | 20.5 | 330.57 | 1.384 | 399.619 | 63.808 | 2130.13 | |
| 1983 | 2276.2 | 419.666 | 39.849 | 1.958 | 4.299 | 1.296 | 39.5 | 332.225 | 1.384 | 420.511 | 117.727 | 3234.104 | |
| 1984 | 2650.8 | 420.086 | 40.001 | 1.994 | 4.299 | 1.322 | 28.9 | 333.889 | 1.384 | 411.789 | 97.753 | 3580.428 | |
| 1985 | 2511.5 | 417.779 | 40.213 | 2.029 | 4.299 | 1.349 | 20.5 | 335.561 | 1.384 | 405.335 | 142.194 | 3476.808 | |
| 1986 | 1529.2 | 419.887 | 40.412 | 2.068 | 4.299 | 1.356 | 38.1 | 337.241 | 1.403 | 424.879 | 194.706 | 2568.672 | |
| 1987 | 1287.4 | 424.768 | 40.612 | 2.106 | 4.299 | 1.363 | 32.63 | 338.929 | 1.423 | 421.362 | 223.835 | 2357.365 | |
| 1988 | 2483.2 | 424.719 | 40.811 | 2.145 | 4.299 | 1.37 | 32.63 | 340.626 | 1.442 | 423.323 | 241.644 | 3572.886 | |
| 1989 | 1604.8 | 424.529 | 41.011 | 2.183 | 4.299 | 1.377 | 32.63 | 342.332 | 1.461 | 425.293 | 295.031 | 2749.689 | |
| 1990 | 2120.5 | 418.252 | 41.21 | 2.222 | 4.299 | 1.385 | 24.564 | 344.046 | 1.48 | 419.206 | 283.873 | 3241.801 | |
| 1991 | 2261.0 | 419.221 | 41.409 | 2.26 | 4.299 | 1.392 | 24.564 | 345.769 | 1.5 | 421.193 | 329.845 | 3431.212 | |
| 1992 | 2270.5 | 418.833 | 41.609 | 2.299 | 4.299 | 1.399 | 39.279 | 347.498 | 1.519 | 437.902 | 321.811 | 3449.055 | |
| 1993 | 2387.1 | 419.063 | 41.808 | 2.337 | 4.299 | 1.406 | 39.677 | 349.235 | 1.538 | 440.3 | 361.945 | 3608.435 | |
| 1994 | 1913.1 | 419.141 | 42.405 | 2.337 | 4.299 | 1.413 | 36.42 | 350.981 | 2.719 | 440.574 | 451.838 | 3224.680 | |
| 1995 | 3019.0 | 419.366 | 43.001 | 2.337 | 4.299 | 1.42 | 42.033 | 352.736 | 3.9 | 449.726 | 454.513 | 4342.605 | |
| 1996 | 2014.1 | 418.178 | 43.001 | 2.337 | 4.299 | 1.427 | 96.9 | 354.5 | 3.9 | 506.364 | 471.93 | 3410.572 | |
| 1997 | 1907.9 | 423.2 | 43.001 | 2.337 | 4.299 | 1.427 | 96.9 | 354.5 | 3.9 | 506.364 | 471.93 | 3309.396 | |
| 1998 | 2777.4 | 423.2 | 43.001 | 2.337 | 4.299 | 1.427 | 96.9 | 354.5 | 3.9 | 506.364 | 471.93 | 4178.849 | |
| 1999 | 2723.7 | 423.2 | 43.001 | 2.337 | 4.299 | 1.427 | 96.9 | 354.5 | 3.9 | 506.364 | 471.93 | 4125.199 | |
| TOTAL | 108776.2 | 16928.207 | 1569.648 | 72.397 | 171.96 | 47.131 | 1290.527 | 13068.634 | 64.701 | 16284.998 | 5468.243 | 147457.6259 | |
| PROM. | 2719.4 | 423.205 | 39.241 | 1.810 | 4.299 | 1.178 | 32.263 | 326.716 | 1.618 | 407.125 | 136.706 | 3686.441 | |

*B. DE LA
CUENCA DEL RÍO MEDIO
BALSA*

Tabla 4.4.1.6 Escurremientos en la subcuenca del Río Medio Balsas
(Consultar Cap. III aptdo. 3.6 sección 6.)

| ESTACIÓN: San Juan Tetelcingo | | La Caimanera | | El Gallo |
|-------------------------------|------------|--------------|------------|---------------|
| CORRIENTE: Río Mezcala | | Río Balsas | | Río Cutzamala |
| CUENCA: RÍO BALSAS | | RÍO BALSAS | | RÍO BALSAS |
| AÑO | ANUAL | | ANUAL | ANUAL |
| 1960 | 4447.800 | | 10714.000 | 2708.09 |
| 1961 | 4725.100 | | 12948.400 | 2186 |
| 1962 | 3395.700 | | 10482.700 | 2835.7 |
| 1963 | 4098.400 | | 11514.900 | 2656.5 |
| 1964 | 4304.300 | | 14119.600 | 2932 |
| 1965 | 5072.100 | | 14062.200 | 2528.5 |
| 1966 | 4418.700 | | 10724.800 | 3008.2 |
| 1967 | 4247.100 | | 16753.700 | 5117.2 |
| 1968 | 3309.800 | | 9522.700 | 3544.3 |
| 1969 | 5298.200 | | 12284.300 | 3886.5 |
| 1970 | 4919.400 | | 11884.000 | 3730.6 |
| 1971 | 5566.900 | | 13003.500 | 4216.8 |
| 1972 | 4437.600 | | 10368.000 | 3141.6 |
| 1973 | 5607.200 | | 14147.900 | 4378.5 |
| 1974 | 4394.100 | | 11350.500 | 2735.4 |
| 1975 | 5569.800 | | 10374.800 | 3356 |
| 1976 | 4599.700 | | 10433.300 | 3186.5 |
| 1977 | 3811.200 | | 8563.200 | 2427 |
| 1978 | 3782.100 | | 9890.700 | 3112.7 |
| 1979 | 3315.800 | | 7309.700 | 2095.7 |
| 1980 | 4571.400 | | 10251.900 | 2821.9 |
| 1981 | 6875.400 | | 14960.900 | 3191.9 |
| 1982 | 2148.300 | | 5058.400 | 1241.2 |
| 1983 | 3188.300 | | 7144.000 | 2276.2 |
| 1984 | 5388.800 | | 12502.000 | 2650.8 |
| 1985 | 5002.300 | | 11255.800 | 2511.5 |
| 1986 | 2584.200 | | 4363.600 | 1529.2 |
| 1987 | 3571.500 | | 6061.200 | 1287.4 |
| 1988 | 3457.000 | | 8437.400 | 2483.2 |
| 1989 | 4278.100 | | 8914.100 | 1604.8 |
| 1990 | 3782.200 | | 8629.400 | 2120.5 |
| 1991 | 4285.400 | | 8547.800 | 2261.0 |
| 1992 | 4039.500 | | 9461.000 | 2270.5 |
| 1993 | 3426.400 | | 9826.600 | 2387.1 |
| 1994 | 3082.300 | | 7828.500 | 1913.1 |
| 1995 | 4573.100 | | 13020.000 | 3019.0 |
| 1996 | 3869.300 | | 10309.200 | 2014.1 |
| 1997 | 4255.257 | | 6766.697 | 1907.9 |
| 1998 | 4255.300 | | 12524.196 | 2777.4 |
| 1999 | 4255.300 | | 9574.174 | 2723.7 |
| TOTAL | 170210.357 | | 415889.767 | 108776.2 |
| PROM | 4255.259 | | 10397.244 | 2719.4 |

Tabla 4.4.1.7 Evaporaciones en la subcuenca del Río Medio Balsas
(véase Cap. III. aptdo. 3.6 sección 6.)

| EVAPORACION EN PRESAS DE LA CUENCA MEDIO BALSAS | | | | | |
|---|------------|--------|--------|---------|-------|
| AÑO | A-FIGUEROA | V-GRO | V-TRUJ | EL PEJO | TOTAL |
| 1960 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1961 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1962 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1963 | 7.3 | 16.5 | 7.4 | 3.5 | 34.7 |
| 1964 | 7.3 | 16.5 | 9.7 | 3.5 | 37 |
| 1965 | 7.3 | 16.5 | 8.8 | 3.5 | 36.1 |
| 1966 | 7.3 | 16.5 | 8.3 | 3.5 | 35.6 |
| 1967 | 7.3 | 16.5 | 8.3 | 3.5 | 35.6 |
| 1968 | 7.3 | 16.5 | 7.9 | 3.5 | 35.2 |
| 1969 | 7.3 | 16.5 | 7.2 | 3.5 | 34.5 |
| 1970 | 7.3 | 16.5 | 7.5 | 3.5 | 34.8 |
| 1971 | 7.3 | 16.5 | 7.4 | 3.5 | 34.7 |
| 1972 | 7.3 | 16.5 | 7.5 | 3.5 | 34.8 |
| 1973 | 7.3 | 16.5 | 7.5 | 3.5 | 34.8 |
| 1974 | 7.3 | 16.5 | 9.9 | 3.5 | 37.2 |
| 1975 | 7.3 | 16.5 | 8.2 | 3.5 | 35.5 |
| 1976 | 7.3 | 16.5 | 7.1 | 3.5 | 34.4 |
| 1977 | 7.3 | 16.5 | 8.4 | 3.5 | 35.7 |
| 1978 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1979 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1980 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1981 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1982 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1983 | 7.3 | 15.9 | 8.1 | 3.4 | 34.7 |
| 1984 | 7.3 | 19 | 8.1 | 1.2 | 35.6 |
| 1985 | 7.3 | 17.9 | 8.1 | 1.2 | 34.5 |
| 1986 | 7.3 | 17.6 | 8.1 | 1.2 | 34.2 |
| 1987 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1988 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1989 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1990 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1991 | 7.3 | 16.5 | 8.1 | 3.5 | 35.4 |
| 1992 | 7.3 | 16.5 | 7.4 | 3.5 | 34.7 |
| 1993 | 6.2 | 23.3 | 7.5 | 3.5 | 40.5 |
| 1994 | 5.7 | 17.2 | 7.2 | 3.5 | 33.6 |
| 1995 | 6 | 13.6 | 8.6 | 3.5 | 31.7 |
| 1996 | 6.7 | 11.4 | 7.1 | 3.5 | 28.7 |
| 1997 | 4.277 | 14.055 | 9.486 | 3.472 | 31.3 |
| 1998 | 5.831 | 16.487 | 9.695 | 3.472 | 35.5 |
| 1999 | 7.31 | 16.487 | 8.101 | 3.472 | 35.4 |

Tabla 4.4.1.8 Cálculo del escurrimiento virgen natural en la subcuenca del Río Medio Balsas (Cap. III. Aptdo. 3.6 sección B.)

| AÑO | | Subregión hidrológica 188 | | | | | | | | | | USOS CONSUNTIVOS | | | | | | | | | | TOTAL
Uc | ESCURRIMIENTO
Cp | vase
(Cap. III. Exp. 3.2.2.1) | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------|------------------------------|------------|-----------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------|-------------------|---------|-------------------------|-----------|------------|--|-----------|-----------|-----------|--|------------|--|-------------|---------------------|----------------------------------|-----------|---------------------|----------------------------------|--|--|------------|--|--|--|--|
| | | Comente. Rio Balsas | | | | | | | | | | Región Hidrométrica 188 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Subcuenca Medio Balsas | | | | | superficie 21210 km ² | | | | | HIDROAGRÍCOLA | | | | | INDUSTRIA | | | | | | | | SERVICIOS | | | | | ABREVADERO | | | | |
| E.H.
TELEFONICO
AA Tet | | E.H.
EL GALLO
AA Gollo | | E.H.
CALMANERA
AB Col | | E.VAP
VASOS
Ev | | IMPORTACIÓN
AMACUZAC
IM | | PÚBLICO
URBANO | | DISTRITO | | UNIDADES | | INDUSTRIA | | SERVICIOS | | ABREVADERO | | PECUARIO | | TOTAL
Uc | | ESCURRIMIENTO
Cp | vase
(Cap. III. Exp. 3.2.2.1) | | | | | | | |
| 1960 | 4447.8 | 2704.73 | 10714 | 35.37 | 6.307 | 15.243 | 42.64 | 40.71 | 0.026 | 0.031 | 0.487 | 2.002 | 101.135 | 3691.672 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1961 | 4725.1 | 2186 | 12948.4 | 35.37 | 6.307 | 15.292 | 42.64 | 40.914 | 0.026 | 0.031 | 0.497 | 2.002 | 101.402 | 6167.765 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1962 | 3395.7 | 2835.7 | 10482.7 | 35.37 | 6.307 | 15.342 | 42.64 | 41.12 | 0.026 | 0.031 | 0.507 | 2.002 | 101.668 | 4382.031 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1963 | 4098.4 | 2156.5 | 11514.9 | 34.646 | 6.307 | 15.391 | 42.64 | 41.327 | 0.026 | 0.031 | 0.518 | 2.002 | 101.935 | 4890.274 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1964 | 4304.3 | 2932 | 36.981 | 36.076 | 6.307 | 15.441 | 67.04 | 41.534 | 0.026 | 0.031 | 0.528 | 2.002 | 126.602 | 7040.576 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1965 | 5072.1 | 2528.5 | 14062.2 | 35.604 | 6.307 | 15.49 | 67.04 | 41.743 | 0.026 | 0.031 | 0.539 | 2.002 | 126.871 | 6618.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1966 | 4418.7 | 3008.2 | 10724.8 | 35.604 | 6.307 | 15.54 | 67.04 | 41.953 | 0.026 | 0.031 | 0.55 | 2.002 | 127.142 | 3454.339 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1967 | 4247.1 | 5117.2 | 16753.7 | 35.993 | 6.307 | 15.59 | 67.04 | 42.164 | 0.026 | 0.031 | 0.561 | 2.002 | 127.414 | 7946.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1968 | 3409.8 | 3544.3 | 9522.7 | 35.213 | 6.307 | 15.64 | 67.04 | 42.375 | 0.026 | 0.031 | 0.573 | 2.002 | 127.687 | 2725.193 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1969 | 5298.2 | 3886.5 | 12284.3 | 34.506 | 6.307 | 15.691 | 67.04 | 42.588 | 0.026 | 0.031 | 0.585 | 2.002 | 127.963 | 3255.762 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1970 | 4919.4 | 3730.6 | 11884 | 34.813 | 6.307 | 15.742 | 184.3 | 42.802 | 0.026 | 0.031 | 0.596 | 2.002 | 128.235 | 3507.995 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1971 | 5567.01 | 4216.8 | 13003.5 | 34.713 | 6.307 | 15.801 | 184.3 | 43.018 | 0.026 | 0.031 | 0.609 | 2.002 | 128.507 | 3493.883 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1972 | 4337.611 | 3141.6 | 10368 | 34.734 | 6.307 | 15.86 | 184.3 | 43.234 | 0.026 | 0.031 | 0.621 | 2.002 | 128.774 | 3163.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1973 | 5607.2 | 4378.5 | 14147.9 | 34.756 | 6.307 | 15.919 | 184.3 | 43.451 | 0.026 | 0.031 | 0.634 | 2.002 | 129.042 | 4437.012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1974 | 4394.1 | 2741.4 | 11350.5 | 37.198 | 6.307 | 15.979 | 184.3 | 43.669 | 0.026 | 0.031 | 0.647 | 2.002 | 129.31 | 4492.245 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1975 | 5569.677 | 3156 | 10374.8 | 35.437 | 6.307 | 16.039 | 184.3 | 43.889 | 0.026 | 0.031 | 0.66 | 2.002 | 129.578 | 1726.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1976 | 4599.646 | 3186.5 | 10433.3 | 34.341 | 6.307 | 16.098 | 184.3 | 44.109 | 0.026 | 0.031 | 0.674 | 2.002 | 129.846 | 2922.428 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1977 | 3811.01 | 2427 | 9563.2 | 35.663 | 6.307 | 16.16 | 184.3 | 44.331 | 0.026 | 0.032 | 0.687 | 2.002 | 130.114 | 2602.084 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1978 | 3782.1 | 3112.7 | 9890.7 | 35.37 | 6.307 | 16.22 | 184.3 | 44.554 | 0.026 | 0.032 | 0.701 | 2.002 | 130.382 | 3272.798 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1979 | 3315.8 | 2095.7 | 7309.7 | 35.37 | 6.307 | 21.012 | 184.3 | 44.778 | 0.026 | 0.032 | 0.715 | 2.002 | 130.65 | 252.865 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1980 | 4571.4 | 2821.9 | 10251.9 | 35.37 | 6.307 | 21.073 | 237.6 | 45.003 | 0.026 | 0.032 | 0.745 | 2.002 | 130.922 | 306.774 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1981 | 6875.4 | 3191.9 | 14960.9 | 35.37 | 6.307 | 21.14 | 237.6 | 45.229 | 0.026 | 0.032 | 0.745 | 2.002 | 131.19 | 5229.437 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1982 | 234.7 | 1241.15 | 5058.4 | 35.37 | 6.307 | 21.207 | 237.6 | 45.456 | 0.026 | 0.032 | 0.76 | 2.002 | 131.466 | 2180.126 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1983 | 1265.5 | 2276.221 | 7144 | 34.8 | 6.307 | 21.274 | 237.6 | 45.684 | 0.026 | 0.032 | 0.776 | 2.002 | 131.734 | 3918.687 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1984 | 3128.2 | 2650.789 | 12502 | 35.575 | 6.307 | 21.341 | 286.4 | 45.914 | 0.026 | 0.032 | 0.791 | 2.002 | 132.002 | 3938.209 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1985 | 2624.1 | 2511.5 | 11256 | 34.575 | 6.307 | 21.408 | 294.8 | 46.145 | 0.026 | 0.032 | 0.808 | 2.002 | 132.27 | 356.506 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1986 | 719.4 | 1529.081 | 4363.6 | 34.285 | 6.307 | 21.477 | 377.3 | 46.377 | 0.026 | 0.032 | 0.813 | 2.002 | 132.538 | 365.231 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1987 | 3571.438 | 1287.315 | 6061.15 | 35.37 | 6.307 | 21.545 | 377.3 | 46.61 | 0.026 | 0.032 | 0.818 | 2.002 | 132.806 | 448.027 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1988 | 3456.83 | 2483.198 | 8437.28 | 35.37 | 6.307 | 21.613 | 377.3 | 46.844 | 0.026 | 0.032 | 0.823 | 2.002 | 133.074 | 1679.793 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1989 | 4277.978 | 1471.082 | 8914.08 | 35.37 | 6.307 | 31.142 | 377.3 | 47.079 | 0.026 | 0.032 | 0.829 | 2.002 | 133.342 | 2974.955 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1990 | 3782.244 | 1927.814 | 8729.39 | 35.37 | 6.307 | 31.211 | 412.5 | 47.316 | 0.026 | 0.032 | 0.834 | 2.002 | 133.61 | 3652.493 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1991 | 4285.455 | 1840.438 | 8547.611 | 35.37 | 6.307 | 31.285 | 473.54 | 47.554 | 0.026 | 0.032 | 0.839 | 2.002 | 133.878 | 493.921 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1992 | 4039.558 | 2081.198 | 9460.855 | 54.622 | 6.307 | 31.36 | 369.6 | 47.792 | 0.026 | 0.032 | 0.845 | 2.002 | 134.146 | 2926.119 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1993 | 3426.445 | 2188.172 | 9826.543 | 40.445 | 6.307 | 31.435 | 413.3 | 48.032 | 0.026 | 0.032 | 0.85 | 2.002 | 134.414 | 451.657 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1994 | 3082.139 | 1753.77 | 7828.471 | 33.545 | 6.307 | 31.54 | 384.8 | 48.27 | 0.026 | 0.032 | 0.855 | 2.002 | 134.682 | 495.677 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1995 | 4572.964 | 3019.003 | 13020.126 | 31.677 | 6.307 | 31.645 | 448.9 | 48.516 | 0.026 | 0.032 | 0.861 | 2.002 | 134.95 | 3487.329 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1996 | 3869.171 | 2014.042 | 10309.12 | 28.67 | 6.307 | 31.75 | 471.5 | 48.76 | 0.026 | 0.032 | 0.866 | 2.002 | 135.218 | 5985.511 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1997 | 4255.257 | 1907.902 | 6766.697 | 31.29 | 6.307 | 31.79 | 436.8 | 49 | 0.026 | 0.032 | 0.871 | 2.002 | 135.486 | 5003.206 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1998 | 4255.300 | 2777.355 | 12524.196 | 35.485 | 6.307 | 31.79 | 436.8 | 49 | 0.026 | 0.032 | 0.871 | 2.002 | 135.754 | 1149.043 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1999 | 4255.300 | 2723.705 | 9374.174 | 35.370 | 6.307 | 31.790 | 436.800 | 49.000 | 0.026 | 0.032 | 0.871 | 2.002 | 136.018 | 6041.240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL
PROM | 15986.9462 | 107483.9648 | 415989.397 | 1400.423128 | 232.28 | 858.306 | 9661.2 | 1797.648 | 1.04 | 1.263 | 28.3359 | 80.08 | 12428.073 | 162212.202 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3996.736 | 2687.099 | 10399.735 | 35.011 | 6.307 | 21.458 | 241.550 | 44.946 | 0.026 | 0.032 | 0.708 | 2.002 | 310.702 | 4055.305 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*C. DE LA
CUENCA DEL RÍO
CUPATZUTZUT*

Tabla 4.4.1.9 Usos Consuntivos en la subcuenca del Río Cupatitzio
(Consultar Cap. III. Aptdo. 3.6 sección 6.)

| AÑO | MICHOACÁN | | | | | | TOTAL |
|------|-------------------|-----------|---------------|--------|------------|------------|---------|
| | PÚBLICO
URBANO | SERVICIOS | HIDROAGRÍCOLA | | ABREVADERO | INDUSTRIAL | |
| | | | DISTRITO | UNIDAD | | | |
| 1960 | 11.58 | 0.0015 | 315.5 | 33.11 | 2.01 | 0.0036 | 362.205 |
| 1961 | 11.85 | 0.0015 | 315.5 | 33.28 | 2.05 | 0.0036 | 362.685 |
| 1962 | 12.12 | 0.0016 | 315.5 | 33.44 | 2.09 | 0.0036 | 363.155 |
| 1963 | 12.4 | 0.0016 | 315.5 | 33.61 | 2.13 | 0.0036 | 363.645 |
| 1964 | 12.69 | 0.0016 | 315.5 | 33.78 | 2.18 | 0.0036 | 364.155 |
| 1965 | 12.98 | 0.0017 | 315.5 | 33.95 | 2.22 | 0.0036 | 364.655 |
| 1966 | 13.28 | 0.0017 | 315.5 | 34.12 | 2.29 | 0.0042 | 365.196 |
| 1967 | 13.58 | 0.0017 | 315.5 | 34.29 | 2.31 | 0.0042 | 365.686 |
| 1968 | 13.89 | 0.0018 | 315.5 | 34.47 | 2.36 | 0.0042 | 366.226 |
| 1969 | 14.21 | 0.0018 | 315.5 | 34.64 | 2.41 | 0.0042 | 366.766 |
| 1970 | 14.54 | 0.0019 | 315.5 | 34.81 | 2.46 | 0.0048 | 367.317 |
| 1971 | 14.9 | 0.0019 | 315.5 | 34.99 | 2.51 | 0.0048 | 367.907 |
| 1972 | 15.28 | 0.002 | 315.5 | 35.16 | 2.56 | 0.0048 | 368.507 |
| 1973 | 15.66 | 0.002 | 315.5 | 35.34 | 2.61 | 0.0048 | 369.117 |
| 1974 | 16.05 | 0.0021 | 315.5 | 35.52 | 2.66 | 0.0048 | 369.737 |
| 1975 | 16.45 | 0.0021 | 315.5 | 35.7 | 2.72 | 0.0048 | 370.377 |
| 1976 | 16.86 | 0.0022 | 315.5 | 35.88 | 2.77 | 0.0051 | 371.017 |
| 1977 | 17.28 | 0.0022 | 315.5 | 36.06 | 2.83 | 0.0051 | 371.677 |
| 1978 | 17.71 | 0.0023 | 315.5 | 36.24 | 2.89 | 0.0051 | 372.347 |
| 1979 | 18.15 | 0.0023 | 315.5 | 36.42 | 2.95 | 0.0051 | 373.027 |
| 1980 | 18.61 | 0.0024 | 315.5 | 36.6 | 3.01 | 0.0051 | 373.728 |
| 1981 | 18.94 | 0.0024 | 315.5 | 36.78 | 3.07 | 0.0054 | 374.298 |
| 1982 | 19.28 | 0.0025 | 315.5 | 36.97 | 3.13 | 0.0054 | 374.888 |
| 1983 | 19.62 | 0.0025 | 315.5 | 37.15 | 3.19 | 0.0054 | 375.468 |
| 1984 | 19.97 | 0.0026 | 426 | 37.34 | 3.26 | 0.0054 | 486.578 |
| 1985 | 20.02 | 0.0026 | 424.2 | 37.53 | 3.33 | 0.0054 | 485.088 |
| 1986 | 19.62 | 0.0027 | 422.4 | 37.71 | 3.35 | 0.0055 | 483.088 |
| 1987 | 19.97 | 0.0027 | 420.6 | 37.9 | 3.37 | 0.0056 | 481.848 |
| 1988 | 21.16 | 0.0028 | 418.8 | 38.09 | 3.39 | 0.0056 | 481.448 |
| 1989 | 21.58 | 0.0028 | 417 | 38.28 | 3.41 | 0.0057 | 480.279 |
| 1990 | 22.01 | 0.0029 | 415.2 | 38.47 | 3.43 | 0.0058 | 479.119 |
| 1991 | 22.44 | 0.0029 | 413.4 | 38.67 | 3.46 | 0.0059 | 477.979 |
| 1992 | 22.86 | 0.003 | 365.5 | 38.86 | 3.48 | 0.0059 | 430.709 |
| 1993 | 23.29 | 0.003 | 370.9 | 39.05 | 3.5 | 0.006 | 436.749 |
| 1994 | 24.5 | 0.0031 | 333.7 | 39.25 | 3.52 | 1.253 | 402.226 |
| 1995 | 25.7 | 0.0031 | 370.9 | 39.44 | 3.54 | 2.5 | 442.083 |
| 1996 | 26.9 | 0.0032 | 370.9 | 39.64 | 3.57 | 3.747 | 444.760 |
| 1997 | 28.11 | 0.0032 | 370.9 | 39.84 | 3.59 | 4.994 | 447.437 |
| 1998 | 26.9 | 0.0032 | 370.9 | 39.642 | 3.566 | 3.747 | 444.758 |
| 1999 | 26.9 | 0.0032 | 370.9 | 39.642 | 3.566 | 3.747 | 444.758 |

Tabla 4.4.1.10 Escurrimientos de la subcuenca del Río Cupatitzio (véase Cap. III. Apto. 3.6 sección 6.)

| ESTACIÓN:
CORRIENTE:
CUENCA: | | | La Pastoria
Río Cupatitzio
RÍO BALSAS |
|------------------------------------|-------|-----------|---|
| AÑO | ANUAL | | |
| | 1960 | 818.009 | |
| | 1961 | 952.529 | |
| | 1962 | 804.095 | |
| | 1963 | 866.231 | |
| | 1964 | 1016.345 | |
| | 1965 | 687.034 | |
| | 1966 | 725.319 | |
| | 1967 | 1223.384 | |
| | 1968 | 778.717 | |
| | 1969 | 796.987 | |
| | 1970 | 966.051 | |
| | 1971 | 830.45 | |
| | 1972 | 688.271 | |
| | 1973 | 1120.85 | |
| | 1974 | 820.795 | |
| | 1975 | 839.882 | |
| | 1976 | 827.167 | |
| | 1977 | 744.468 | |
| | 1978 | 795.674 | |
| | 1979 | 576.305 | |
| | 1980 | 582.89 | |
| | 1981 | 0.751 | |
| | 1982 | 475.143 | |
| | 1983 | 603.093 | |
| | 1984 | 925.66 | |
| | 1985 | 850.642 | |
| | 1986 | 435.693 | |
| | 1987 | 537.911 | |
| | 1988 | 680.953 | |
| | 1989 | 635.993 | |
| | 1990 | 698.539 | |
| | 1991 | 751.801 | |
| | 1992 | 742.574 | |
| | 1993 | 190.01 | |
| | 1994 | 644.304 | |
| | 1995 | 1031.683 | |
| | 1996 | 942.886 | |
| | 1997 | 708.56 | |
| | 1998 | 1058.172 | |
| | 1999 | 863.402 | |
| TOTAL | | 30239.223 | |
| PROM | | 755.981 | |

Tabla 4.4.1.11 Escurrimientos para correlación entre las estaciones
La Pastoría y la Caimanera (Consultar Cap. III. Apto. 3.6 sección 7.)

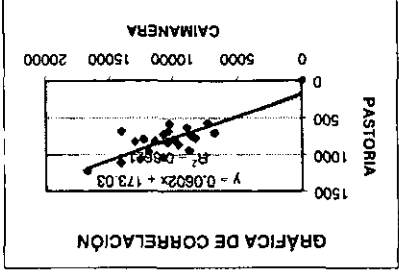
| ESTACIÓN:
CORRIENTE:
CUENCA: | | La Caimanera
Río Balsas
RÍO BALSAS |
|------------------------------------|-------|--|
| AÑO | ANUAL | |
| | 1960 | 10713.929 |
| | 1961 | 12948.48 |
| | 1962 | 10482.803 |
| | 1963 | 11514.966 |
| | 1964 | 14008.546 |
| | 1965 | 14062.304 |
| | 1966 | 10724.689 |
| | 1967 | 16753.717 |
| | 1968 | 8241.739 |
| | 1969 | 12284.187 |
| | 1970 | 11884.262 |
| | 1971 | 13004.298 |
| | 1972 | 10367.934 |
| | 1973 | 14147.67 |
| | 1974 | 11350.517 |
| | 1975 | 10374.812 |
| | 1976 | 10433.33 |
| | 1977 | 8563.166 |
| | 1978 | 9890.687 |
| | 1979 | 7308.674 |
| | 1980 | 10251.734 |
| | 1981 | 2.182 |
| | 1982 | 5018.493 |
| | 1983 | 7143.906 |
| | 1984 | 12502.159 |
| | 1985 | 11256.008 |
| | 1986 | 4363.174 |
| | 1987 | 6061.141 |
| | 1988 | 8437.265 |
| | 1989 | 8914.085 |
| | 1990 | 8729.377 |
| | 1991 | 9684.097 |
| | 1992 | 9460.859 |
| | 1993 | 282.064 |
| | 1994 | 7828.471 |
| | 1995 | 10760.031 |
| | 1996 | 8743.06 |
| | 1997 | 6766.697 |
| | 1998 | 12524.195 |
| | 1999 | 9574.176 |
| TOTAL | | 387363.884 |
| PROM | | 9684.097 |

Tabla 4.4.1.12 Correlación entre las estaciones La Pastoria y la Caimanera (Consultar Cap. III. Apdo. 3.6 sección 7.)

| AÑOS | n | XI | YI | XI YI | X ² | Y ² | (YI - Media de Y) ² |
|------|---|----|----|-------|----------------|----------------|--------------------------------|
|------|---|----|----|-------|----------------|----------------|--------------------------------|

CAIMANERA PASTORIA

| | | | | | | | |
|------|----|-----------|----------|-------------|--------------|------------|-----------|
| 1965 | 1 | 14062.304 | 687.034 | 9661280.97 | 197748393.79 | 472015.72 | 7260.52 |
| 1966 | 2 | 10724.689 | 725.319 | 7778820.70 | 115018954.15 | 526087.65 | 2201.83 |
| 1967 | 3 | 16753.717 | 1223.384 | 20496229.32 | 280687033.32 | 1496688.41 | 203528.49 |
| 1968 | 4 | 8241.739 | 778.717 | 6417982.27 | 67926261.74 | 606400.17 | 41.92 |
| 1969 | 5 | 12284.187 | 796.987 | 9790337.34 | 150901250.25 | 635188.28 | 612.28 |
| 1970 | 6 | 11884.262 | 966.051 | 11480803.19 | 141235883.28 | 933254.53 | 37561.66 |
| 1971 | 7 | 13004.298 | 830.45 | 10799419.27 | 169111766.47 | 689647.20 | 3388.09 |
| 1972 | 8 | 10367.934 | 688.271 | 7139948.30 | 107494055.43 | 473716.97 | 7051.24 |
| 1973 | 9 | 14147.67 | 1120.85 | 15857415.92 | 200156566.43 | 1256304.72 | 121527.06 |
| 1974 | 10 | 11350.517 | 820.795 | 9316447.60 | 128834236.17 | 673704.43 | 121527.06 |
| 1975 | 11 | 10374.812 | 839.882 | 8713617.85 | 107436724.04 | 705401.77 | 4975.08 |
| 1976 | 12 | 10433.33 | 827.167 | 6830106.28 | 108854374.89 | 684205.25 | 3016.48 |
| 1977 | 13 | 8563.166 | 744.408 | 6374489.28 | 73327811.94 | 554143.27 | 774.77 |
| 1978 | 14 | 9890.887 | 795.674 | 7869762.49 | 97825689.33 | 633097.11 | 549.03 |
| 1979 | 15 | 7308.674 | 576.305 | 4212025.37 | 53416715.64 | 332127.45 | 38391.58 |
| 1980 | 16 | 10251.734 | 582.89 | 5975633.23 | 105098050.01 | 339760.75 | 35854.44 |
| 1981 | 17 | 2.182 | 0.752 | 1.64 | 4.76 | 0.57 | 595197.88 |
| 1989 | 18 | 8914.085 | 635.993 | 5669295.66 | 79460911.39 | 404487.10 | 18563.98 |
| 1996 | 20 | 8743.06 | 942.885 | 8243700.13 | 76441098.16 | 889032.12 | 29118.80 |
| 1997 | 21 | 6766.697 | 708.56 | 4794610.83 | 45788188.29 | 502027.27 | 4055.48 |
| 1998 | 22 | 12524.195 | 1058.169 | 13252714.90 | 156855460.40 | 1119721.63 | 81753.86 |
| 1999 | 23 | 9574.176 | 863.401 | 8268353.13 | 91664846.08 | 745461.29 | 8309.84 |



Y = a + bx
 n = 23
 Media de X = 10490.527
 Media de Y = 772.243
 S_{KX} = 5304087523.68
 S_{KY} = 319369956.48
 b = 0.0602
 a = 140.5866
 S_{XY} = 29044714.58
 S_Y = 57863.6629
 S_X = 20320.49
 r_{xy} = 0.8137
 0462079778

Tabla 4.4.1.13 Cálculo del escurrimiento virgen natural de la subcuenca del Río Cupatitzio (Consultar Cap. III. Aptdo. 3.6 sección 8.)

| CALCULO DE LA ESTIMACION DEL ESCURRIMIENTO VIRGEN ANUAL PROMEDIO PARA LA CUENCA DEL RIO CUPATITZIO | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|---|------------------|-----------|--------------------|-----------|------------|---|------------|-----------------------------------|
| Corriente: Río Cupatitzio
superficie: 2,655.9 km ² | | Subcuenca: La Pastoria
Precipitación Anual Promedio: 1272.9 mm | | | Cuenca: Cupatitzio | | | Región Hidrométrica: 18
Subregión hidrológica: 18C | | |
| AÑO | E.M.
LA PASTORI | EVAPORACIÓN
EN VASOS | USOS CONSUNTIVOS | | | | | | | véase
ESCURRI.
VIRGEN
Cp |
| | Ab | Ev | PUB. URB. | SERVICIOS | DIST. DE RIEGO | URDERALES | ABREVADERO | INDUSTRI | SUMA
Uc | Cp |
| 1960 | 818.009 | 0 | 11.6 | 0.0015 | 315.5 | 33.111 | 2.007 | 0.0036 | 362.223 | 1180.232 |
| 1961 | 952.529 | 0 | 11.9 | 0.0015 | 315.5 | 33.277 | 2.048 | 0.0036 | 362.730 | 1315.259 |
| 1962 | 804.095 | 0.3 | 12.1 | 0.0016 | 315.5 | 33.444 | 2.089 | 0.0036 | 363.138 | 1167.533 |
| 1963 | 866.231 | 0.4 | 12.4 | 0.0016 | 315.5 | 33.612 | 2.132 | 0.0036 | 363.649 | 1230.280 |
| 1964 | 1016.345 | 0.4 | 12.7 | 0.0016 | 315.5 | 33.781 | 2.175 | 0.0036 | 364.161 | 1380.906 |
| 1965 | 687.034 | 0.4 | 13 | 0.0017 | 315.5 | 33.951 | 2.22 | 0.0036 | 364.676 | 1052.110 |
| 1966 | 725.319 | 0.3 | 13.3 | 0.0017 | 315.5 | 34.121 | 2.285 | 0.0042 | 365.212 | 1090.831 |
| 1967 | 1223.384 | 0.3 | 13.6 | 0.0017 | 315.5 | 34.293 | 2.311 | 0.0042 | 365.710 | 1589.394 |
| 1968 | 778.717 | 0.3 | 13.9 | 0.0018 | 315.5 | 34.465 | 2.359 | 0.0042 | 366.230 | 1145.247 |
| 1969 | 796.987 | 0.3 | 14.2 | 0.0018 | 315.5 | 34.638 | 2.407 | 0.0042 | 366.751 | 1164.038 |
| 1970 | 966.051 | 0.3 | 14.5 | 0.0019 | 315.5 | 34.813 | 2.457 | 0.0048 | 367.277 | 1333.628 |
| 1971 | 830.45 | 0.3 | 14.9 | 0.0019 | 315.5 | 34.987 | 2.506 | 0.0048 | 367.900 | 1198.650 |
| 1972 | 688.271 | 0.3 | 15.3 | 0.002 | 315.5 | 35.163 | 2.557 | 0.0048 | 368.527 | 1057.098 |
| 1973 | 1120.85 | 0.3 | 15.7 | 0.002 | 315.5 | 35.34 | 2.609 | 0.0048 | 369.156 | 1490.306 |
| 1974 | 820.795 | 0.3 | 16 | 0.0021 | 315.5 | 35.518 | 2.662 | 0.0048 | 369.687 | 1190.782 |
| 1975 | 839.882 | 0.3 | 16.4 | 0.0021 | 315.5 | 35.696 | 2.717 | 0.0048 | 370.320 | 1210.502 |
| 1976 | 827.167 | 0.3 | 16.9 | 0.0022 | 315.5 | 35.875 | 2.772 | 0.0051 | 371.054 | 1198.521 |
| 1977 | 744.468 | 0.3 | 17.3 | 0.0022 | 315.5 | 36.056 | 2.829 | 0.0051 | 371.692 | 1116.460 |
| 1978 | 795.674 | 0.3 | 17.7 | 0.0023 | 315.5 | 36.237 | 2.887 | 0.0051 | 372.331 | 1168.305 |
| 1979 | 576.305 | 0.3 | 18.2 | 0.0023 | 315.5 | 36.419 | 2.945 | 0.0051 | 373.071 | 949.676 |
| 1980 | 582.89 | 0.3 | 18.6 | 0.0024 | 315.5 | 36.601 | 3.006 | 0.0051 | 373.715 | 956.905 |
| 1981 | 0.751 | 0.3 | 18.9 | 0.0024 | 315.5 | 36.784 | 3.066 | 0.0054 | 374.258 | 375.309 |
| 1982 | 475.143 | 0.3 | 19.3 | 0.0025 | 315.5 | 36.968 | 3.13 | 0.0054 | 374.906 | 850.349 |
| 1983 | 603.093 | 0.3 | 19.6 | 0.0025 | 315.5 | 37.153 | 3.193 | 0.0054 | 375.454 | 978.847 |
| 1984 | 925.66 | 0.2 | 20 | 0.0026 | 426 | 37.339 | 3.259 | 0.0054 | 486.606 | 1412.466 |
| 1985 | 850.642 | 0.3 | 20 | 0.0026 | 424.2 | 37.525 | 3.325 | 0.0054 | 485.058 | 1336.000 |
| 1986 | 435.693 | 0.3 | 19.6 | 0.0027 | 122.4 | 37.713 | 3.347 | 0.0055 | 183.068 | 619.061 |
| 1987 | 537.911 | 0.3 | 20 | 0.0027 | 420.6 | 37.902 | 3.369 | 0.0056 | 481.879 | 1020.090 |
| 1988 | 680.953 | 0.3 | 21.2 | 0.0028 | 418.8 | 38.091 | 3.391 | 0.0056 | 481.490 | 1162.743 |
| 1989 | 635.993 | 0.3 | 21.6 | 0.0028 | 417 | 38.281 | 3.413 | 0.0057 | 480.303 | 1116.596 |
| 1990 | 698.539 | 0.2 | 22 | 0.0029 | 415.2 | 38.473 | 3.434 | 0.0058 | 479.116 | 1177.855 |
| 1991 | 751.801 | 0.3 | 22.4 | 0.0029 | 413.4 | 38.665 | 3.456 | 0.0059 | 477.930 | 1230.031 |
| 1992 | 742.574 | 0.2 | 22.9 | 0.003 | 365.5 | 38.859 | 3.478 | 0.0059 | 430.746 | 1173.520 |
| 1993 | 190.01 | 0.3 | 23.3 | 0.003 | 370.9 | 39.053 | 3.5 | 0.006 | 436.762 | 627.072 |
| 1994 | 644.304 | 0.3 | 24.5 | 0.0031 | 333.7 | 39.248 | 3.522 | 1.253 | 402.226 | 1046.830 |
| 1995 | 1031.683 | 0.3 | 25.7 | 0.0031 | 370.9 | 39.444 | 3.544 | 2.5 | 442.091 | 1474.074 |
| 1996 | 942.886 | 0.3 | 26.9 | 0.0032 | 370.9 | 39.642 | 3.566 | 3.747 | 444.758 | 1387.944 |
| 1997 | 708.56 | 0.3 | 28.1 | 0.0032 | 370.9 | 39.840 | 3.59 | 4.994 | 447.437 | 1156.297 |
| 1998 | 1058.172 | 0.3 | 26.9 | 0.0032 | 370.9 | 39.642 | 3.566 | 3.747 | 444.758 | 1503.230 |
| 1999 | 863.402 | 0.3 | 26.9 | 0.0032 | 370.9 | 39.642 | 3.566 | 3.747 | 444.758 | 1308.460 |
| TOTAL | 30239.223 | 11.4 | 740.01 | 0.0943 | 13554.2 | 1461.662 | 116.695 | 20.1537 | 15892.815 | 46143.438 |
| PROMEDIO | 755.981 | 0.285 | 18.500 | 0.002 | 338.855 | 36.542 | 2.917 | 0.504 | 397.320 | 1153.586 |

***D. DE LA
CUENCA DEL RÍO
TACÁMBARO***

Tabla 4.4.1.14 Usos Consuntivos en la subcuenca del Río Tacámbaro (véase Cap. III. Apto. 3.6 sección 6.)

| AÑO | MICHÓACAN | | | | | | TOTAL | |
|------|-------------------|-----------|---------------|--------|------------|------------|--------|--------|
| | PÚBLICO
URBANO | SERVICIOS | HIDROAGRÍCOLA | | ABREVADERO | INDUSTRIAL | | |
| | | | DISTRITO | UNIDAD | | | | |
| 1960 | 1.054 | 0.003 | | | 612.68 | 3.2047 | 0.0756 | 617.02 |
| 1961 | 1.078 | 0.003 | | | 615.76 | 3.2701 | 0.0756 | 620.19 |
| 1962 | 1.103 | 0.0031 | | | 618.85 | 3.3368 | 0.0756 | 623.37 |
| 1963 | 1.128 | 0.0032 | | | 621.96 | 3.4049 | 0.0756 | 626.57 |
| 1964 | 1.154 | 0.0033 | | | 625.09 | 3.4744 | 0.0756 | 629.80 |
| 1965 | 1.16 | 0.0033 | | | 628.23 | 3.5453 | 0.0756 | 633.01 |
| 1966 | 1.208 | 0.0034 | | | 631.39 | 3.6177 | 0.0756 | 636.29 |
| 1967 | 1.235 | 0.0035 | | | 634.56 | 3.6915 | 0.0756 | 639.57 |
| 1968 | 1.564 | 0.0036 | | | 637.75 | 3.7669 | 0.0756 | 643.16 |
| 1969 | 1.293 | 0.0036 | | | 640.95 | 3.9437 | 0.0756 | 646.27 |
| 1970 | 1.323 | 0.0037 | | | 644.17 | 3.9222 | 0.0756 | 649.49 |
| 1971 | 0.136 | 0.0038 | | | 647.41 | 4.0022 | 0.0756 | 651.63 |
| 1972 | 1.383 | 0.0039 | | | 650.66 | 4.039 | 0.0756 | 656.16 |
| 1973 | 1.424 | 0.004 | | | 653.93 | 4.1672 | 0.0756 | 659.60 |
| 1974 | 1.46 | 0.0041 | | | 657.22 | 4.2523 | 0.0756 | 663.01 |
| 1975 | 1.496 | 0.0042 | | | 660.52 | 4.3391 | 0.0756 | 666.43 |
| 1976 | 1.533 | 0.0043 | | | 663.84 | 4.4276 | 0.0756 | 669.88 |
| 1977 | 1.572 | 0.0044 | | | 667.18 | 4.516 | 0.0756 | 673.35 |
| 1978 | 1.611 | 0.0045 | | | 670.53 | 4.6102 | 0.0756 | 676.83 |
| 1979 | 1.651 | 0.0047 | | | 673.9 | 4.7043 | 0.0756 | 680.34 |
| 1980 | 1.692 | 0.0048 | | | 677.27 | 4.8003 | 0.0756 | 683.84 |
| 1981 | 1.723 | 0.0049 | | | 680.66 | 4.8982 | 0.0756 | 687.36 |
| 1982 | 1.753 | 0.005 | | | 684.06 | 4.9982 | 0.0756 | 690.89 |
| 1983 | 1.784 | 0.0051 | | | 687.48 | 5.1002 | 0.0756 | 694.44 |
| 1984 | 1.818 | 0.0052 | | | 690.92 | 5.2043 | 0.0756 | 698.02 |
| 1985 | 1.849 | 0.0053 | | | 694.37 | 5.3105 | 0.1134 | 701.65 |
| 1986 | 1.884 | 0.0054 | | | 697.84 | 5.3454 | 0.115 | 705.19 |
| 1987 | 1.919 | 0.0055 | | | 701.33 | 5.3804 | 0.1166 | 708.75 |
| 1988 | 1.954 | 0.0056 | | | 704.84 | 5.4153 | 0.1181 | 712.33 |
| 1989 | 1.989 | 0.0056 | | | 708.36 | 5.4503 | 0.1197 | 715.92 |
| 1990 | 2.024 | 0.0057 | | | 711.91 | 5.4852 | 0.1213 | 719.55 |
| 1991 | 2.059 | 0.0058 | | | 715.46 | 5.5201 | 0.1229 | 723.17 |
| 1992 | 2.094 | 0.0059 | | | 719.04 | 5.5551 | 0.1244 | 726.82 |
| 1993 | 2.129 | 0.006 | | | 722.64 | 5.59 | 0.126 | 730.49 |
| 1994 | 2.265 | 0.0061 | | | 426.25 | 5.6249 | 0.363 | 434.51 |
| 1995 | 2.4 | 0.0062 | | | 729.88 | 5.6599 | 0.6 | 738.55 |
| 1996 | 2.536 | 0.0063 | | | 733.53 | 5.6948 | 0.837 | 742.60 |
| 1997 | 2.671 | 0.0064 | | | 737.2 | 5.7298 | 1.074 | 746.68 |
| 1998 | 2.671 | 0.0064 | | | 737.2 | 5.7298 | 1.074 | 746.68 |
| 1999 | 2.671 | 0.0064 | | | 737.2 | 5.7298 | 1.074 | 746.68 |

Tabla 4.4.1.15 Escurremientos en la subcuenca del Río Tacámbaro (Consultar Cap. III. Apto. 3.6 sección 6.)

| ESTACIÓN: | | Los Pinzones |
|------------|-----------|---------------|
| CORRIENTE: | | Río Tacámbaro |
| CUENCA: | | RÍO BALSAS |
| AÑO | ANUAL | |
| 1960 | 891.306 | |
| 1961 | 1025.400 | |
| 1962 | 877.400 | |
| 1963 | 939.400 | |
| 1964 | 1089.000 | |
| 1965 | 776.900 | |
| 1966 | 944.200 | |
| 1967 | 1421.300 | |
| 1968 | 1013.800 | |
| 1969 | 986.400 | |
| 1970 | 1122.000 | |
| 1971 | 1072.000 | |
| 1972 | 821.200 | |
| 1973 | 1159.900 | |
| 1974 | 929.500 | |
| 1975 | 870.960 | |
| 1976 | 874.470 | |
| 1977 | 762.260 | |
| 1978 | 841.900 | |
| 1979 | 687.000 | |
| 1980 | 863.600 | |
| 1981 | 248.600 | |
| 1982 | 549.600 | |
| 1983 | 677.100 | |
| 1984 | 998.600 | |
| 1985 | 923.800 | |
| 1986 | 510.300 | |
| 1987 | 612.100 | |
| 1988 | 754.700 | |
| 1989 | 783.300 | |
| 1990 | 772.200 | |
| 1991 | 864.522 | |
| 1992 | 816.120 | |
| 1993 | 265.400 | |
| 1994 | 718.180 | |
| 1995 | 1269.900 | |
| 1996 | 813.100 | |
| 1997 | 510.750 | |
| 1998 | 1013.100 | |
| 1999 | 797.200 | |
| TOTAL | 33868.468 | |
| PROM | 846.712 | |

Tabla 4.4.1.16 Correlación entre las estaciones la Caimanera y Los Pinzanes (Consultar Cap. III. Apto. 3.6 sección 7.)

| AÑOS | n | XI | YI | XI YI | xi ² | yi ² | (YI- Media de Y) ² |
|------|----|--------------|--------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| | | LA CAIMANERA | LOS PINZANES | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 1965 | 1 | 14062.304 | 776.71 | 10922332.14 | 197748393.79 | 603278.42 | 36773.62 |
| 1966 | 2 | 10724.689 | 944.27 | 10127002.08 | 115018954.15 | 891645.83 | 585.86 |
| 1967 | 3 | 16753.717 | 1421.332 | 23812594.09 | 280687033.32 | 2020184.65 | 205079.92 |
| 1968 | 4 | 8241.739 | 1018.169 | 8391483.16 | 67926261.74 | 1036668.11 | 2469.54 |
| 1969 | 5 | 12284.187 | 1016.334 | 12484836.91 | 150901250.25 | 1032934.80 | 2290.53 |
| 1970 | 6 | 11884.262 | 1121.996 | 13334094.43 | 141235683.28 | 1258875.02 | 23568.85 |
| 1971 | 7 | 13004.298 | 1069.147 | 13903506.19 | 169111766.47 | 1143075.31 | 10134.95 |
| 1972 | 8 | 10367.934 | 821.18 | 8513940.04 | 107494055.43 | 674336.59 | 21695.67 |
| 1973 | 9 | 14147.67 | 1159.976 | 16410885.95 | 200156566.43 | 1345548.96 | 36673.59 |
| 1995 | 10 | 10760.031 | 1193.569 | 12842839.44 | 115778267.12 | 1424606.96 | 50687.53 |
| 1996 | 11 | 8743.06 | 694.995 | 6076382.98 | 76441098.16 | 483018.05 | 74791.04 |
| 1997 | 12 | 6766.697 | 510.697 | 3455731.86 | 45788188.29 | 260811.43 | 209560.24 |
| 1998 | 13 | 12524.195 | 1013.205 | 12689576.99 | 156855460.40 | 1026584.37 | 2000.82 |
| 1999 | 14 | 9574.176 | 797.061 | 7631202.30 | 91664846.08 | 635306.24 | 29382.59 |
| | Σ | 159838.959 | 13558.643 | 160596508.568 | 1916807824.912 | 13836874.751 | 705674.751 |

$y = a + bx$
 $n = 14$
 Media de X 11417.069
 Media de Y 968.475
 $S_{xx} = 1286816734.57$
 $S_{xy} = 81151737.38$
 $b = 0.0631$
 $a = 248.4691$
 $S_{yy} = 9879448.52$
 $S_{y^2} = 54282.67316$
 $Se^2 = 28343.44$
 $r_{xy} = 0.7197$

0.518019764

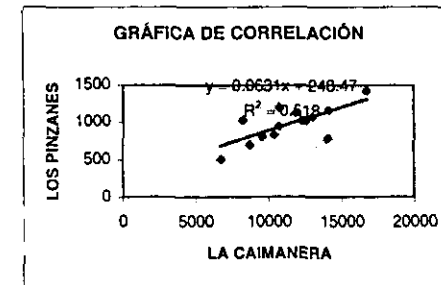


Tabla 4.4.1.17 Cálculo del escurrimiento virgen natural de la subcuenca del Río Tacámbaro
(véase Capítulo III, sección 3.6 aptdo8)

corriente: R. Tacámbaro Subcuenca: Los pinzones Cuenca: R. Tacámbaro Región: 18 Subregión: 18C
Superficie: 5,525.10 km² Prec. Anual Promedio

| AÑO | ENTRADAS | | SALIDAS | | | | | CAMBIO DE VOLUMEN | | ESC. VIR. |
|----------|----------|---|---------|----------|---------|----|----|-------------------|--------------------------|-----------|
| | Ar | R | Im | Ab | Uc | Ev | Ex | | (Cap. III, Exp. 3.2.2.1) | |
| 1960 | 0 | 0 | 0 | 891.3 | 617.018 | 0 | 0 | | | 1,508 |
| 1961 | 0 | 0 | 0 | 1025.4 | 620.186 | 0 | 0 | | | 1,646 |
| 1962 | 0 | 0 | 0 | 877.4 | 623.372 | 0 | 0 | | | 1,501 |
| 1963 | 0 | 0 | 0 | 939.4 | 626.575 | 0 | 0 | | | 1,566 |
| 1964 | 0 | 0 | 0 | 1089 | 629.796 | 0 | 0 | | | 1,719 |
| 1965 | 0 | 0 | 0 | 776.9 | 633.014 | 0 | 0 | | | 1,410 |
| 1966 | 0 | 0 | 0 | 944.2 | 636.292 | 0 | 0 | | | 1,580 |
| 1967 | 0 | 0 | 0 | 1,421.30 | 639.565 | 0 | 0 | | | 2,061 |
| 1968 | 0 | 0 | 0 | 1,013.80 | 643.158 | 0 | 0 | | | 1,657 |
| 1969 | 0 | 0 | 0 | 986.40 | 646.269 | 0 | 0 | | | 1,633 |
| 1970 | 0 | 0 | 0 | 1,122 | 649.498 | 0 | 0 | | | 1,771 |
| 1971 | 0 | 0 | 0 | 1,072.00 | 651.628 | 0 | 0 | | | 1,724 |
| 1972 | 0 | 0 | 0 | 821.2 | 656.166 | 0 | 0 | | | 1,477 |
| 1973 | 0 | 0 | 0 | 1,160 | 659.605 | 0 | 0 | | | 1,820 |
| 1974 | 0 | 0 | 0 | 929.5 | 663.012 | 0 | 0 | | | 1,593 |
| 1975 | 0 | 0 | 0 | 870.96 | 666.438 | 0 | 0 | | | 1,537 |
| 1976 | 0 | 0 | 0 | 874.47 | 669.882 | 0 | 0 | | | 1,544 |
| 1977 | 0 | 0 | 0 | 762.26 | 673.346 | 0 | 0 | | | 1,436 |
| 1978 | 0 | 0 | 0 | 841.90 | 676.832 | 0 | 0 | | | 1,519 |
| 1979 | 0 | 0 | 0 | 687 | 680.336 | 0 | 0 | | | 1,367 |
| 1980 | 0 | 0 | 0 | 863.6 | 683.842 | 0 | 0 | | | 1,547 |
| 1981 | 0 | 0 | 0 | 248.60 | 687.358 | 0 | 0 | | | 936 |
| 1982 | 0 | 0 | 0 | 549.6 | 690.891 | 0 | 0 | | | 1,240 |
| 1983 | 0 | 0 | 0 | 677.1 | 694.444 | 0 | 0 | | | 1,372 |
| 1984 | 0 | 0 | 0 | 998.60 | 698.02 | 0 | 0 | | | 1,697 |
| 1985 | 0 | 0 | 0 | 923.8 | 701.65 | 0 | 0 | | | 1,625 |
| 1986 | 0 | 0 | 0 | 510.3 | 705.193 | 0 | 0 | | | 1,215 |
| 1987 | 0 | 0 | 0 | 612.1 | 708.754 | 0 | 0 | | | 1,321 |
| 1988 | 0 | 0 | 0 | 754.70 | 712.332 | 0 | 0 | | | 1,467 |
| 1989 | 0 | 0 | 0 | 783.3 | 715.928 | 0 | 0 | | | 1,499 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 | 772.2 | 719.541 | 0 | 0 | | | 1,492 |
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 864.5 | 723.172 | 0 | 0 | | | 1,588 |
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 816 | 726.821 | 0 | 0 | | | 1,543 |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 265 | 730.488 | 0 | 0 | | | 996 |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 718.18 | 734.509 | 0 | 0 | | | 1,453 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 1,270 | 738.548 | 0 | 0 | | | 2,008 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 813.1 | 742.605 | 0 | 0 | | | 1,556 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 510.75 | 746.68 | 0 | 0 | | | 1,257 |
| 1998 | 0 | 0 | 0 | 1013.1 | 746.68 | 0 | 0 | | | 1,760 |
| 1999 | 0 | 0 | 0 | 797.2 | 746.68 | 0 | 0 | | | 1,544 |
| PROMEDIO | 0 | 0 | 0 | 846.712 | 682.903 | 0 | 0 | | | 1529.615 |

*E. DE LA
CUENCA DEL RÍO
TEPASCATEPEC*

Tabla 4.4.1.18 Usos Consumitivos en la subcuenca del Río Tepalcatepec (Consultar Cap. III. optdo. 3.6 sección 6.)

| AÑO | MICHUACÁN | | JALISCO | | TEPALCATEPEC | | INDUSTRIA | TOTAL | INDUSTRIA | TOTAL | INDUSTRIA | TOTAL | INDUSTRIA | TOTAL | | | | | | | | | |
|------|-----------|-----------|---------------|----------|--------------|---------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|----------|-----------|--------|-----------|---------------|----------|--------|---------|-----------|---------------|----------|--------|
| | PÚBLICO | SERVICIOS | HIDROAGRÍCOLA | DISTRITO | UNIDAD | PÚBLICO | | | | | | | | | SERVICIOS | HIDROAGRÍCOLA | DISTRITO | UNIDAD | PÚBLICO | SERVICIOS | HIDROAGRÍCOLA | DISTRITO | UNIDAD |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1960 | 5.034 | 0.035 | 394.5 | 1105.437 | 1.944 | 0.481 | 1507.431 | 5.1 | 1.944 | 0.035 | 399.4 | 1105.437 | 1.944 | 0.481 | 1512.531 | | | | | | | | |
| 1961 | 5.15 | 0.035 | 394.5 | 1111.02 | 1.983 | 0.534 | 1513.222 | 5.1 | 1.983 | 0.035 | 399.6 | 1111.02 | 1.983 | 0.534 | 1518.322 | | | | | | | | |
| 1962 | 5.269 | 0.036 | 394.5 | 1116.631 | 2.024 | 0.594 | 1519.054 | 5.1 | 2.024 | 0.036 | 399.6 | 1116.631 | 2.024 | 0.594 | 1524.194 | | | | | | | | |
| 1963 | 5.39 | 0.037 | 394.5 | 1122.271 | 2.065 | 0.659 | 1524.922 | 5.1 | 2.065 | 0.037 | 399.6 | 1122.271 | 2.065 | 0.659 | 1530.022 | | | | | | | | |
| 1964 | 5.514 | 0.038 | 394.5 | 1127.939 | 2.107 | 0.733 | 1530.831 | 5.1 | 2.107 | 0.038 | 399.6 | 1127.939 | 2.107 | 0.733 | 1535.931 | | | | | | | | |
| 1965 | 5.641 | 0.039 | 394.5 | 1133.636 | 2.15 | 0.814 | 1536.78 | 5.1 | 2.15 | 0.039 | 399.6 | 1133.636 | 2.15 | 0.814 | 1541.88 | | | | | | | | |
| 1966 | 5.77 | 0.04 | 394.5 | 1139.361 | 2.194 | 0.904 | 1542.769 | 5.1 | 2.194 | 0.04 | 399.6 | 1139.361 | 2.194 | 0.904 | 1547.869 | | | | | | | | |
| 1967 | 5.069 | 0.041 | 394.5 | 1145.116 | 2.239 | 1.005 | 1547.97 | 5.1 | 2.239 | 0.041 | 399.6 | 1145.116 | 2.239 | 1.005 | 1553.07 | | | | | | | | |
| 1968 | 5.903 | 0.042 | 394.5 | 1150.899 | 2.284 | 1.117 | 1554.745 | 5.1 | 2.284 | 0.042 | 399.6 | 1150.899 | 2.284 | 1.117 | 1559.845 | | | | | | | | |
| 1969 | 6.039 | 0.043 | 394.5 | 1156.712 | 2.331 | 1.241 | 1560.866 | 5.1 | 2.331 | 0.043 | 399.6 | 1156.712 | 2.331 | 1.241 | 1565.966 | | | | | | | | |
| 1970 | 6.179 | 0.044 | 394.5 | 1162.554 | 2.379 | 1.378 | 1567.034 | 5.1 | 2.379 | 0.044 | 399.6 | 1162.554 | 2.379 | 1.378 | 1572.134 | | | | | | | | |
| 1971 | 6.32 | 0.045 | 394.5 | 1168.426 | 2.427 | 1.52 | 1573.25 | 5.1 | 2.427 | 0.045 | 399.6 | 1168.426 | 2.427 | 1.52 | 1578.35 | | | | | | | | |
| 1972 | 6.478 | 0.046 | 394.5 | 1174.327 | 2.477 | 1.702 | 1579.53 | 5.1 | 2.477 | 0.046 | 399.6 | 1174.327 | 2.477 | 1.702 | 1584.63 | | | | | | | | |
| 1973 | 6.639 | 0.047 | 394.5 | 1180.258 | 2.527 | 1.801 | 1585.772 | 5.1 | 2.527 | 0.047 | 399.6 | 1180.258 | 2.527 | 1.801 | 1590.872 | | | | | | | | |
| 1974 | 6.805 | 0.046 | 394.5 | 1186.219 | 2.578 | 6.303 | 1596.451 | 5.1 | 2.578 | 0.046 | 399.6 | 1186.219 | 2.578 | 6.303 | 1601.551 | | | | | | | | |
| 1975 | 7.149 | 0.049 | 394.5 | 1192.211 | 2.631 | 6.303 | 1602.843 | 5.1 | 2.631 | 0.049 | 399.6 | 1192.211 | 2.631 | 6.303 | 1607.943 | | | | | | | | |
| 1976 | 7.327 | 0.05 | 394.5 | 1198.232 | 2.685 | 6.303 | 1609.097 | 5.1 | 2.685 | 0.05 | 399.6 | 1198.232 | 2.685 | 6.303 | 1614.197 | | | | | | | | |
| 1977 | 7.51 | 0.052 | 394.5 | 1204.284 | 2.74 | 8.824 | 1618.01 | 5.1 | 2.74 | 0.052 | 399.6 | 1204.284 | 2.74 | 8.824 | 1623.11 | | | | | | | | |
| 1978 | 7.698 | 0.053 | 394.5 | 1210.366 | 2.796 | 8.824 | 1624.237 | 5.1 | 2.796 | 0.053 | 399.6 | 1210.366 | 2.796 | 8.824 | 1629.337 | | | | | | | | |
| 1979 | 7.89 | 0.054 | 394.5 | 1216.479 | 2.853 | 8.824 | 1630.6 | 5.1 | 2.853 | 0.054 | 399.6 | 1216.479 | 2.853 | 8.824 | 1635.7 | | | | | | | | |
| 1980 | 8.087 | 0.056 | 394.5 | 1222.561 | 2.911 | 11.345 | 1639.46 | 5.1 | 2.911 | 0.056 | 399.6 | 1222.561 | 2.911 | 11.345 | 1644.56 | | | | | | | | |
| 1981 | 8.231 | 0.057 | 394.5 | 1228.674 | 2.971 | 11.345 | 1645.778 | 5.1 | 2.971 | 0.057 | 399.6 | 1228.674 | 2.971 | 11.345 | 1650.878 | | | | | | | | |
| 1982 | 8.377 | 0.058 | 394.5 | 1234.818 | 3.031 | 11.345 | 1652.129 | 5.1 | 3.031 | 0.058 | 399.6 | 1234.818 | 3.031 | 11.345 | 1657.229 | | | | | | | | |
| 1983 | 8.527 | 0.059 | 394.5 | 1240.992 | 3.093 | 11.345 | 1658.516 | 5.1 | 3.093 | 0.059 | 407.4 | 1240.992 | 3.093 | 11.345 | 1671.416 | | | | | | | | |
| 1984 | 8.678 | 0.06 | 540 | 1247.197 | 3.156 | 11.345 | 1810.436 | 11.2 | 3.156 | 0.06 | 551.2 | 1247.197 | 3.156 | 11.345 | 1821.636 | | | | | | | | |
| 1985 | 8.883 | 0.061 | 588.8 | 1253.433 | 3.221 | 11.345 | 1835.743 | 11.2 | 3.221 | 0.061 | 570 | 1253.433 | 3.221 | 11.345 | 1846.943 | | | | | | | | |
| 1986 | 9.044 | 0.062 | 558.8 | 1259.7 | 3.242 | 11.502 | 1842.35 | 11.2 | 3.242 | 0.062 | 570 | 1259.7 | 3.242 | 11.502 | 1853.55 | | | | | | | | |
| 1987 | 9.206 | 0.063 | 558.8 | 1265.998 | 3.263 | 11.66 | 1848.99 | 11.2 | 3.263 | 0.063 | 570 | 1265.998 | 3.263 | 11.66 | 1860.19 | | | | | | | | |
| 1988 | 9.367 | 0.064 | 558.8 | 1272.328 | 3.284 | 11.817 | 1855.66 | 11 | 3.284 | 0.064 | 569.8 | 1272.328 | 3.284 | 11.817 | 1866.66 | | | | | | | | |
| 1989 | 9.528 | 0.065 | 558.8 | 1278.69 | 3.305 | 11.975 | 1862.363 | 11.2 | 3.305 | 0.065 | 570 | 1278.69 | 3.305 | 11.975 | 1873.563 | | | | | | | | |
| 1990 | 9.689 | 0.067 | 588.2 | 1285.083 | 3.326 | 12.132 | 1868.997 | 10.7 | 3.326 | 0.067 | 598.9 | 1285.083 | 3.326 | 12.132 | 1909.197 | | | | | | | | |
| 1991 | 9.851 | 0.068 | 601.9 | 1291.509 | 3.348 | 12.29 | 1918.966 | 6.4 | 3.348 | 0.068 | 608.3 | 1291.509 | 3.348 | 12.29 | 1925.366 | | | | | | | | |
| 1992 | 10.012 | 0.069 | 581.7 | 1297.966 | 3.369 | 12.447 | 1905.563 | 8.5 | 3.369 | 0.069 | 590.2 | 1297.966 | 3.369 | 12.447 | 1914.063 | | | | | | | | |
| 1993 | 10.173 | 0.07 | 561.1 | 1304.456 | 3.39 | 12.605 | 1891.794 | 17.5 | 3.39 | 0.07 | 578.6 | 1304.456 | 3.39 | 12.605 | 1909.294 | | | | | | | | |
| 1994 | 10.334 | 0.071 | 575.7 | 1310.978 | 3.411 | 12.763 | 1913.257 | 15.1 | 3.411 | 0.071 | 590.8 | 1310.978 | 3.411 | 12.763 | 1928.357 | | | | | | | | |
| 1995 | 11.2 | 0.072 | 581.7 | 1317.533 | 3.432 | 12.92 | 1926.857 | 13 | 3.432 | 0.072 | 594.7 | 1317.533 | 3.432 | 12.92 | 1939.857 | | | | | | | | |
| 1996 | 11.361 | 0.073 | 581.7 | 1324.121 | 3.454 | 13.078 | 1933.787 | 11.2 | 3.454 | 0.073 | 592.9 | 1324.121 | 3.454 | 13.078 | 1944.987 | | | | | | | | |
| 1997 | 11.523 | 0.075 | 581.7 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1940.75 | 5.1 | 3.475 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.85 | | | | | | | | |
| 1998 | 11.523 | 0.075 | 581.7 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1940.75 | 7.5 | 3.475 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.85 | | | | | | | | |
| 1999 | 11.523 | 0.075 | 581.7 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1940.75 | 7.5 | 3.475 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.85 | | | | | | | | |

Tabla 4.4.1.19 Esgurrimientos en la subcuena del Río
Tepalcatepec (véase Cap. III. aptdo.3.6 sección 6.)

| ESTACIÓN: | | Los Panches |
|------------|-----------|------------------|
| CORRIENTE: | | Río Tepalcatepec |
| CUENCA: | | RÍO BALSAS |
| AÑO | ANUAL | |
| 1960 | 1702.818 | |
| 1961 | 1702.818 | |
| 1962 | 1702.818 | |
| 1963 | 1702.818 | |
| 1964 | 1702.818 | |
| 1965 | 1186.500 | |
| 1966 | 2171.400 | |
| 1967 | 2667.600 | |
| 1968 | 2336.300 | |
| 1969 | 2129.600 | |
| 1970 | 2785.000 | |
| 1971 | 2248.300 | |
| 1972 | 1690.900 | |
| 1973 | 2468.000 | |
| 1974 | 1568.600 | |
| 1975 | 2361.800 | |
| 1976 | 2685.000 | |
| 1977 | 1554.600 | |
| 1978 | 1428.300 | |
| 1979 | 906.500 | |
| 1980 | 1176.000 | |
| 1981 | 1763.500 | |
| 1982 | 657.900 | |
| 1983 | 1495.000 | |
| 1984 | 2273.700 | |
| 1985 | 1237.900 | |
| 1986 | 1284.100 | |
| 1987 | 1431.800 | |
| 1988 | 2703.400 | |
| 1989 | 578.800 | |
| 1990 | 950.800 | |
| 1991 | 784.200 | |
| 1992 | 2313.600 | |
| 1993 | 2075.000 | |
| 1994 | 599.500 | |
| 1995 | 1387.000 | |
| 1996 | 1766.500 | |
| 1997 | 756.221 | |
| 1998 | 2251.592 | |
| 1999 | 1924.334 | |
| TOTAL | 68113.338 | |
| PROM | 1702.836 | |

Tabla 4.4.1.20 Evaporaciones de la subcuenca del Río Tepalcatepec
(ver Cap. III. aptdo. 3.6 sección 6.)

| EVAPORACIÓN | | | | | |
|-------------|------------|----------|-----------|-----------|---------|
| AÑO | LOS OLIVOS | V-C-VILL | S-JUANICO | COST-APAT | TOTAL |
| 1960 | 4.982 | 3.465 | 14.65 | | 23.097 |
| 1961 | 4.982 | 3.651 | 14.65 | | 23.283 |
| 1962 | 4.982 | 3.514 | 14.65 | | 23.146 |
| 1963 | 4.982 | 3.567 | 14.65 | | 23.199 |
| 1964 | 4.982 | 3.414 | 14.65 | | 23.046 |
| 1965 | 4.982 | 2.864 | 14.65 | | 22.496 |
| 1966 | 4.982 | 2.728 | 14.65 | | 22.36 |
| 1967 | 4.982 | 3.144 | 14.65 | | 22.776 |
| 1968 | 4.982 | 3.749 | 14.65 | | 23.381 |
| 1969 | 4.982 | 2.797 | 14.65 | | 22.429 |
| 1970 | 4.982 | 3.162 | 14.65 | | 22.794 |
| 1971 | 4.982 | 3.258 | 14.65 | | 22.89 |
| 1972 | 4.982 | 3.425 | 14.65 | | 23.057 |
| 1973 | 4.982 | 3.547 | 14.65 | | 23.179 |
| 1974 | 4.982 | 3.453 | 14.65 | | 23.085 |
| 1975 | 4.982 | 3.626 | 14.65 | | 23.258 |
| 1976 | 4.982 | 3.469 | 14.65 | | 23.101 |
| 1977 | 4.982 | 4.083 | 14.65 | | 23.715 |
| 1978 | 4.982 | 3.321 | 14.65 | | 22.953 |
| 1979 | 4.982 | 3.321 | 14.65 | | 22.953 |
| 1980 | 4.982 | 3.321 | 14.65 | | 22.953 |
| 1981 | 4.982 | 3.321 | 14.65 | | 22.953 |
| 1982 | 4.982 | 3.321 | 14.65 | 192 | 214.953 |
| 1983 | 4.98 | 3.832 | 14.413 | 192 | 215.225 |
| 1984 | 2.937 | 3.675 | 11.302 | 192 | 209.914 |
| 1985 | 2.838 | 3.321 | 14.65 | 192 | 212.809 |
| 1986 | 4.982 | 3.321 | 14.65 | 192 | 214.953 |
| 1987 | 4.982 | 3.321 | 14.837 | 192 | 215.14 |
| 1988 | 4.982 | 3.321 | 14.161 | 192 | 214.464 |
| 1989 | 4.982 | 3.321 | 14.019 | 192 | 214.322 |
| 1990 | 4.867 | 3.048 | 14.346 | 192 | 214.261 |
| 1991 | 2.401 | 2.672 | 12.928 | 192 | 210.001 |
| 1992 | 3.151 | 4.478 | 12.855 | 192 | 212.484 |
| 1993 | 4.952 | 3.61 | 15.298 | 192 | 215.86 |
| 1994 | 3.482 | 2.965 | 16.055 | 192 | 214.502 |
| 1995 | 3.677 | 2.496 | 16.976 | 192 | 215.149 |
| 1996 | 4.661 | 2.463 | 14.378 | 192 | 213.502 |
| 1997 | 4.661 | 3.334 | 14.536 | 192 | 214.531 |
| 1998 | 4.661 | 3.334 | 14.536 | 192 | 214.531 |
| 1999 | 4.661 | 3.334 | 14.536 | 192 | 214.531 |
| PROM | 4.661 | 3.334 | 14.536 | 192.000 | 108.931 |

Tabla 4.4.1.21. Cálculo del escurrimiento virgen natural de la subcuenca del Río Tepalcatepec (Cap. III. Apto. 3.6 sección 8.)

| CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO VIRGEN ANUAL PROMEDIO PARA LA CUENCA DEL RÍO TEPALCATEPEC | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--------------------------------------|------------------|-----------|---------------|-----------|--------------------------------------|------------|---|------------|--|
| Corriente: RÍO TEPALCATEPEC | | Subcuenca: TEPALCATEPEC | | | | | Región Hidrométrica: 18 | | | | |
| Subregión hidrológica: 18C | | superficie: 11,596.4 km ² | | | | | Precipitación Anual Promedio: 960 mm | | | | |
| AÑO | E.H. | EVAP. | USOS CONSUNTIVOS | | | | | | ESC. VIRGEN
Cp
(Cap. III. Exp. 3.2.2.1) | | |
| | LOS PANCHES | EN VASOS | PUBLICO | SERVICIOS | HIDROAGRÍCOLA | | ABREVEDERO | INDUSTRIAL | | SUMA
Uc | |
| | Ab | Ev | URBANO | | DISTRITOS | UNIDADES | | | | | |
| 1960 | 1702.818 | 23.097 | 5.034 | 0.035 | 399.6 | 1105.437 | 1.944 | 0.481 | 1512.531 | 3238.446 | |
| 1961 | 1702.818 | 23.283 | 5.15 | 0.035 | 399.6 | 1111.02 | 1.983 | 0.534 | 1518.322 | 3244.423 | |
| 1962 | 1702.818 | 23.146 | 5.269 | 0.036 | 399.6 | 1116.631 | 2.024 | 0.594 | 1524.154 | 3250.118 | |
| 1963 | 1702.818 | 23.199 | 5.39 | 0.037 | 399.6 | 1122.271 | 2.065 | 0.659 | 1530.022 | 3256.039 | |
| 1964 | 1702.818 | 23.046 | 5.514 | 0.038 | 399.6 | 1127.939 | 2.107 | 0.733 | 1535.931 | 3261.795 | |
| 1965 | 1186.500 | 22.496 | 5.641 | 0.039 | 399.6 | 1133.636 | 2.15 | 0.814 | 1541.88 | 2750.876 | |
| 1966 | 2171.400 | 22.36 | 5.77 | 0.04 | 399.6 | 1139.361 | 2.194 | 0.904 | 1547.869 | 3741.629 | |
| 1967 | 2667.600 | 22.776 | 5.069 | 0.041 | 399.6 | 1145.116 | 2.239 | 1.005 | 1553.07 | 4243.446 | |
| 1968 | 2336.300 | 23.381 | 5.903 | 0.042 | 399.6 | 1150.899 | 2.284 | 1.117 | 1559.845 | 3919.526 | |
| 1969 | 2129.600 | 22.429 | 6.039 | 0.043 | 399.6 | 1156.712 | 2.331 | 1.241 | 1565.966 | 3717.995 | |
| 1970 | 2785.000 | 22.794 | 6.179 | 0.044 | 399.6 | 1162.554 | 2.379 | 1.378 | 1572.134 | 4379.928 | |
| 1971 | 2248.300 | 22.89 | 6.32 | 0.045 | 399.6 | 1168.426 | 2.427 | 1.532 | 1578.35 | 3849.54 | |
| 1972 | 1690.900 | 23.057 | 6.478 | 0.046 | 399.6 | 1174.327 | 2.477 | 1.702 | 1584.63 | 3298.587 | |
| 1973 | 2468.000 | 23.179 | 6.639 | 0.047 | 399.6 | 1180.258 | 2.527 | 1.801 | 1590.872 | 4082.051 | |
| 1974 | 1568.600 | 23.085 | 6.805 | 0.046 | 399.6 | 1186.219 | 2.578 | 6.303 | 1601.551 | 3193.236 | |
| 1975 | 2361.800 | 23.258 | 7.149 | 0.049 | 399.6 | 1192.211 | 2.631 | 6.303 | 1607.943 | 3993.001 | |
| 1976 | 2685.000 | 23.101 | 7.327 | 0.05 | 399.6 | 1198.232 | 2.685 | 6.303 | 1614.197 | 4322.298 | |
| 1977 | 1554.600 | 23.715 | 7.61 | 0.052 | 399.6 | 1204.284 | 2.74 | 8.824 | 1623.11 | 3201.425 | |
| 1978 | 1428.300 | 22.954 | 7.698 | 0.053 | 399.6 | 1210.366 | 2.796 | 8.824 | 1629.337 | 3080.591 | |
| 1979 | 906.500 | 22.954 | 7.89 | 0.054 | 399.6 | 1216.479 | 2.853 | 8.824 | 1635.7 | 2565.154 | |
| 1980 | 1176.000 | 22.954 | 8.087 | 0.056 | 399.6 | 1222.561 | 2.911 | 11.345 | 1644.56 | 2843.514 | |
| 1981 | 1763.500 | 22.954 | 8.231 | 0.057 | 399.6 | 1228.674 | 2.971 | 11.345 | 1650.878 | 3437.332 | |
| 1982 | 657.900 | 214.954 | 8.377 | 0.058 | 399.6 | 1234.818 | 3.031 | 11.345 | 1657.229 | 2530.083 | |
| 1983 | 1495.000 | 215.225 | 8.527 | 0.059 | 407.4 | 1240.992 | 3.093 | 11.345 | 1671.416 | 3381.641 | |
| 1984 | 2273.700 | 209.914 | 8.678 | 0.06 | 551.2 | 1247.197 | 3.156 | 11.345 | 1821.636 | 4305.25 | |
| 1985 | 1237.879 | 212.809 | 8.883 | 0.061 | 570 | 1253.433 | 3.221 | 11.345 | 1846.943 | 3297.631 | |
| 1986 | 1284.118 | 214.954 | 9.044 | 0.062 | 570 | 1259.7 | 3.242 | 11.502 | 1853.55 | 3352.622 | |
| 1987 | 1431.620 | 215.14 | 9.206 | 0.063 | 570 | 1265.998 | 3.263 | 11.66 | 1860.19 | 3506.95 | |
| 1988 | 2703.390 | 214.464 | 9.367 | 0.064 | 569.8 | 1272.328 | 3.284 | 11.817 | 1866.66 | 4784.514 | |
| 1989 | 578.820 | 214.322 | 9.528 | 0.065 | 570 | 1278.69 | 3.305 | 11.975 | 1873.563 | 2666.705 | |
| 1990 | 950.670 | 214.261 | 9.689 | 0.067 | 598.9 | 1285.083 | 3.326 | 12.132 | 1909.197 | 3074.128 | |
| 1991 | 784.132 | 210.001 | 9.851 | 0.068 | 608.3 | 1291.509 | 3.348 | 12.29 | 1925.366 | 2919.499 | |
| 1992 | 2264.416 | 212.483 | 10.012 | 0.069 | 590.2 | 1297.966 | 3.369 | 12.447 | 1914.063 | 4390.962 | |
| 1993 | 2075.049 | 215.86 | 10.173 | 0.07 | 578.6 | 1304.456 | 3.39 | 12.605 | 1909.294 | 4200.203 | |
| 1994 | 599.605 | 214.502 | 10.334 | 0.071 | 590.8 | 1310.978 | 3.411 | 12.763 | 1928.357 | 2742.464 | |
| 1995 | 1387.091 | 215.149 | 11.2 | 0.072 | 594.7 | 1317.533 | 3.432 | 12.92 | 1939.857 | 3542.097 | |
| 1996 | 1766.376 | 213.502 | 11.361 | 0.073 | 592.8 | 1324.121 | 3.454 | 13.078 | 1944.887 | 3924.765 | |
| 1997 | 756.221 | 214.531 | 11.523 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.85 | 2916.602 | |
| 1998 | 2251.592 | 214.531 | 11.52 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.847 | 4411.970 | |
| 1999 | 1924.334 | 214.531 | 11.523 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.850 | 4084.715 | |
| TOTAL | 68063.904 | 4357.241 | 319.988 | 2.192 | 18913.900 | 48830.641 | 113.046 | 302.840 | 68482.607 | 140903.752 | |
| PROM | 1701.598 | 108.931 | 8.000 | 0.055 | 472.848 | 1220.766 | 2.826 | 7.571 | 1712.065 | 3522.594 | |

*F. DE LA
CUENCA DEL RÍO BAJO
BALSAS*

CAPÍTULO IV. APLICACIÓN (CASO REAL)

Tabla 4.4.1 22 Usos Consumivos en la subsección del Bajo Boises (ver Cap III Apto. 3.6 sección 6.)

| AÑO | ALCHOKAN | | | | SUERENO | | | | BAJO BOISES | | | | | | | |
|------|-----------|--------|------------|-------|-----------|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|-------|------------------|--------|------------|-------|
| | SERVICIOS | | ABBEVADER | | SERVICIOS | | ABBEVADER | | SERVICIOS | | ABBEVADER | | INDUSTRIAL TOTAL | | | |
| | PUBLICO | URBANO | INDUSTRIAL | TOTAL | PUBLICO | URBANO | INDUSTRIAL | TOTAL | PUBLICO | URBANO | INDUSTRIAL | TOTAL | PUBLICO | URBANO | INDUSTRIAL | TOTAL |
| 1960 | 5.876 | 0.004 | 0.395 | 6.168 | 0.534 | 0.038 | 0.168 | 6.334 | 0.534 | 0.038 | 0.168 | 6.334 | 0.534 | 0.038 | 0.168 | 6.334 |
| 1961 | 6.011 | 0.004 | 0.404 | 6.34 | 0.534 | 0.054 | 6.34 | 0.534 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 6.34 | 0.534 | 0.054 | 0.054 | 6.34 |
| 1962 | 6.15 | 0.004 | 0.412 | 6.53 | 0.534 | 0.077 | 6.53 | 0.534 | 0.077 | 0.077 | 0.077 | 6.53 | 0.534 | 0.077 | 0.077 | 6.53 |
| 1963 | 6.291 | 0.004 | 0.421 | 6.71 | 0.534 | 0.11 | 6.71 | 0.534 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 6.71 | 0.534 | 0.11 | 0.11 | 6.71 |
| 1964 | 6.436 | 0.004 | 0.429 | 6.86 | 0.534 | 0.137 | 6.86 | 0.534 | 0.137 | 0.137 | 0.137 | 6.86 | 0.534 | 0.137 | 0.137 | 6.86 |
| 1965 | 6.584 | 0.004 | 0.438 | 7.02 | 0.534 | 0.169 | 7.02 | 0.534 | 0.169 | 0.169 | 0.169 | 7.02 | 0.534 | 0.169 | 0.169 | 7.02 |
| 1966 | 6.735 | 0.004 | 0.447 | 7.18 | 0.534 | 0.202 | 7.18 | 0.534 | 0.202 | 0.202 | 0.202 | 7.18 | 0.534 | 0.202 | 0.202 | 7.18 |
| 1967 | 6.89 | 0.004 | 0.455 | 7.34 | 0.534 | 0.236 | 7.34 | 0.534 | 0.236 | 0.236 | 0.236 | 7.34 | 0.534 | 0.236 | 0.236 | 7.34 |
| 1968 | 7.049 | 0.004 | 0.465 | 7.51 | 0.534 | 0.271 | 7.51 | 0.534 | 0.271 | 0.271 | 0.271 | 7.51 | 0.534 | 0.271 | 0.271 | 7.51 |
| 1969 | 7.211 | 0.005 | 0.474 | 7.68 | 0.534 | 0.307 | 7.68 | 0.534 | 0.307 | 0.307 | 0.307 | 7.68 | 0.534 | 0.307 | 0.307 | 7.68 |
| 1970 | 7.377 | 0.006 | 0.484 | 7.86 | 0.534 | 0.343 | 7.86 | 0.534 | 0.343 | 0.343 | 0.343 | 7.86 | 0.534 | 0.343 | 0.343 | 7.86 |
| 1971 | 7.546 | 0.006 | 0.494 | 8.04 | 0.534 | 0.381 | 8.04 | 0.534 | 0.381 | 0.381 | 0.381 | 8.04 | 0.534 | 0.381 | 0.381 | 8.04 |
| 1972 | 7.719 | 0.005 | 0.504 | 8.23 | 0.534 | 0.421 | 8.23 | 0.534 | 0.421 | 0.421 | 0.421 | 8.23 | 0.534 | 0.421 | 0.421 | 8.23 |
| 1973 | 7.894 | 0.005 | 0.514 | 8.43 | 0.534 | 0.462 | 8.43 | 0.534 | 0.462 | 0.462 | 0.462 | 8.43 | 0.534 | 0.462 | 0.462 | 8.43 |
| 1974 | 8.071 | 0.005 | 0.525 | 8.64 | 0.534 | 0.504 | 8.64 | 0.534 | 0.504 | 0.504 | 0.504 | 8.64 | 0.534 | 0.504 | 0.504 | 8.64 |
| 1975 | 8.244 | 0.005 | 0.536 | 8.86 | 0.534 | 0.548 | 8.86 | 0.534 | 0.548 | 0.548 | 0.548 | 8.86 | 0.534 | 0.548 | 0.548 | 8.86 |
| 1976 | 8.414 | 0.006 | 0.547 | 9.09 | 0.534 | 0.593 | 9.09 | 0.534 | 0.593 | 0.593 | 0.593 | 9.09 | 0.534 | 0.593 | 0.593 | 9.09 |
| 1977 | 8.585 | 0.006 | 0.559 | 9.33 | 0.534 | 0.641 | 9.33 | 0.534 | 0.641 | 0.641 | 0.641 | 9.33 | 0.534 | 0.641 | 0.641 | 9.33 |
| 1978 | 8.756 | 0.006 | 0.569 | 9.58 | 0.534 | 0.692 | 9.58 | 0.534 | 0.692 | 0.692 | 0.692 | 9.58 | 0.534 | 0.692 | 0.692 | 9.58 |
| 1979 | 8.929 | 0.006 | 0.581 | 9.84 | 0.534 | 0.746 | 9.84 | 0.534 | 0.746 | 0.746 | 0.746 | 9.84 | 0.534 | 0.746 | 0.746 | 9.84 |
| 1980 | 9.103 | 0.006 | 0.593 | 10.11 | 0.534 | 0.802 | 10.11 | 0.534 | 0.802 | 0.802 | 0.802 | 10.11 | 0.534 | 0.802 | 0.802 | 10.11 |
| 1981 | 9.278 | 0.006 | 0.605 | 10.39 | 0.534 | 0.861 | 10.39 | 0.534 | 0.861 | 0.861 | 0.861 | 10.39 | 0.534 | 0.861 | 0.861 | 10.39 |
| 1982 | 9.454 | 0.006 | 0.617 | 10.68 | 0.534 | 0.922 | 10.68 | 0.534 | 0.922 | 0.922 | 0.922 | 10.68 | 0.534 | 0.922 | 0.922 | 10.68 |
| 1983 | 9.632 | 0.006 | 0.631 | 10.98 | 0.534 | 0.984 | 10.98 | 0.534 | 0.984 | 0.984 | 0.984 | 10.98 | 0.534 | 0.984 | 0.984 | 10.98 |
| 1984 | 9.811 | 0.006 | 0.644 | 11.29 | 0.534 | 1.048 | 11.29 | 0.534 | 1.048 | 1.048 | 1.048 | 11.29 | 0.534 | 1.048 | 1.048 | 11.29 |
| 1985 | 10.001 | 0.006 | 0.658 | 11.61 | 0.534 | 1.114 | 11.61 | 0.534 | 1.114 | 1.114 | 1.114 | 11.61 | 0.534 | 1.114 | 1.114 | 11.61 |
| 1986 | 10.191 | 0.007 | 0.673 | 11.94 | 0.534 | 1.182 | 11.94 | 0.534 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 11.94 | 0.534 | 1.182 | 1.182 | 11.94 |
| 1987 | 10.381 | 0.007 | 0.688 | 12.28 | 0.534 | 1.252 | 12.28 | 0.534 | 1.252 | 1.252 | 1.252 | 12.28 | 0.534 | 1.252 | 1.252 | 12.28 |
| 1988 | 10.571 | 0.007 | 0.703 | 12.63 | 0.534 | 1.324 | 12.63 | 0.534 | 1.324 | 1.324 | 1.324 | 12.63 | 0.534 | 1.324 | 1.324 | 12.63 |
| 1989 | 10.761 | 0.007 | 0.719 | 12.99 | 0.534 | 1.398 | 12.99 | 0.534 | 1.398 | 1.398 | 1.398 | 12.99 | 0.534 | 1.398 | 1.398 | 12.99 |
| 1990 | 10.951 | 0.007 | 0.735 | 13.36 | 0.534 | 1.474 | 13.36 | 0.534 | 1.474 | 1.474 | 1.474 | 13.36 | 0.534 | 1.474 | 1.474 | 13.36 |
| 1991 | 11.141 | 0.007 | 0.751 | 13.74 | 0.534 | 1.552 | 13.74 | 0.534 | 1.552 | 1.552 | 1.552 | 13.74 | 0.534 | 1.552 | 1.552 | 13.74 |
| 1992 | 11.331 | 0.007 | 0.768 | 14.13 | 0.534 | 1.632 | 14.13 | 0.534 | 1.632 | 1.632 | 1.632 | 14.13 | 0.534 | 1.632 | 1.632 | 14.13 |
| 1993 | 11.521 | 0.007 | 0.785 | 14.53 | 0.534 | 1.714 | 14.53 | 0.534 | 1.714 | 1.714 | 1.714 | 14.53 | 0.534 | 1.714 | 1.714 | 14.53 |
| 1994 | 11.711 | 0.008 | 0.802 | 14.94 | 0.534 | 1.800 | 14.94 | 0.534 | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 14.94 | 0.534 | 1.800 | 1.800 | 14.94 |
| 1995 | 11.901 | 0.008 | 0.819 | 15.36 | 0.534 | 1.889 | 15.36 | 0.534 | 1.889 | 1.889 | 1.889 | 15.36 | 0.534 | 1.889 | 1.889 | 15.36 |
| 1996 | 12.091 | 0.008 | 0.837 | 15.79 | 0.534 | 1.981 | 15.79 | 0.534 | 1.981 | 1.981 | 1.981 | 15.79 | 0.534 | 1.981 | 1.981 | 15.79 |
| 1997 | 12.281 | 0.008 | 0.855 | 16.23 | 0.534 | 2.076 | 16.23 | 0.534 | 2.076 | 2.076 | 2.076 | 16.23 | 0.534 | 2.076 | 2.076 | 16.23 |
| 1998 | 12.471 | 0.008 | 0.873 | 16.68 | 0.534 | 2.174 | 16.68 | 0.534 | 2.174 | 2.174 | 2.174 | 16.68 | 0.534 | 2.174 | 2.174 | 16.68 |
| 1999 | 12.661 | 0.008 | 0.891 | 17.14 | 0.534 | 2.275 | 17.14 | 0.534 | 2.275 | 2.275 | 2.275 | 17.14 | 0.534 | 2.275 | 2.275 | 17.14 |

Tabla 4.4.1.23 Salidas de la Presa El Infiernillo
(ver Cap. III. Apto.3.6 sección 6.)

| ESTACION: | | Infiernillo |
|------------|-------------|-------------|
| CORRIENTE: | | Río Balsas |
| CUENCA: | | RÍO BALSAS |
| AÑO | ANUAL | |
| 1960 | 15051.6 | |
| 1961 | 16301.1 | |
| 1962 | 14975.5 | |
| 1963 | 13696.2 | |
| 1964 | 8329.3 | |
| 1965 | 15345.1 | |
| 1966 | 15061.6 | |
| 1967 | 12347.7 | |
| 1968 | 17952.7 | |
| 1969 | 20142.6 | |
| 1970 | 20732.1 | |
| 1971 | 18375.9 | |
| 1972 | 15292.8 | |
| 1973 | 20259.5 | |
| 1974 | 19650.5 | |
| 1975 | 17031.9 | |
| 1976 | 18238.8 | |
| 1977 | 15778.6 | |
| 1978 | 12093.6 | |
| 1979 | 11505.6 | |
| 1980 | 12844.5 | |
| 1981 | 20280.4 | |
| 1982 | 9616.8 | |
| 1983 | 8650.5 | |
| 1984 | 20023.1 | |
| 1985 | 14248.8 | |
| 1986 | 9081.2 | |
| 1987 | 8803.2 | |
| 1988 | 15268.3 | |
| 1989 | 12492.6 | |
| 1990 | 12381.1 | |
| 1991 | 13302.4 | |
| 1992 | 17327. | |
| 1993 | 14962.5 | |
| 1994 | 9234.6 | |
| 1995 | 16864.2 | |
| 1996 | 15332.9 | |
| 1997 | 14834.5 | |
| 1998 | 14834.5 | |
| 1999 | 14834.5 | |
| TOTAL | 593380.3243 | |
| PROM | 14834.508 | |

Tabla 4.4.1.24 Evaporaciones de la subcuenca del Bajo Balsas
(ver Cap. III. Apto. 3.6sección 6.)

| Evaporación en presas de almacenamiento
subcuenca: Bajo Balsas | | | | | | |
|---|-------------|------------|-----------|----------|---------|--|
| AÑO | Infiernillo | La Villita | La Calera | Zicuirán | Suma | |
| 1960 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1961 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1962 | 399.759 | 31.222 | 8.856 | 8.261 | 448.098 | |
| 1963 | 399.759 | 31.222 | 8.52 | 8.261 | 447.762 | |
| 1964 | 397.865 | 31.222 | 9.271 | 8.261 | 446.619 | |
| 1965 | 577.536 | 31.222 | 9.091 | 8.261 | 626.11 | |
| 1966 | 530.291 | 31.222 | 9.14 | 8.261 | 578.914 | |
| 1967 | 505.41 | 31.222 | 9.14 | 8.261 | 554.033 | |
| 1968 | 448.823 | 31.222 | 8.461 | 8.261 | 496.767 | |
| 1969 | 435.531 | 31.222 | 8.615 | 8.261 | 483.629 | |
| 1970 | 465.82 | 31.222 | 8.28 | 8.261 | 513.583 | |
| 1971 | 451.278 | 31.222 | 8.683 | 8.261 | 499.444 | |
| 1972 | 399.759 | 31.222 | 7.916 | 8.261 | 447.158 | |
| 1973 | 399.759 | 31.222 | 8.354 | 8.261 | 447.596 | |
| 1974 | 399.759 | 31.222 | 7.972 | 8.261 | 447.214 | |
| 1975 | 399.759 | 31.222 | 6.883 | 8.261 | 446.125 | |
| 1976 | 399.759 | 31.222 | 6.493 | 8.261 | 445.735 | |
| 1977 | 399.759 | 31.222 | 7.081 | 8.261 | 446.323 | |
| 1978 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1979 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1980 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1981 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1982 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1983 | 399.759 | 31.222 | 8.879 | 8.087 | 447.947 | |
| 1984 | 399.759 | 31.222 | 6.903 | 6.922 | 444.806 | |
| 1985 | 399.759 | 31.222 | 6.753 | 7.34 | 445.074 | |
| 1986 | 399.759 | 31.222 | 5.494 | 8.261 | 444.736 | |
| 1987 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1988 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1989 | 399.759 | 31.222 | 9.039 | 8.261 | 448.281 | |
| 1990 | 399.759 | 33.235 | 9.039 | 8.575 | 450.608 | |
| 1991 | 399.759 | 32.949 | 9.039 | 7.186 | 448.933 | |
| 1992 | 399.759 | 31.922 | 8.974 | 6.401 | 447.056 | |
| 1993 | 399.759 | 36.877 | 9.525 | 8.109 | 454.27 | |
| 1994 | 399.759 | 35.723 | 6.842 | 6.876 | 449.2 | |
| 1995 | 399.759 | 42.074 | 8.221 | 6.512 | 456.566 | |
| 1996 | 399.759 | 41.003 | 8.951 | 8.261 | 457.974 | |
| 1997 | 399.759 | 43.427 | 4.870 | 8.261 | 456.317 | |
| 1998 | 399.759 | 40.381 | 6.835 | 8.261 | 455.236 | |
| 1999 | 399.219 | 32.673 | 8.369 | 8.261 | 448.522 | |

Tabla 4.4.1.21. Cálculo del escurrimiento virgen natural de la subcuenca del Río Tepalcatepec (Cap. III. Apto. 3.6 sección 8.)

| CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO VIRGEN ANUAL PROMEDIO PARA LA CUENCA DEL RÍO TEPALCATEPEC | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------|------------------|-----------|--------------------------------------|------------|------------|--|
| Corriente: RÍO TEPALCATEPEC | | | Subcuenca: TEPALCATEPEC | | | | Región Hidrométrica: 18 | | | |
| Subregión hidrológica: 18C | | | superficie: 11,596.4 km ² | | | | Precipitación Anual Promedio: 960 mm | | | |
| ANO | E.H.
LOS PANCHES | EVAP.
EN VASOS | PUBLICO
URBANO | SERVICIOS | USOS CONSUNTIVOS | | ABREVADERO | INDUSTRIAL | SUMA
Uc | ESC.
VIRGEN
Cp
(Cap. III. Exp. 3.2.2.1) |
| | Ab | Ev | | | HIDROAGRÍCOLA | UNIDADES | | | | |
| 1960 | 1702.818 | 23.097 | 5.034 | 0.035 | 399.6 | 1105.437 | 1.944 | 0.481 | 1512.531 | 3238.446 |
| 1961 | 1702.818 | 23.283 | 5.15 | 0.035 | 399.6 | 1111.02 | 1.983 | 0.534 | 1518.322 | 3244.423 |
| 1962 | 1702.818 | 23.146 | 5.269 | 0.036 | 399.6 | 1116.631 | 2.024 | 0.594 | 1524.154 | 3250.118 |
| 1963 | 1702.818 | 23.199 | 5.39 | 0.037 | 399.6 | 1122.271 | 2.065 | 0.659 | 1530.022 | 3256.039 |
| 1964 | 1702.818 | 23.046 | 5.514 | 0.038 | 399.6 | 1127.939 | 2.107 | 0.733 | 1535.931 | 3261.795 |
| 1965 | 1186.500 | 22.496 | 5.641 | 0.039 | 399.6 | 1133.636 | 2.15 | 0.814 | 1541.88 | 2750.876 |
| 1966 | 2171.400 | 22.36 | 5.77 | 0.04 | 399.6 | 1139.361 | 2.194 | 0.904 | 1547.869 | 3741.629 |
| 1967 | 2667.600 | 22.776 | 5.069 | 0.041 | 399.6 | 1145.116 | 2.239 | 1.005 | 1553.07 | 4243.446 |
| 1968 | 2336.300 | 23.381 | 5.903 | 0.042 | 399.6 | 1150.899 | 2.284 | 1.117 | 1559.845 | 3919.526 |
| 1969 | 2129.600 | 22.429 | 6.039 | 0.043 | 399.6 | 1156.712 | 2.331 | 1.241 | 1565.966 | 3717.995 |
| 1970 | 2785.000 | 22.794 | 6.179 | 0.044 | 399.6 | 1162.554 | 2.379 | 1.378 | 1572.134 | 4379.928 |
| 1971 | 2248.300 | 22.89 | 6.32 | 0.045 | 399.6 | 1168.426 | 2.427 | 1.532 | 1578.35 | 3849.54 |
| 1972 | 1690.900 | 23.057 | 6.478 | 0.046 | 399.6 | 1174.327 | 2.477 | 1.702 | 1584.63 | 3298.587 |
| 1973 | 2468.000 | 23.179 | 6.639 | 0.047 | 399.6 | 1180.258 | 2.527 | 1.801 | 1590.872 | 4082.051 |
| 1974 | 1568.600 | 23.085 | 6.805 | 0.046 | 399.6 | 1186.219 | 2.578 | 6.303 | 1601.551 | 3193.236 |
| 1975 | 2361.800 | 23.258 | 7.149 | 0.049 | 399.6 | 1192.211 | 2.631 | 6.303 | 1607.943 | 3993.001 |
| 1976 | 2685.000 | 23.101 | 7.327 | 0.05 | 399.6 | 1198.232 | 2.685 | 6.303 | 1614.197 | 4322.298 |
| 1977 | 1554.600 | 23.715 | 7.61 | 0.052 | 399.6 | 1204.284 | 2.74 | 8.824 | 1623.11 | 3201.425 |
| 1978 | 1428.300 | 22.954 | 7.698 | 0.053 | 399.6 | 1210.366 | 2.796 | 8.824 | 1629.337 | 3080.591 |
| 1979 | 906.500 | 22.954 | 7.89 | 0.054 | 399.6 | 1216.479 | 2.853 | 8.824 | 1635.7 | 2565.154 |
| 1980 | 1176.000 | 22.954 | 8.087 | 0.056 | 399.6 | 1222.561 | 2.911 | 11.345 | 1644.56 | 2843.514 |
| 1981 | 1763.500 | 22.954 | 8.231 | 0.057 | 399.6 | 1228.674 | 2.971 | 11.345 | 1650.878 | 3437.332 |
| 1982 | 657.900 | 214.954 | 8.377 | 0.058 | 399.6 | 1234.818 | 3.031 | 11.345 | 1657.229 | 2530.083 |
| 1983 | 1495.000 | 215.225 | 8.527 | 0.059 | 407.4 | 1240.992 | 3.093 | 11.345 | 1671.416 | 3381.641 |
| 1984 | 2273.700 | 209.914 | 8.678 | 0.06 | 551.2 | 1247.197 | 3.156 | 11.345 | 1821.636 | 4305.25 |
| 1985 | 1237.879 | 212.809 | 8.883 | 0.061 | 570 | 1253.433 | 3.221 | 11.345 | 1846.943 | 3297.631 |
| 1986 | 1284.118 | 214.954 | 9.044 | 0.062 | 570 | 1259.7 | 3.242 | 11.502 | 1853.55 | 3352.622 |
| 1987 | 1431.620 | 215.14 | 9.206 | 0.063 | 570 | 1265.998 | 3.263 | 11.66 | 1860.19 | 3506.95 |
| 1988 | 2703.390 | 214.464 | 9.367 | 0.064 | 569.8 | 1272.328 | 3.284 | 11.817 | 1866.66 | 4784.514 |
| 1989 | 578.820 | 214.322 | 9.528 | 0.065 | 570 | 1278.69 | 3.305 | 11.975 | 1873.563 | 2666.705 |
| 1990 | 950.670 | 214.261 | 9.689 | 0.067 | 598.9 | 1285.083 | 3.326 | 12.132 | 1909.197 | 3074.128 |
| 1991 | 784.132 | 210.001 | 9.851 | 0.068 | 608.3 | 1291.509 | 3.348 | 12.29 | 1925.366 | 2919.499 |
| 1992 | 2264.416 | 212.483 | 10.012 | 0.069 | 590.2 | 1297.966 | 3.369 | 12.447 | 1914.063 | 4390.962 |
| 1993 | 2075.049 | 215.86 | 10.173 | 0.07 | 578.6 | 1304.456 | 3.39 | 12.605 | 1909.294 | 4200.203 |
| 1994 | 599.605 | 214.502 | 10.334 | 0.071 | 590.8 | 1310.978 | 3.411 | 12.763 | 1928.357 | 2742.464 |
| 1995 | 1387.091 | 215.149 | 11.2 | 0.072 | 594.7 | 1317.533 | 3.432 | 12.92 | 1939.857 | 3542.097 |
| 1996 | 1766.376 | 213.502 | 11.361 | 0.073 | 592.8 | 1324.121 | 3.454 | 13.078 | 1944.887 | 3924.765 |
| 1997 | 756.221 | 214.531 | 11.523 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.85 | 2916.602 |
| 1998 | 2251.592 | 214.531 | 11.52 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.847 | 4411.970 |
| 1999 | 1924.334 | 214.531 | 11.523 | 0.075 | 586.8 | 1330.742 | 3.475 | 13.235 | 1945.850 | 4084.715 |
| TOTAL | 68063.904 | 4357.241 | 319.988 | 2.192 | 18913.900 | 48830.641 | 113.046 | 302.840 | 68482.607 | 140903.732 |
| PROM | 1701.598 | 108.931 | 8.000 | 0.055 | 472.848 | 1220.766 | 2.826 | 7.571 | 1712.065 | 3522.594 |

**G. DE LAS
CUENCAS CERRADAS
PARACHO Y ZIRAJVEN Y
CÁLCULO DEL C_p .**

Tabla 4.4.1.26 Precipitaciones de la cuenca cerrada Paracho
(Consultar Cap. III. Apto. 3.6 sección 9.)

| ESTACIÓN | CHARAPAN | | CARAPAN | |
|----------|----------|---------|---------|---------|
| AÑO | ANUAL | ANUAL | ANUAL | ANUAL |
| 1960 | | 1125.7 | | 943.5 |
| 1961 | | 1276.7 | | 1088.8 |
| 1962 | | 1172.1 | | 1005.3 |
| 1963 | | 1525.8 | | 1127.1 |
| 1964 | | 1256.4 | | 1197.6 |
| 1965 | | 1261.7 | | 1133.6 |
| 1966 | | 1763.6 | | 1209.1 |
| 1967 | | 1689.9 | | 1022.4 |
| 1968 | | 845.4 | | 1099.2 |
| 1969 | | 917.1 | | 1094.6 |
| 1970 | | 1037.5 | | 933.1 |
| 1971 | | 976.4 | | 1093.6 |
| 1972 | | 1237.3 | | 1035.5 |
| 1973 | | 1577.1 | | 1103 |
| 1974 | | 1261.6 | | 961 |
| 1975 | | 882.5 | | 882.5 |
| 1976 | | 1384.3 | | 1384.3 |
| 1977 | | 953.3 | | 953.3 |
| 1978 | | 1105.1 | | 1105.1 |
| 1979 | | 635 | | 635 |
| 1980 | | 912.7 | | 912.7 |
| 1981 | | 737.7 | | 737.7 |
| 1982 | | 564.5 | | 564.5 |
| 1983 | | 520 | | 520 |
| 1984 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1985 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1986 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1987 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1988 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1989 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1990 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1991 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1992 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1993 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1994 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1995 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1996 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1997 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1998 | | 1109.1 | | 989.3 |
| 1999 | | 1109.1 | | 989.3 |
| SUMA | | 44365.7 | | 39570.8 |
| PROMEDIO | | 1109.1 | | 989.3 |

Tabla 4.4.1.27 Precipitaciones de la cuenca cerrada Zirahuen
(véase Cap. III. Apto 3.6 sección 9.)

| ESTACIÓN | ZIRAHUEN | TACAMBARO | PATZCUARO |
|----------|----------|-----------|-----------|
| ANO | ANUAL | ANUAL | ANUAL |
| 1960 | 554.7 | 881.2 | 554.7 |
| 1961 | 560.2 | 1237.1 | 560.2 |
| 1962 | 808.7 | 1332.7 | 808.7 |
| 1963 | 760.6 | 1124.3 | 760.6 |
| 1964 | 728.9 | 1124.5 | 728.9 |
| 1965 | 734.8 | 944.4 | 734.8 |
| 1966 | 962.7 | 1154.3 | 962.7 |
| 1967 | 1139 | 1314.4 | 1093.7 |
| 1968 | 1009.3 | 912.5 | 1018.8 |
| 1969 | 1060.8 | 1263.8 | 814.8 |
| 1970 | 695 | 1328.3 | 893 |
| 1971 | 736.7 | 1126.9 | 903.7 |
| 1972 | 999 | 985.2 | 1014.7 |
| 1973 | 1326.9 | 1489.6 | 983.3 |
| 1974 | 931.8 | 1192.5 | 757.8 |
| 1975 | 974.8 | 986.8 | 914 |
| 1976 | 1100.6 | 967 | 1121.8 |
| 1977 | 832.5 | 945.9 | 918.5 |
| 1978 | 1346.9 | 1084.4 | 896 |
| 1979 | 946.7 | 1029.4 | 801 |
| 1980 | 1219.6 | 1193.9 | 891.2 |
| 1981 | 1511.2 | 1366.7 | 1034.3 |
| 1982 | 1094.7 | 1126.9 | 774 |
| 1983 | 1115.9 | 1269.8 | 981.3 |
| 1984 | 899.3 | 899.3 | 899.3 |
| 1985 | 777.1 | 777.1 | 777.1 |
| 1986 | 895.5 | 895.5 | 895.5 |
| 1987 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1988 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1989 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1990 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1991 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1992 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1993 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1994 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1995 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1996 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1997 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1998 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| 1999 | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |
| SUMA | 38109.5 | 44376.9 | 34806.5 |
| PROMEDIO | 952.7 | 1109.4 | 870.2 |

Tabla 4.4.1.28 Cálculo de la precipitación media anual de las cuencas cerradas Paracho y Zirahuen (ver Cap. III. Apto.3.6 sección 9.)

| <u>SUBCUENCA: PARACHO-NAHUATZEN</u> | | | | |
|--|-------------------------|----------------|-----------|------------------------------|
| ÁREA DE LA CUENCA= 922.7 km ² | | | | |
| ESTACIÓN | ÁREA (km ²) | Hp media Anual | Hp*ÁREA | |
| Charapan | 751.0348837 | 1,109.10 | 832972.79 | |
| Carapan | 171.6651163 | 989.3 | 169828.3 | Hp media Anual= 1086.8116 mm |
| | 922.7 | | 1002801.1 | |
| <u>SUBCUENCA ZIRAHUEN</u> | | | | |
| ÁREA DE LA CUENCA= 313.2 km ² | | | | |
| ESTACIÓN | ÁREA (km ²) | Hp media Anual | Hp*ÁREA | |
| Zirahuen | 224.4507117 | 952.7 | 213834.19 | |
| Tacámbaro | 1.811209964 | 1,109.40 | 2009.3563 | Hp media Anual= 930.70583 mm |
| Pátzcuaro | 86.93807829 | 870.2 | 75653.516 | |
| | 313.2 | | 291497.07 | |

Tabla 4.4.1.29 Cálculo del escurrimiento natural de la cuenca cerrada Paracho(Cap. III. Apto.3.6 sección9.)

| Estimación del escurrimiento por medio de:
Método de Coeficiente de Escurrimiento.(Cap. II. Apto.2.5.)
CUENCA CERRADA PARACHO-NAHUATZEN | | | |
|---|----------------------------|------------------------------|---|
| PROMEDIO ANUAL | | | |
| PTN(tabla 4.8.27)
(mm) | CI(ver Cap. II. exp.2.6.2) | V' (ver Cap. II. exp.2.6.4) | Cp(Consultar Cap. II. exp. 2.6.5)
(Mill. de m ³) |
| 1086.8 | 0.194 | 211.4 | 195.0 |
| Suelo semipermeable | | tipoB (Cap. II. tabla 2.6.1) | |
| Cobertura del Suelo | | | k*% |
| Cultivos | 0.27 | 40% | 0.108 |
| Pastizal | 0.24 | 8% | 0.0192 |
| Bosque | 0.28 | 25% | 0.07 |
| Praderas | 0.24 | 12% | 0.0288 |
| Zona Urbana | 0.31 | 7% | 0.0217 |
| Incultas y Desnudas | 0.29 | 3% | 0.0087 |
| Caminos y Veredas | 0.3 | 5% | 0.015 |
| | | | 0.2714 |
| Estimación del parámetro "k" | | | |

Tabla 4.4.1.30 Cálculo del escurrimiento natural de la cuenca cerrada Zirahuen(Cap. III. Apto.3.6 sección9.)

| Estimación del escurrimiento por medio de:
Método de Coeficiente de Escurrimiento.(Consultar Cap. II. Apto.2.5.)
CUENCA CERRADA ZIRAHUEN | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------------|---|
| PROMEDIO ANUAL | | | |
| PTN(tabla 4.8.28)
(mm) | C1(ver Cap. II. exp. 2.6.2) | V'(véase Cap. II. exp. 2.6.4) | Cp(Consultar Cap. II. exp. 2.6.5)
(Mill. de m ³) |
| 930.7 | 0.173 | 160.8 | 50.4 |
| Suelo semipermeable | | tipoB (Cap. II. tabla 2.6.1) | |
| Cobertura del Suelo | | | k*% |
| Cultivos | 0.27 | 45% | 0.1215 |
| Pastizal | 0.24 | 8% | 0.0192 |
| Bosque | 0.28 | 20% | 0.056 |
| Praderas | 0.24 | 12% | 0.0288 |
| Zona Urbana | 0.31 | 7% | 0.0217 |
| Incultas y Desnudas | 0.29 | 3% | 0.0087 |
| Caminos y Veredas | 0.3 | 5% | 0.015 |
| | | | 0.2709 |
| Estimación del parámetro "k" | | | |
| k= 0.2709 | | | |
| Si k>0.15 | | | |

Tabla 4.4.1.31 Usos Consuntivos en la cuenca cerrada Paracho
(véase Cap. III. Apto. 3.6 sección6.)

| AÑO | PUBLICO
URBANO | SERVICIOS | MICHOACAN | | ABREVADERO | TOTAL |
|------|-------------------|-----------|---------------|--------|------------|--------|
| | | | HIDROAGRÍCOLA | | | |
| | | | DISTRITO | UNIDAD | | |
| 1960 | 1.066 | 0.0005 | | | | 1.0665 |
| 1961 | 1.09 | 0.0005 | | | | 1.0905 |
| 1962 | 1.116 | 0.0005 | | | | 1.1165 |
| 1963 | 1.141 | 0.0005 | | | | 1.1415 |
| 1964 | 1.167 | 0.0005 | | | | 1.1675 |
| 1965 | 1.194 | 0.0006 | | | | 1.1946 |
| 1966 | 1.222 | 0.0006 | | | | 1.2226 |
| 1967 | 1.25 | 0.0006 | | | | 1.2506 |
| 1968 | 1.279 | 0.0006 | | | | 1.2796 |
| 1969 | 1.308 | 0.0006 | | | | 1.3086 |
| 1970 | 1.338 | 0.0006 | | | | 1.3386 |
| 1971 | 1.372 | 0.0006 | | | | 1.3726 |
| 1972 | 1.405 | 0.0007 | | | | 1.4057 |
| 1973 | 1.441 | 0.0007 | | | | 1.4417 |
| 1974 | 1.477 | 0.0007 | | | | 1.4777 |
| 1975 | 1.514 | 0.0007 | | | | 1.5147 |
| 1976 | 1.551 | 0.0007 | | | | 1.5517 |
| 1977 | 1.59 | 0.0007 | | | | 1.5907 |
| 1978 | 1.63 | 0.0008 | | | | 1.6308 |
| 1979 | 1.671 | 0.0008 | | | | 1.6718 |
| 1980 | 1.712 | 0.0008 | | | | 1.7128 |
| 1981 | 1.743 | 0.0008 | | | | 1.7438 |
| 1982 | 1.774 | 0.0008 | | | | 1.7748 |
| 1983 | 1.805 | 0.0008 | | | | 1.8058 |
| 1984 | 1.838 | 0.0009 | | | | 1.8389 |
| 1985 | 1.87 | 0.0009 | | | | 1.8709 |
| 1986 | 1.906 | 0.0009 | | | | 1.9069 |
| 1987 | 1.941 | 0.0009 | | | | 1.9419 |
| 1988 | 1.977 | 0.0009 | | | | 1.9779 |
| 1989 | 2.012 | 0.001 | | | | 2.013 |
| 1990 | 2.048 | 0.001 | | | | 2.049 |
| 1991 | 2.083 | 0.001 | | | | 2.084 |
| 1992 | 2.119 | 0.001 | | | | 2.12 |
| 1993 | 2.154 | 0.001 | | | | 2.155 |
| 1994 | 2.19 | 0.001 | | | | 2.191 |
| 1995 | 2.225 | 0.001 | | | | 2.226 |
| 1996 | 2.261 | 0.001 | | | | 2.262 |
| 1997 | 2.296 | 0.0011 | | | | 2.297 |

Tabla 4.4.1.32 Usos Consuntivos en la cuenca cerrada Zirahuen
(véase Cap. III. Apto. 3.6 sección6.)

| AÑO | PUBLICO
URBANO | SERVICIOS | MICHOCAN | | INDUSTRIAL | TOTAL |
|------|-------------------|-----------|---------------|--------|------------|-------|
| | | | HIDROAGRÍCOLA | | | |
| | | | DISTRITO | UNIDAD | | |
| 1960 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1961 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1962 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1963 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1964 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1965 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1966 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1967 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1968 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1969 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1970 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1971 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1972 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1973 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1974 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1975 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1976 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1977 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1978 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1979 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1980 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1981 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1982 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1983 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1984 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1985 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1986 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1987 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1988 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1989 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1990 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1991 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1992 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1993 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1994 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1995 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1996 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1997 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1998 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |
| 1999 | 0.49 | 0.0008 | | | 0.9 | 1.4 |

Tabla 4.4.1.33 Evaporaciones en la cuenca cerrada de Zirahuen (ver Cap. III. Apto. 3.6 sección 6.)

| ANO | Ev |
|----------|-------|
| 1960 | 0.809 |
| 1961 | 0.838 |
| 1962 | 0.913 |
| 1963 | 0.991 |
| 1964 | 1.002 |
| 1965 | 1.063 |
| 1966 | 0.98 |
| 1967 | 1.009 |
| 1968 | 0.966 |
| 1969 | 1.071 |
| 1970 | 1.01 |
| 1971 | 0.937 |
| 1972 | 0.942 |
| 1973 | 0.952 |
| 1974 | 0.97 |
| 1975 | 0.934 |
| 1976 | 0.992 |
| 1977 | 1.048 |
| 1978 | 1.201 |
| 1979 | 1.147 |
| 1980 | 0.871 |
| 1981 | 0.888 |
| 1982 | 0.806 |
| 1983 | 0.78 |
| 1984 | 0.744 |
| 1985 | 0.741 |
| 1986 | 0.791 |
| 1987 | 0.751 |
| 1988 | 0.726 |
| 1989 | 1.274 |
| 1990 | 0.521 |
| 1991 | 0.899 |
| 1992 | 0.8 |
| 1993 | 0.969 |
| 1994 | 1.018 |
| 1995 | 1.056 |
| 1996 | 1.056 |
| 1997 | 1.056 |
| 1998 | 1.056 |
| 1999 | 1.056 |
| Promedio | 0.941 |

4.4.2 ORIGEN Y DESTINO DE LAS SUBCUENCAS DEL MEDIO Y BAJO BALSAS

De acuerdo a la metodología establecida en el capítulo III. Apartado 3.6 sección 4 se tiene lo siguiente:

Tabla 4.4.2.1 Origen y destino de las subcuencas del Medio y Bajo Balsas

| | Nombre | Origen | Hasta |
|---|-----------------|---|--|
| A | Cutzamala | Nevado de Toluca, Edo. de México . | E.H. El Gallo, en el río Cutzamala, Gro. |
| B | Medio Balsas | E.H. San Juan Tetelcingo y El Gallo | E.H. La Caimanera |
| C | Cupatitzio | NNE de la Cd. De Uruapan, Mich | E.H. La Pastoría, en el río Cupatitzio, Mich. |
| D | Tacámbaro | 40 km al Sureste de Morelia, Mich. | E.H. Los Pinzanes, en el río Tacámbaro, Mich. |
| E | Tepalcatepec | NNO de la Cd. De Quitupan, Jal. | E.H. Los Paches, en el río Tepalcatepec, Mich. |
| F | Bajo Río Balsas | E.H. La Caimanera, La Pastoria, Los Pinzanes y los Paches | La desembocadura al Océano Pacífico, Mich y Gro. |
| G | Paracho | Cuenca cerrada, se localiza al Norte de Uruapan, Mich. | |
| H | Zirahuen | Cuenca cerrada, se localiza al Sur de Pátzcuaro, Mich. | |

4.4.3 ESCURRIMIENTOS HACIA AGUAS ABAJO

(Véase Cap. III. Apto. 3.6 sección 10)

A continuación se calcula el escurrimiento hacia aguas abajo en cada una de las subcuencas del río Medio y Bajo Balsas

Subcuenca "A": Río Cutzamala (desde su origen hasta la estación hidrométrica El Gallo) (Para los datos véase tabla 4.4.1.5)

Genera un escurrimiento natural o "virgen" medio anual por cuenca propia (Cp) de 3686.441 Mm³; el volumen para uso consuntivo es de 506.364 Mm³; se tiene una evaporación media anual total en las presas Agostitlán, Pucuat, Sabaneta,

El Bosque, Villa Victoria, Valle de Bravo y Laguna de Tuxpan de 423.2 Mm^3 ; se exportan 471.93 Mm^3 a la zona metropolitana de la Cd. De México; por lo que se tiene:

$$Ab_A = Cp_A - (Uc_A + Ev + Ex) = 3686.441 - (506.364 + 423.2 + 471.93) = 2284.947 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca "B": Medio Río Balsas (desde la estaciones hidrométricas San Juan Tetelcingo y El Gallo hasta la estación hidrométrica La Caimanera)
(Para los datos véase tabla 4.4.1.9)

Genera un escurrimiento natural o "virgen" medio anual por cuenca propia (Cp) de $4,055.305 \text{ Mm}^3$, recibe escurrimientos aguas arriba de las subcuencas Río Bajo Atoyac y Cutzamala de 6514.947 Mm^3 ; el volumen para uso consuntivo es de 520.52 Mm^3 ; la evaporación media anual total (Ev) de las presas Andrés Figueroa, Vicente Guerrero, Valerio Trujano y El Pejo es de 35.37 Mm^3 ; se importan de la subcuenca Amacuzac 6.307 Mm^3 ; al ser los únicos términos de la ecuación se tiene:

$$Ab_B = Cp_B + Ar + Im - (Uc_B + Ev)$$

$$Ab_B = 4055.305 + 6514.947 + 6.307 - (520.521 + 35.37) = 10020.668 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca "C": Río Cupatitzio (desde su origen hasta la estación hidrométrica La Pastoria) (Para los datos véase tabla 4.4.1.14)

Genera un escurrimiento natural o "virgen" medio anual por cuenca propia (Cp) de 1153.586 Mm^3 ; el volumen para uso consuntivo es de 444.758 Mm^3 ; la evaporación media anual total (Ev) es de 0.3 Mm^3 ; por lo tanto:

$$Ab_c = Cp_c - (Uc_c + Ev) = 1153.586 - (444.758 + 0.3) = 708.528 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca "D": Río Tacámbaro (desde su origen hasta la estación hidrométrica Los Pinzanes) (Para los datos véase tabla 4.4.1.18)

Genera un escurrimiento natural o "virgen" medio anual por cuenca propia (Cp) de 1529.615 Mm^3 ; el volumen para uso consuntivo es de 746.68 Mm^3 ; al ser los únicos términos de la ecuación se tiene:

$$Ab_o = Cp_o - Uc_o = 1529.615 - 746.68 = 782.935 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca "E": Río Tepalcatepec (desde su origen hasta la estación hidrométrica Los Paches) (Para los datos véase tabla 4.4.1.22)

Genera un escurrimiento natural o "virgen" medio anual por cuenca propia (C_p) de 3,522.594 Mm^3 ; el volumen para uso consuntivo es de 1,945.85 Mm^3 ; se tiene una evaporación media anual total en las presas Los Olivos, Vicente Villaseñor, San Juanico y Constitución de Apatzingán de 214.531 Mm^3 ; por que se tiene:

$$Ab_E = C_{pE} - (U_{CE} + Ev) = 3522.594 - (1945.85 + 214.531) = 1362.213 Mm^3$$

Subcuenca "F": Bajo Río Balsas (desde las estaciones hidrométricas La Caimanera, La Pastoria, Los Pinzanes y Los Paches hasta la desembocadura al Océano Pacífico) (Para los datos véase tabla 4.4.1.26)

Genera un escurrimiento natural o "virgen" medio anual por cuenca propia (C_p) de 3471.767 Mm^3 ; los escurrimientos aguas arriba (A_r) provenientes de las subcuencas B, C, D y E son de 12874.344 Mm^3 ; el volumen para uso consuntivo es de 438.17 Mm^3 ; se tiene una evaporación media anual total en las presas Infiernillo, Villita, La Calera y Zicuirán de 448.52 Mm^3 ; al ser los únicos términos de la ecuación se tiene que:

$$Ab_F = C_{pF} + A_r - (U_{CF} + Ev)$$

$$Ab_F = 3471.767 + 12874.344 - (438.17 + 448.52) = 15459.421 Mm^3$$

4.4.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS DEMANDAS (Consultar Cap. III. Apto. 3.6 sección 11)

La distribución de las demandas se inicia de aguas abajo hacia aguas arriba.

Subcuenca "F": Bajo Río Balsas (desde las estaciones hidrométricas La Caimanera, La Pastoria, Los Pinzanes y Los Paches hasta la desembocadura al Océano Pacífico)

La subcuenca "F" tiene una demanda por cuenca propia de 438.17 Mm^3 ; una evaporación de 448.52 Mm^3 que son cubiertas por los escurrimientos por cuenca propia (C_{pF}), y por los de aguas arriba que provienen de las subcuencas

"B", "C", "D", "E" (Ab_B, Ab_C, Ab_D, Ab_E), y un volumen asignado de $12,699 \text{ Mm}^3$ para la generación de energía eléctrica; por lo tanto:

Oferta:

$$Ab_B + Ab_C + Ab_D + Ab_E + C_{pF} =$$

$$10020.668 + 708.528 + 782.935 + 1362.213 + 3,471.767 = 16,346.111 \text{ Mm}^3$$

$$61.3\% + 4.33\% + 4.79\% + 8.34\% + 21.24\% = 100\%$$

El volumen comprometido será:

$$(Vol_{En} + U_c + E_v) = 12,699 + 438.17 + 448.52 = 13585.69 \text{ Mm}^3$$

Donde: Vol_{En} corresponde al volumen para generación de energía eléctrica

Por lo que:

| | | | | | | |
|-----------|---|--------|---|----------|---|-------------------------|
| R_{B-F} | = | 0.613 | * | 13585.69 | = | 8328.03 |
| R_{C-F} | = | 0.0433 | * | 13585.69 | = | 588.26 |
| R_{D-F} | = | 0.0479 | * | 13585.69 | = | 650.75 |
| R_{E-F} | = | 0.0834 | * | 13585.69 | = | 1133.05 |
| R_{F-F} | = | 0.2124 | * | 13585.69 | = | <u>2885.6</u> |
| | | | | | | 13585.69 Mm^3 |

Subcuenca "E": Río Tepalcatepec (desde su origen hasta la estación hidrométrica Los Paches)

La subcuenca "E" tiene una demanda por cuenca propia de 1945.85 Mm^3 ; una evaporación de 214.531 Mm^3 y se reserva un volumen para la subcuenca F (R_{EF}) de 1133.05 Mm^3 ; que es satisfecha por los escurrimientos por cuenca propia (C_{pE}), por lo tanto:

$$C_{pE} = 3522.594 \text{ Mm}^3$$

100%

El volumen comprometido será:

$$U_{CE} + E_v + R_{EF} = 1945.85 + 214.531 + 1133.05 = 3,293.431 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{E-E} = 3293.431 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca "D": Río Tacámbaro (desde su origen hasta la estación hidrométrica Los Pinzanes)

La subcuenca "D" tiene una demanda por cuenca propia de 746.68 Mm^3 y reserva un volumen para la subcuenca F (R_{DF}) de 650.75 Mm^3 que son satisfechas por los escurrimientos por cuenca propia (C_{pD}), por lo tanto:

Oferta:

$$C_{pD} = 1529.615$$

100%

El volumen comprometido será:

$$U_{CD} + R_{D-F} = 746.68 + 650.75 = 1,397.43 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{D-D} = 1397.43 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca "C": Río Cupatitzio (desde su origen hasta la estación hidrométrica La Pastoria)

La subcuenca "C" tiene una demanda por cuenca propia de 444.758 Mm^3 y reserva para la subcuenca F (R_{CF}) un volumen de 588.26 Mm^3 que son satisfechas por los escurrimientos por cuenca propia (C_{pC}); por lo tanto:

Oferta:

$$C_{pC} = 1153.586$$

100%

El volumen comprometido será:

$$U_{C_C} + E_{V_C} + R_{C-F} = 444.758 + 0.3 + 588.26 = 1033.318 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{C-C} = 1033.318 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca "B": Medio Río Balsas (desde la estaciones hidrométricas San Juan Tetelcingo y El Gallo hasta la estación hidrométrica La Caimanera)

La subcuenca "B" tiene una demanda por cuenca propia de 520.521 Mm^3 , una evaporación de 35.37 Mm^3 y reserva para la subcuenca F (R_{BF}) un volumen de 8328.03 Mm^3 que son satisfechas por los escurrimientos por cuenca propia (C_{PB}), por los escurrimientos de aguas arriba de las subcuencas "Río Bajo Atoyac" y "A" (Ab_{At} , Ab_A); y por las importaciones (Im) que provienen de la subcuenca Río Amacuzac; por lo tanto:

Oferta:

$$Ab_{At} + Ab_A + Im_{Am} + (C_{PB}) = 4230 + 2284.947 + 6.307 + 4,055.305 = 10,576.559 \text{ Mm}^3$$

$$40.0\% + 21.60\% + 0.06\% + 38.34\% = 100\%$$

El volumen comprometido será:

$$U_C + E_V + R_{B-F} = 520.521 + 35.37 + 8,328.03 = 8,883.921 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

| | | | | | | |
|--------------|---|--------|---|-----------|---|--------------------------|
| R_{At-B} | = | 0.400 | * | 8,883.921 | = | 3553.568 |
| R_{A-B} | = | 0.216 | * | 8,883.921 | = | 1918.927 |
| R_{ImAm-B} | = | 0.0006 | * | 8,883.921 | = | 5.331 |
| R_{B-B} | = | 0.3834 | * | 8,883.921 | = | <u>3406.095</u> |
| | | | | | | 8883.921 Mm ³ |

Subcuenca "A": Rio Cutzamala (desde su origen hasta la estación hidrométrica El Gallo)

La subcuenca "A" tiene una demanda por cuenca propia de 506.364 Mm^3 ; una evaporación de 423.2 Mm^3 , una exportación (Ex) para la zona metropolitana de la Cd. De México de 471.93 Mm^3 y reserva un volumen para la subcuenca B (R_{AB}) de $1,918.927 \text{ Mm}^3$, que son satisfechas por los escurrimientos por cuenca propia (Cp_A), por lo tanto:

Oferta:

$$Cp_A = 3,686.441$$

$$100\%$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_A} + Ev + Ex + R_{A-B} = 506.364 + 423.2 + 471.93 + 1918.927 = 3320.421 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{A-A} = 3320.421 \text{ Mm}^3$$

4.4.5 VOLUMENES DISPONIBLES EN CADA SUBCUENCA

(Consultar Cap. III. Aptdo. 3.6 sección 12)

4.4.5.1 Volúmenes disponibles hacia aguas abajo (Dxy)

| | | | | | | | | |
|-------------|-------------|---|-----------|---|----------|---|-----------|---------------|
| Subcuenca A | D_{A-B} | = | 2284.947 | - | 1918.927 | = | 366.02 | Mm^3 |
| Subcuenca B | D_{B-F} | = | 10020.668 | - | 8328.03 | = | 1692.638 | Mm^3 |
| Subcuenca C | D_{C-F} | = | 708.528 | - | 588.26 | = | 120.268 | Mm^3 |
| Subcuenca D | D_{D-F} | = | 782.935 | - | 650.75 | = | 132.185 | Mm^3 |
| Subcuenca E | D_{E-F} | = | 1,362.213 | - | 1133.05 | = | 229.163 | Mm^3 |
| Subcuenca F | D_{E-Sal} | = | 15459.421 | - | 0 | = | 15459.421 | Mm^3 |

4.4.5.2 Volúmenes disponibles por cuenca propia (Dxx)

| | | | | | | | | |
|-------------|----------------|---|----------|---|----------|---|---------|--------|
| Subcuenca A | D_{A-A} | = | 3686.441 | - | 3320.421 | = | 366.02 | Mm^3 |
| Subcuenca B | D_{B-B} | = | 4055.305 | - | 3406.095 | = | 649.21 | Mm^3 |
| Subcuenca B | $D_{ImAm-B-B}$ | = | 6.307 | - | 5.331 | = | 0.976 | Mm^3 |
| Subcuenca B | D_{AbAt} | = | 4230 | - | 3553.568 | = | 676.432 | Mm^3 |
| Subcuenca C | D_{C-C} | = | 1153.586 | - | 1033.318 | = | 120.268 | Mm^3 |
| Subcuenca C | D_{D-D} | = | 1529.615 | - | 1397.43 | = | 132.185 | Mm^3 |
| Subcuenca E | D_{E-E} | = | 3522.594 | - | 3293.431 | = | 229.163 | Mm^3 |
| Subcuenca F | D_{F-F} | = | 3471.767 | - | 2885.6 | = | 586.167 | Mm^3 |

La disponibilidad total en la cuenca del Río Medio y Bajo Balsas equivale al escurrimiento aguas debajo de la subcuenca de la cota más baja, lo que se comprueba al sumar las disponibilidades por cuenca propia de cada subcuenca

$$Ab_F = D_{A-A} + D_{B-B} + D_{ImAm-B-B} + D_{AbAt} + D_{C-C} + D_{D-D} + D_{E-E} + D_{F-F} + Vol_{En} =$$

$$Ab_F = 366.02 + 649.21 + 0.976 + 676.432 + 120.268 + 132.185 + 229.163 + 586.167 + 1269.9 = 15,459.421 \text{ Mm}^3$$

4.4.6 CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD RELATIVA.

(Consultar Cap. III. Apto. 3.6 sección 13)

Por lo tanto para cada subcuenca se tiene:

Subcuenca A:

$$Dr = \frac{3686.441}{506.364 + 423.2 + 471.93 + 1918.927} = 1.11$$

Subcuenca B:

$$Dr = \frac{4230 + 2284.947 + 6.307 + 4055.305}{520.521 + 35.37 + 8328.03} = 1.2$$

Subcuenca C:

$$Dr = \frac{1153.586}{444.758 + 0.3 + 588.26} = 1.12$$

Subcuenca D:

$$Dr = \frac{1529.615}{746.68 + 650.75} = 1.09$$

Subcuenca E:

$$Dr = \frac{3522.594}{1945.85 + 214.531 + 1133.05} = 1.06$$

Subcuenca F:

$$Dr = \frac{10020.668 + 708.528 + 782.935 + 1362.213 + 3471.767}{12699 + 438.17 + 448.52} = 1.2$$

Subcuencas endorreicas**Subcuenca "G": Río Paracho-Nahuatzen**

Para esta subcuenca se tiene un volumen de escurrimiento natural o virgen de 195 Mm^3 (véase tabla 4.8.30); el volumen para uso consuntivo es de 2.3 Mm^3 (véase tabla 4.8.32); se considera una infiltración de 192.7 Mm^3 ; por lo tanto:

$$Dr = \frac{195}{2.3 + 192.7} = 1.0$$

Subcuenca "H": Río Zirahuen

Para esta subcuenca se tiene un volumen de escurrimiento natural o virgen de 50.4 Mm^3 (véase tabla 4.8.31); el volumen para uso consuntivo es de 1.4 Mm^3 (véase tabla 4.8.33); se tiene una evaporación de 1 Mm^3 (véase tabla 4.8.34); se infiltra un volumen de 48 Mm^3 ; por lo tanto:

$$Dr = \frac{50.4}{1.4+1+48} = 1.0$$

4.4.7. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD RELATIVA

(Consultar Cap. III. Apto. 3.6 sección 14 y Cap. I. Tabla 1.5.1)

Tabla 4.4.6.1 Clasificación del Índice de disponibilidad

| SUBCUENCA | VALOR DE Dr | RANGO | CLAVE | COLOR | DESCRIPCIÓN |
|-----------|-------------|---------------|-------|-------|-------------|
| A | 1.11 | $Dr \leq 1.4$ | 1 | ROJO | DÉFICIT |
| B | 1.20 | $Dr \leq 1.4$ | 1 | ROJO | DÉFICIT |
| C | 1.12 | $Dr \leq 1.4$ | 1 | ROJO | DÉFICIT |
| D | 1.09 | $Dr \leq 1.4$ | 1 | ROJO | DÉFICIT |
| E | 1.06 | $Dr \leq 1.4$ | 1 | ROJO | DÉFICIT |
| F | 1.20 | $Dr \leq 1.4$ | 1 | ROJO | DÉFICIT |
| G | 1.0 | $Dr \leq 1.4$ | 1 | ROJO | DÉFICIT |
| H | 1.0 | $Dr \leq 1.4$ | 1 | ROJO | DÉFICIT |

REGION HIDROLOGICA N° 18

(MILLONES DE m³ ANUALES)CALCULO DEL ESCURRIMIENTO AGUAS ABAJO (Ab), DE LOS
VOLUMENES RESERVADOS (Rxx) Y DE LA DISPONIBILIDAD Y CLASIFICACION (Dxx)

TABLA 4.5 MATRIZ DEL BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----------|--------------------------------|----------|-------|------------------|-------------|------|------|----------|----------------|---------|--------|--------|
| No LINEA | CUENCA O REGION
HIDROLOGICA | CONEXION | | OFERTA POTENCIAL | | | | | | | | |
| | | DE | HACIA | Cp | Cp A Arriba | Im | R | TOTAL | No Consuntivos | Uc | Ev | Ex |
| 1 | A | A | B | 3686.44 | | 0.00 | 0.00 | 3686.44 | | 506.36 | 423.20 | 471.93 |
| 2 | B | B | F | 4055.31 | 6514.95 | 6.31 | 0.00 | 10576.56 | | 520.52 | 35.37 | |
| 3 | C | C | F | 1153.59 | | 0.00 | 0.00 | 1153.59 | | 444.76 | 0.30 | |
| 4 | D | D | F | 1529.62 | | 0.00 | 0.00 | 1529.62 | | 746.68 | 0.00 | |
| 5 | E | E | F | 3522.59 | | 0.00 | 0.00 | 3522.59 | | 1945.85 | 214.53 | |
| 6 | F | F | MAR | 3471.77 | 12874.35 | 0.00 | 0.00 | 16346.11 | 12699.00 | 438.17 | 448.52 | |

REGION HIDROLOGICA N° 18

(MILLONES DE m³ ANUALES)

CALCULO DEL ESCURRIMIENTO AGUAS ABAJO (Ab), DE LOS
VOLUMENES RESERVADOS (Rxx) Y DE LA DISPONIBILIDAD Y CLASIFICACION (Dxx)

TABLA 4.5 MATRIZ DEL BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS

| A
No LINEA | B
CUENCA O REGION
HIDROLOGICA | C
CONEXION | | D
DEMANDA CONSUNTIVA | | E
Δv | F
Ab | G
Cp | H
Ar1 | I
Ar2 |
|---------------|-------------------------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------|-----------------|----------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | | DE | HACIA | TOTAL | TOTAL ACUM. | | | | | |
| 1 | A | A | B | 1401.49 | 1401.49 | | 2284.95 | 100.00%
3686.44 | | |
| 2 | B | B | F | 555.89 | 555.89 | | 10020.67 | 38.34%
4055.31 | 21.60%
2284.95 | 39.99%
4230.00 |
| 3 | C | C | F | 445.06 | 445.06 | | 708.53 | 100.00%
1153.59 | | |
| 4 | D | D | F | 746.68 | 746.68 | | 782.94 | 100.00%
1529.62 | | |
| 5 | E | E | F | 2160.38 | 2160.38 | | 1362.21 | 100.00%
3522.59 | | |
| 6 | F | F | MAR | 886.69 | 886.69 | | 15459.42 | 21.24%
3471.77 | 8.33%
1362.21 | 4.79%
782.94 |

REGION HIDROLOGICA N° 18

(MILLONES DE m³ ANUALES)CALCULO DEL ESCURRIMIENTO AGUAS ABAJO (Ab), DE LOS
VOLUMENES RESERVADOS (Rxx) Y DE LA DISPONIBILIDAD Y CLASIFICACION (Dxx)

TABLA 4.5 MATRIZ DEL BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS

| No LINEA | CUENCA O REGION
HIDROLOGICA | CONEXION | | OFERTA REAL | | | | | EXTR | | | |
|------------------------------|--------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|-----|---------------|------------------|---------|---------|---------|----------|
| | | DE | HACIA | Ar3 | Ar4 | Ar5 | Im | TOTAL | Uc | Re1 | Re2 | TOTAL |
| | | | | | | | | | | | | |
| Cuenca del río Balsas | | | | | | | | | | | | |
| 1 | A | A | B | | | | 0.00 | 100%
3686.44 | 1401.49 | 1919.36 | 3320.86 | 6641.71 |
| 2 | B | B | F | | | | 0.06%
6.31 | 100%
10576.56 | 555.89 | 8328.45 | 3406.47 | 12290.80 |
| 3 | C | C | F | | | | 0.00 | 100%
1153.59 | 445.06 | 588.88 | 1033.93 | 2067.87 |
| 4 | D | D | F | | | | 0.00 | 100%
1529.62 | 746.68 | 650.72 | 1397.40 | 2794.80 |
| 5 | E | E | F | | | | 0.00 | 100%
3522.59 | 2160.38 | 1132.17 | 3292.55 | 6585.11 |
| 6 | F | F | MAR | 4.33%
708.53 | 61.30%
10020.67 | | 0.00 | 100%
16346.11 | 886.69 | 2885.48 | | 3772.17 |

REGION HIDROLOGICA N° 18

(MILLONES DE m³ ANUALES)CALCULO DEL ESCURRIMIENTO AGUAS ABAJO (Ab), DE LOS
VOLUMENES RESERVADOS (Rxx) Y DE LA DISPONIBILIDAD Y CLASIFICACION (Dxx)

TABLA 4.5 MATRIZ DEL BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS

| No LINEA | A | B | C | D | AF | AG | AH | AI | AJ | AL | AN | POR CUEN
RESERVADO | |
|----------|---|---|----|-------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|-------|-----------------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | CUENCA O REGION
HIDROLOGICA |
| | | | DE | HACIA | para Cp | para Ar1 | para Ar2 | para Ar3 | para Ar4 | para lm | TOTAL | | |
| 1 | A | A | A | B | 100.00% | 6641.71 | | | | | 100% | 6641.71 | 3686.44 |
| 2 | B | B | B | F | 38.34% | 4712.59 | 21.60% | 39.99% | | 0.06% | 100% | 12290.80 | 4055.31 |
| 3 | C | C | C | F | 100.00% | 2067.87 | | | | | 100% | 2067.87 | 1153.59 |
| 4 | D | D | D | F | 100.00% | 2794.80 | | | | | 100% | 2794.80 | 1529.62 |
| 5 | E | E | E | F | 100.00% | 6585.11 | | | | | 100% | 6585.11 | 3522.59 |
| 6 | F | F | F | MAR | 21.24% | 801.17 | 8.33% | 4.79% | 4.33% | 61.30% | 100% | 3772.17 | 3471.77 |

REGION HIDROLOGICA N° 18

(MILLONES DE m³ ANUALES)CALCULO DEL ESCURRIMIENTO AGUAS ABAJO (Ab), DE LOS
VOLUMENES RESERVADOS (Rxx) Y DE LA DISPONIBILIDAD Y CLASIFICACION (Dxx)

TABLA 4.5 MATRIZ DEL BALANCE HIDRÁULICO EN CUENCAS

| No LINEA | CUENCA O REGION
HIDROLOGICA | CONEXION | | AP | AQ | AR | AS | AT | AU | AW |
|----------|--------------------------------|----------|-------|------------------------|--|------------|--------|-------|-------|---------|
| | | DE | HACIA | A PROPIA
DISPONIBLE | A LA SAL. DEL C PRINCIPAL
RESERVADO | DISPONIBLE | INDICE | CLAVE | COLOR | |
| 1 | A | A | B | 365.59 | 1919.36 | 365.59 | 1.11 | 1 | ROJO | Déficit |
| 2 | B | B | F | 648.84 | 8328.45 | 1692.22 | 1.19 | 1 | ROJO | Déficit |
| 3 | C | C | F | 119.65 | 588.88 | 119.65 | 1.12 | 1 | ROJO | Déficit |
| 4 | D | D | F | 132.22 | 650.72 | 132.22 | 1.09 | 1 | ROJO | Déficit |
| 5 | E | E | F | 230.04 | 1132.17 | 230.04 | 1.07 | 1 | ROJO | Déficit |
| 6 | F | F | MAR | 586.29 | 2885.48 | 15459.42 | 1.20 | 1 | ROJO | Déficit |

ΚΑΠΕΤΥΛΟ V.
ΚΟΝΚΛΥΣΙΟΝΕΣ

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo se alcanzó plenamente ya que se estableció en el Capítulo III una metodología para determinar la disponibilidad media anual superficial del agua, según el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000.

La disponibilidad media anual superficial del agua se determina mediante el Método de Balance Hidráulico aplicado a cuencas.

El cálculo del escurrimiento virgen principal parámetro de la ecuación de continuidad que se utiliza para llevar a cabo el Balance Hidráulico en cuencas cerradas se determinó mediante métodos indirectos.

La metodología propuesta se aplicó para obtener la disponibilidad media anual del agua superficial de la cuenca en estudio, no obstante esto es posible aplicar en un análisis mensual que refleje una situación más precisa de la variabilidad de la disponibilidad del agua y de esta forma administrar y organizar el recurso hídrico. Esto implicaría que en nuestros resultados del índice de disponibilidad relativa pueda variar en todos sus rangos de mes a mes dependiendo si es época de lluvia o estiaje.

Con base en el objetivo y todos los resultados obtenidos en el presente trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

Como es de conocimiento de todos, la Hidrología no es una ciencia exacta y la confiabilidad de sus resultados depende mucho de la información hidrométrica y climatológica disponible tanto en calidad como en cantidad por lo que es necesario que se tenga una mejor red de medición de escurrimientos, precipitaciones y otros parámetros hidrológicos en todas las cuencas del país con el fin de lograr resultados más exactos.

Por lo anterior en el presente trabajo se complementó y actualizó la mayor información Hidrométrica y Climatológica posible para el cálculo de los escurrimientos "vírgenes" ya que este es el término principal de la ecuación de continuidad que se utiliza para llevar a cabo el Balance Hidráulico. Lo primero se logró correlacionando los datos por regresión simple con otras estaciones hidrométricas cercanas y lo segundo siguiendo esta tendencia hasta el año de 1999 apoyándome con el BANDAS.

En base con la información hidroclimatológica disponible y al aplicar la metodología propuesta por la CNA en el Anterproyecto de NORMA OFICIAL MEXICANA que establece las disposiciones para determinar la disponibilidad media anual superficial de las aguas nacionales. Para la realización del Balance Hidráulico y cálculo de la disponibilidad superficial se obtuvo que con las cuencas analizadas en este trabajo y que corresponden al Medio y Bajo Balsas y a las cuencas cerradas de Paracho-Nahuatzen y Zirahuen los siguientes resultados.

En las cuencas del Medio y Bajo Balsas, a pesar de que se tienen escurrimientos importantes hacia aguas abajo del orden de 15459.42 Mm³ y

principalmente en su descarga al mar pueden suponer una gran reserva del recurso, sin embargo las subcuencas que comprenden estas cuencas quedaron clasificadas como zona de disponibilidad 1: escasa o con déficit. Esto se debe principalmente a los compromisos del recurso que son del orden de 12699 Mm³ se tienen para la generación de energía en las presas Infiernillo y La Villita que se encuentran localizadas en la última subcuenca antes de la descarga al Océano Pacífico, y operadas por la CFE, quedando la diferencia para los diversos usos (público, industrial, riego, abrevadero, etc).

De lo anterior se desprende que solo se podrán autorizar nuevos aprovechamientos en estas cuencas conforme aumenten los requerimientos para el uso público urbano siempre y cuando se restrinja el uso para generación de energía, o bajo compra de derechos entre usuarios, como distritos de riego.

En lo que se refiere a las cuencas cerradas Paracho-Nahuatzen y Zirahuen como el escurrimiento virgen que se genera no desemboca al mar y como los aprovechamientos que existen son mínimos estas cuencas quedan clasificadas también como zona 1.

En un futuro y conforme también aumenten las necesidades del recurso en la región es factible utilizar parte de los escurrimientos que se pierden por infiltración con la construcción de obras hidráulicas (presas o bordes de almacenamiento) que así lo permitan.

ANEXO 1. AFORO DE CORRIENTES.

| | DEFINICIÓN | FÓRMULAS | OBSERVACIONES |
|-------------------------------|--|---|--|
| MÉTODOS | Aforar una corriente significa determinar a través de mediciones el gasto que pasa por una sección dada | | |
| | | | |
| a) Secciones de control | <p>Una sección de control de una corriente se define como aquella en la que existe una relación única entre el tirante y el gasto. los más comunes son los que producen un tirante crítico y los vertedores (ver figura 1.1)</p> <p>Los vertedores de pared delgada recomendables para realizar aforos son el triangular con ángulo de 90° para gastos pequeños (de 0 a 100 l/s) y el rectangular para gastos mayores (de 100 a 1000 l/s) (ver figura 1.2)</p> | $Q = \frac{2}{3} BH \sqrt{\frac{2}{3} gH} = 1.7BH^{3/2}$ <p>B= ancho del cauce en m
G= la aceleración de la gravedad en m/s²
H= carga sobre el vertedor en m
Q= gasto en m³/s</p> <p>Para vertedor rectangular
Q= 1.9LH^{3/2}</p> <p>Para vertedor triangular
Q= 1.49H^{2.48}</p> | <p>El método de las secciones de control es el más preciso de todos para el aforo, pero presenta algunos inconvenientes. En primer lugar, es relativamente costoso y, en general, sólo se puede usar cuando los gastos no son muy altos. En el caso de los estrechamientos se restringe el transporte de objetos arrastrados por la corriente y la sección puede obstruirse. Un inconveniente de los vertedores es que generan un remanso aguas arriba de la sección. Por ello, este método es adecuado en ríos pequeños, cauces artificiales (como por ejemplo canales de riego) o cuencas experimentales</p> |
| b) Relación sección-pendiente | <p>Este método se utiliza para estimar el gasto máximo que se presentó durante una avenida reciente en un río donde no se cuenta con ningún otro tipo de aforos. Para su aplicación se requiere solamente contar con topografía de un tramo del cauce y las marcas del nivel máximo del agua durante el paso de la avenida (fig. 1.3)</p> | $Q = \frac{\sqrt{\Delta y} L}{\sqrt{\frac{1}{K_1^2} - \frac{1}{K_2^2} - \frac{1}{bgL} \left(\frac{1}{A_1^2} - \frac{1}{A_2^2} \right)}}$ <p>donde:
Q = gasto en m³/s
Δy= diferencia en elevación de las marcas del nivel máximo del agua en los extremos del tramo.</p> | |

ANEXO 1. AFORO DE CORRIENTES.

| | DEFINICIÓN | FÓRMULAS | OBSERVACIONES |
|--------------------------------------|---|--|--|
| <p>b) Relación sección-pendiente</p> | | <p>$\Delta y = (z_1 + y_1) - (z_2 + y_2)$</p> <p>L = Longitud en el tramo considerado, en m.</p> <p>\bar{k}_d = es el coeficiente de conducción medio en el tramo</p> $\bar{k}_d = \frac{A_1 R_1^{\frac{2}{3}}}{n_1}$ <p>b = 2 si $A_1 > A_2$ y b = 4 si $A_2 > A_1$</p> <p>A = área hidráulica, en m²</p> <p>g = gravedad, en m/s²</p> | |
| <p>c) Relación sección-velocidad</p> | <p>Este es el método más usado en México para aforar corrientes. Consiste básicamente en medir la velocidad en varios puntos de la sección transversal y después calcular el gasto por medio de la ecuación de continuidad.</p> <p>Para determinar el gasto no es suficiente entonces medir la velocidad en un solo punto, sino que es necesario dividir la sección transversal del cauce en varias subcuencas llamadas dovelas (ver fig. 1.4).</p> | <p>$q_i = a_i v_{mi}$</p> $Q = \sum_{i=1}^n q_i$ $v_{m_i} = \frac{v_{20} + v_{80}}{2}$ <p>donde:</p> <p>q_i =gasto que pasa por cada dovela</p> <p>a_i = área de la dovela i</p> <p>v_{mi} = la velocidad media en la misma dovela a una profundidad de 0.6 y_1</p> <p>Q = gasto total, en m³/s</p> <p>v_{20} = velocidad medida a 0.2 y_1</p> <p>v_{80} = velocidad medida a 0.8 y_1</p> <p>y_1 = tirante medido al centro de la dovela</p> <p>n = número de dovelas</p> | <p>El punto a donde se coloca el operador para hacer el aforo puede estar situado en un puente o en una canastilla suspendida en un cable.</p> |

ANEXO 1. AFORO DE CORRIENTES

| | DEFINICIÓN | FÓRMULAS | OBSERVACIONES |
|--|--|----------|---|
| | <p>La velocidad se mide con unos aparatos llamados molinetes (véase figura 1.5) que tienen una hélice o rueda de aspas o copas que gira impulsada por la corriente y, mediante un mecanismo eléctrico, transmiten por un cable el número de revoluciones por minuto o por segundo con que gira la hélice. Esta velocidad angular se traduce después a velocidad del agua usando una fórmula de calibración que previamente se determina para cada aparato en particular.</p> <p>Para que el molinete pueda colocarse a la profundidad deseada se fija un peso de plomo y con forma hidrodinámica, llamado escandallo</p> | | <p>En algunos casos se aceptan aforos hechos desde un bote, aunque este método no es muy recomendable debido a que se perturba el flujo y el bote es arrastrado por la corriente, impidiendo que el aforo se haga en una sección transversal a la dirección del flujo. Por otra parte, las mediciones desde puentes son más recomendables cuando éstos son de un solo claro, pues las pilas o pilotes dentro del cauce producen distorsiones en las líneas de corriente, lo que puede introducir errores de consideración en los aforos</p> <p>El principal inconveniente de este método es que cada aforo toma un tiempo relativamente largo (del orden de una hora o más en algunos casos), por lo que durante una avenida se puede hacer sólo unas cuantas mediciones, lo que podría no ser suficiente para conformar todo el hidrograma y menos aún determinar el pico.</p> <p>Este problema se puede disminuir si se dibujan curvas de elevación del nivel de agua contra el gasto, permitiendo, con ayuda de un registro continuo de niveles en la sección, determinar el gasto en cualquier instante.</p> |

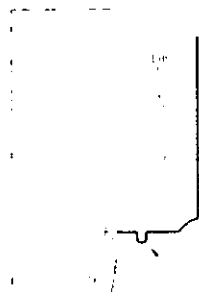
ANEXO 1. AFORO DE CORRIENTES

| OTROS MÉTODOS | DEFINICIÓN | FÓRMULAS | OBSERVACIONES. |
|---------------------------|---|--|---|
| Trazadores | <p>consiste en soltar una cantidad conocida de partículas fluorescentes, radiactivas, etc., en una sección situada a una cierta distancia aguas arriba de la sección de aforos para medir el tiempo que tardan en llegar a la última. Esto se puede hacer visualmente, con contadores de radiactividad o con algún otro procedimiento, dependiendo del tipo de partículas usadas.</p> | | |
| Curvas elevaciones-gastos | <p>Una curva elevaciones-gastos relaciona la elevación de la superficie libre del agua con el gasto que pasa por la sección, y se construye con datos obtenidos de varios aforos. En general, la sección de aforos del río no es una sección de control, por lo que la relación tirantes-gastos no es única. En la figura 1.6 se muestra una curva elevaciones-gastos típica, el diferente comportamiento que observa la elevación de la superficie libre del agua cuando el gasto aumenta y cuando disminuye que se muestra en la curva de la figura 1.6 se debe a que la pendiente hidráulica del flujo es mayor durante el ascenso de los hidrogramas que durante el descenso.</p> | <p>Ecuación para ajustar los puntos medidos a una curva media:</p> $Q = C (E - E_0)^n$ <p>donde:</p> <p>Q = gasto en m³/s
 C = constante que se determina obteniendo los logaritmos de la ecuación anterior y luego aplicando el método de mínimos cuadrados
 n = igual que la anterior constante
 E₀ = elevación para la que el gasto es nulo</p> | <p>En la mayoría de los ríos, la forma de las secciones transversales cambia continuamente debido a los procesos de erosión y sedimentación, por lo que es conveniente realizar aforos con la frecuencia suficiente para contar en cualquier momento con una curva elevaciones-gastos actualizada. La variabilidad en el tiempo de la sección de aforos depende de varios factores: su forma, su situación con respecto a curvas y otras características del río y el material que forma el cauce, entre otras. Por ellos, es difícil generalizar en cuanto a la frecuencia con que se deben hacer los aforos. En general puede decirse que es necesario realizarlos por lo menos 5 ó 6 veces al mes, aunque algunas dependencias como la Comisión Federal de Electricidad y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos especifican un aforo diario.</p> |

ANEXO 1. AFORO DE CORRIENTES

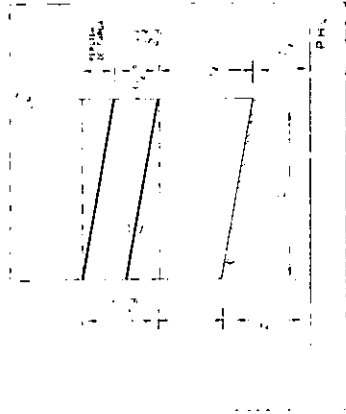
| OTROS MÉTODOS | DEFINICIÓN | FÓRMULAS | OBSERVACIONES |
|---------------|--|----------|---------------|
| | <p>Una vez conocida la curva elevaciones-gastos de la sección de aforos, es suficiente con determinar la elevación de la superficie libre del agua para conocer el gasto en cualquier momento. Dicha elevación se determina con algunos de los siguientes métodos:</p> <p>a) Limnómetro. Es una regla graduada que se coloca en una de las márgenes del cauce, en la que normalmente se lee la elevación de la superficie cada dos horas en época de avenidas y cada 24 horas en época de estiaje.</p> <p>b) Peso suspendido de un cable. Su uso es similar del limnómetro la elevación del nivel de agua será, en este caso, igual a la elevación del punto donde se suspende el peso menos la longitud del cable</p> <p>Limnógrafo. Es un aparato automático con el que se obtiene un registro continuo de niveles. Se coloca junto a la corriente conectado mediante un tubo o zanja, o bien dentro de ella, por ejemplo, fijado a la pila de un puente cuando se estima que no hay peligro de que lo destruya la corriente durante una avenida o por los objetos arrastrados por el río. El aparato consta básicamente de un flotador unido a una plumilla que marca los niveles del agua en un papel fijado a un tambor que gira mediante un mecanismo de relojería .
(véase fig. 1.7 y 1.8).</p> | | |

SECCIÓN DE CONTROL



Sección de control de una corriente

SECCIÓN PENDIENTE



Relación sección-pendiente

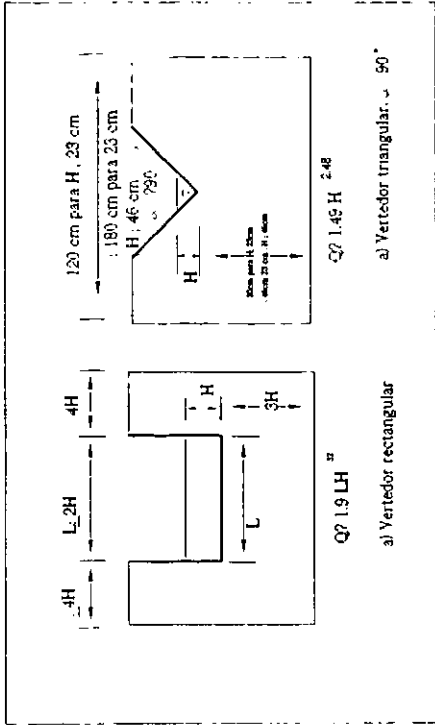
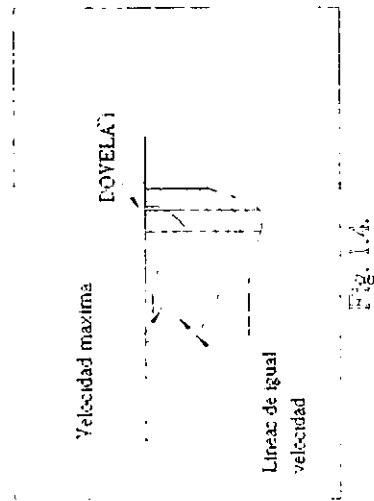


Fig. 1.2

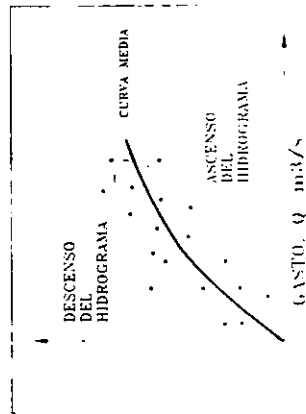
Vertedores de pared delgada

SECCIÓN A-VELOCIDAD



Representación de Dovelas

OTROS MÉTODOS



Curva elevaciones-gasto

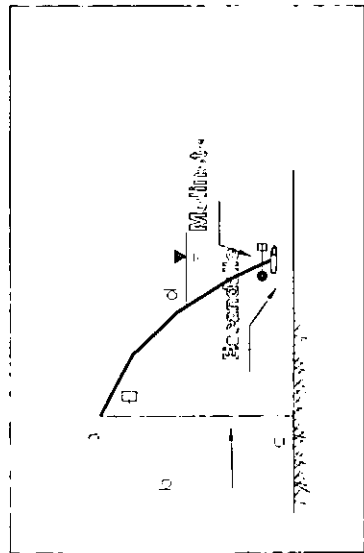


FIG. 1.5.

Determinación de la velocidad con ayuda de molinete

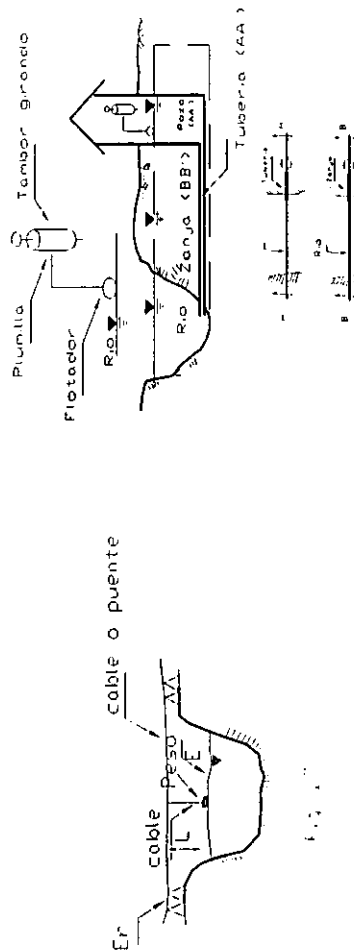


Fig 1.8

Limnigrafo

Colocación del limnigrafo con cable o puente

ANEXO 2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN

| MÉTODOS | DEFINICIÓN | FÓRMULAS | OBSERVACIONES |
|-----------------------|---|--|---|
| Promedio aritmético | Para calcular la altura de precipitación media en una zona empleando el promedio aritmético, se suma la altura de lluvia registrada en un cierto tiempo en cada una de las estaciones localizadas dentro de la zona y se divide entre el número total de estaciones. La precisión de este criterio depende de la cantidad de estaciones disponibles, de la forma como están localizadas y de la distribución de la lluvia estudiada. Es el criterio más impreciso, pero es el único que no requiere del conocimiento de la localización de las estaciones en la zona en estudio | $h_{p_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{p_i}$ donde:
h_{p_m} = la altura de precipitación media en la zona en estudio, en mm.
h_{p_i} = la altura de precipitación registrada en la estación i, en mm.
n = número de estaciones localizadas dentro de la zona. | El método aritmético es el más simple de todos, pero no toma en cuenta la distribución de las estaciones en la cuenca ni la manera en que se distribuye la lluvia en el espacio, pues le asigna el mismo peso a todas las alturas de precipitación registradas; por ello, es útil únicamente en zonas con topografía muy suave y condiciones atmosféricas muy uniformes, o bien para tener sólo una idea aproximada de la altura de precipitación media |
| Polígonos de Thiessen | 1.- Unir, mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí (líneas discontinuas). Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
2.- Trazar líneas rectas que bisectan los lados de los triángulos (líneas rectas continuas. Por geometría elemental, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un solo punto. | $\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{p_i}$ donde:
h_{p_i} = la altura de precipitación media en la zona en estudio, en mm.
h_{p_i} = la altura de precipitación registrada en la estación i, en mm.
A_i = área de influencia de la estación i en km ²
A_T = área total de la cuenca, en km ² . | Por el contrario el método de los polígonos de Thiessen sí toma en cuenta la distribución de la lluvia; este método es, sin embargo, más conveniente que el de las isoyetas desde el punto de vista práctico, particularmente para cálculos repetitivos, como cuando se analiza una gran cantidad de tormentas, pues los polígonos no cambian o menos que se agregen o se eliminen estaciones |

ANEXO 2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN

| | DEFINICIÓN | FÓRMULAS | OBSERVACIONES |
|------------------------|---|---|---|
| | <p>3.-Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas del paso 2, que forman los llamados polígonos de Thiessen y, en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca</p> <p>El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.</p> <p>4.-La lluvia media se calcula entonces como un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente:</p> | | |
| Método de las Isoyetas | <p>Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía.</p> <p>La precipitación media se calcula en forma similar a la ecuación de Thiessen, pero ahora el peso es el área A' entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca y la cantidad que se pesa es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas, h_p.</p> | $\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n (\bar{h}_p A'_i)$ <p>donde:</p> <p>h_p = la altura de precipitación media en la zona en estudio, en mm.</p> <p>h_{pi} = la altura de precipitación registrada en la estación i, en mm.</p> <p>A'_i = área de influencia de la estación i en km^2</p> <p>A_T = área total de la cuenca, en km^2.</p> <p>n = número de áreas A'_i consideradas.</p> | <p>El más preciso de todos es el método de las isoyetas si éstas se dibujan de manera que tomen en cuenta los efectos topográficos en la distribución de la lluvia, para lo que es necesario tener cierta experiencia. Por otra parte, es el método más laborioso de los tres, pues cada tormenta tiene un plano de isoyetas diferente. Si las isoyetas se trazan indiscriminadamente, por ejemplo, suponiendo una variación lineal de la altura de precipitación entre las estaciones, su precisión no es mayor que la de los polígonos de Thiessen.</p> |

ANEXO 3. DEDUCCIÓN DE DATOS FALTANTES

| MÉTODOS | DEFINICIÓN | FÓRMULAS |
|------------------|---|---|
| | <p>Es frecuente que en un registro de precipitación falten los datos de un cierto periodo, debido a la ausencia del operador o a fallas del aparato registrador. En estos casos se pueden estimar los datos faltantes si se tienen registros simultáneos de algunas estaciones situadas cerca de la estación en cuestión y uniformemente repartidas. Una forma de hacerlo es una gráfica, donde se correlacionan las precipitaciones medidas en varias estaciones circundantes con la registrada en la estación en estudio (más adelante explicaremos el procedimiento de correlación).</p> <p>Una vez obtenida esta gráfica, y si la correlación es aceptable, bastaría conocer la precipitación en la estación más cercana, o bien la precipitación media en las estaciones circundantes consideradas en los días en cuestión para deducir los datos faltantes.</p> <p>Cuando la correlación obtenida del análisis anterior no es aceptable, se puede usar otro método, basado en la precipitación media anual, que sigue dos tipos de criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> Si la precipitación media anual en cada una de las estaciones circundantes difiere en menos del 10% de la registrada en la estación en estudio, los datos faltantes se estiman haciendo un promedio aritmético de los registrados en las estaciones circundantes. Si la precipitación media anual de cualquiera de las estaciones circundantes difiere en más de 10%, se usa la fórmula: | $h_{p_x} = \frac{1}{n} \left[\frac{P_x}{P_1} h_{p_1} + \frac{P_x}{P_2} h_{p_2} + \dots + \frac{P_x}{P_n} h_{p_n} \right]$ <p>donde</p> <p>h_{p_i} = altura de precipitación registrada el día en cuestión en la estación auxiliar i.</p> <p>h_{p_x} = altura de precipitación faltante en la estación en estudio.</p> <p>P_i = precipitación media anual en la estación auxiliar i.</p> <p>P_x = precipitación media anual en la estación en estudio.</p> <p>n = número de estaciones auxiliares.</p> |
| REGRESIÓN LINEAL | <p>Uno de los modelos más simples y comunes en la hidrología está basado en la suposición de que dos variables se relacionan en forma lineal. En general el objetivo de un modelo de esta naturaleza es poder estimar el valor de una variable, que se denomina variable dependiente, a partir del valor de la otra, que se llama variable independiente.</p> | $y = a + mx$ <p>donde:</p> <p>y = variable dependiente</p> <p>x = variable independiente</p> <p>a = parámetro a partir de la correlación</p> <p>m = parámetro a partir de la correlación</p> |

BIBLIOGRAFÍA

Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana, NOM-011-CNA-2000, Comisión Nacional del Agua, Comité Consultivo Nacional de Normalización del sector agua, Subcomité de Normalización de Obras Hidráulicas en cauces y zonas sujetas a riesgos de inundación.

Aparicio Mijares Francisco Javier, Fundamentos de Hidrología de Superficie, Editorial Limusa, México, 1997

Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales BANDAS. Disco 3. IMTA. Comisión Nacional del Agua, México, 1999

Boletín Hidrológico No. 47, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, Tomo 1, México, 1970.

Boletín Hidrológico No. 48, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, Tomo 1, México, 1970.

Boletín Hidrológico No. 49, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, Tomo 1, México, 1970.

Campos Aranda Daniel Fco, Procesos del Ciclo Hidrológico, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Editorial. Universitaria Potosina, Potosí, 1992.

Chow Ven Te, Maidment David R, Mays Larry W, Hidrología Aplicada, Colombia, 1994.

Extractor rápido de información climatológica. ERIC. IMTA

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de infraestructura, Dirección General de Proyectos, servicios técnicos y concesiones, México, 1992.

Springall G. Rolando, Hidrología, Primera parte, publicación D7, Instituto de Ingeniería. UNAM, México, 1970.

Tarjetas de registro diario de precipitación máxima. SRH y CFE