



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLÁN**

**"ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA POR INUNDACIONES
EN LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO"**



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ

ACATLÁN, EDO. DE MEX.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E.

INTRODUCCION.	1
CAPITULO I.- MARCO GEOGRAFICO.	
1.1.- GEOGRAFIA FISICA.	5
GENERALIDADES.	5
OROGRAFIA.	6
GEOMORFOLOGIA.	6
GEOLOGIA.	7
CLIMATOLOGIA.	8
HIDROLOGIA.	11
DESAGÜES DE LA CUENCA.	17
1.2.- CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA.	18
CAPITULO II.- ANTECEDENTES DE INUNDACION.	
2.1.- RESEÑA HISTORICA DE INUNDACIONES.	20
INUNDACIONES DURANTE LA EPOCA PREHISPANICA.	21
INUNDACIONES DEL SIGLO XVI.	22
INUNDACIONES DEL SIGLO XVII.	24
INUNDACIONES DEL SIGLO XVIII.	27
INUNDACIONES DEL SIGLO XIX.	27
INUNDACIONES DEL SIGLO XX, HASTA 1975.	28
2.2.- LA HISTORIA RECIENTE.	31
CAPITULO III.- MEMORIA DE PROYECTOS Y OBRAS ANTIGUAS.	
OBRAS HIDRAULICAS EN EL PERIODO PREHISPANICO.	44
OBRAS REALIZADAS DURANTE EL SIGLO XVI.	48
PRIMERA OBRA DE DESAGUE EN EL SIGLO XVII: NOCHISTONGO.	50
OBRAS REALIZADAS DURANTE EL SIGLO XVIII.	55
OBRAS REALIZADAS EN EL SIGLO XIX.	56
DESAGUE EN EL PORFIRIATO: 1867-1900.	59
LA HISTORIA RECIENTE: DRENAJE HASTA 1975.	63

CAPITULO IV.- OBRAS HIDRAULICAS EXISTENTES.

4.1.- SISTEMA GENERAL DE DRENAJE.	67
RED SECUNDARIA DE DRENAJE.	68
RED PRIMARIA DE DRENAJE.	69
4.2.- SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.	72
SISTEMAS DE RIOS.	72
DESCRIPCION DEL SISTEMA.	74
ESTRUCTURAS PRINCIPALES DEL SISTEMA.	80
4.3.- EL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.	84
EL INTERCEPTOR DEL PONIENTE.	84
EL EMISOR DEL PONIENTE.	85
EL EMISOR CENTRAL.	86
INTERCEPTOR CENTRO-CENTRO.	87
INTERCEPTOR CENTRAL.	87
INTERCEPTOR ORIENTE.	88
INTERCEPTOR CENTRO-PONIENTE.	88
COLECTORES SEMIPROFUNDOS.	89
4.4.- ESTADO DE CONSERVACION DEL SISTEMA GENERAL DEL DESAGUE.	91
RED SECUNDARIA DE DRENAJE.	91
RED PRIMARIA DE DRENAJE.	92
SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.	93
SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.	93
INSTRUMENTACION EN LA CUENCA DE MEXICO.	103
4.5.- PROYECTOS EN LOS SISTEMAS.	108
REDES PRIMARIA Y SECUNDARIA DEL DRENAJE.	108
SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.	108
SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.	109

CAPITULO V.- AREAS INUNDABLES EN LA CUENCA DE MEXICO.

5.1.- ZONAS DE RIESGO.	112
SISTEMA GENERAL DE DRENAJE.	112
SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.	114
SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.	117
5.2.- POSIBLES FALLAS EN LAS ESTRUCTURAS.	118
SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.	118
SISTEMA GENERAL DE DRENAJE.	120
SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.	121
5.3.- PROBLEMAS CONEXOS A LOS DE INDOLE HIDRAULICA.	122
INTERACCION DE DEPENDENCIAS.	122
FRONTERA CON EL ESTADO DE MEXICO.	123
PRESIONES EXTERNAS.	123
ASPECTOS FINANCIEROS.	124

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1.- CONCLUSIONES.	125
6.2.- RECOMENDACIONES.	129
SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.	129
SISTEMA GENERAL DE DRENAJE.	129
ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS.	130

BIBLIOGRAFIA.	132
----------------------	------------

I N T R O D U C C I O N .

I N T R O D U C C I O N .

La cuenca del Valle de México, con una superficie pequeña, comparada con otras cuencas hidrológicas, es la región de mayor importancia en la República Mexicana, por contener a la Ciudad de México, con primer rango demográfico, económico, social y político en el país.

La situación tan importante que en estos órdenes tiene la cuenca, hace que sus problemas sean de gran trascendencia nacional y obligan a buscarles oportunas y coherentes soluciones en beneficio del país.

De los conflictos que sufre la cuenca, los relacionados con el agua son, quizá, los más importantes. En efecto, el Valle de México confronta serios problemas de índole hidráulica, que a pesar de la diligencia que para resolverlos han puesto diferentes instituciones en diferentes épocas, aún persisten.

Este trabajo surge para tratar específicamente uno de dichos problemas hidráulicos: el problema de las inundaciones, que ha estado siempre presente e íntimamente relacionado con la historia del Valle, y para el cual la Ingeniería Civil ha tenido que buscar soluciones muy particulares.

El análisis y la revisión de los sistemas utilizados para controlar las inundaciones en la cuenca se vuelve necesario, ya que a pesar de que durante más de seis siglos se han realizado esfuerzos enormes para evitar que se inunde la ciudad -y la cuenca, en general-, a pesar de que muchas veces esta lucha ha sido aún más dramática que las batallas para mitigar su sed, todavía existen múltiples lugares expuestos todos los años a encharcamientos e inundaciones.

Como es obvio, tales problemas hidráulicos y sus conexos tienen características regionales, y es indudable que por su magnitud y complejidad adquieren mayor relevancia en la Ciudad de México. Por tal circunstancia, es necesario considerarlos según sean de la zona citada o del resto de la cuenca, pero deben ser resueltos congruentemente. Por lo demás, como se verá más adelante, la Ciudad de México se sitúa en la parte más crítica de la cuenca, ya que se ubica en la zona más baja de ella y en la que las precipitaciones y las corrientes son de mayor importancia. Así, en general, se prestará más atención al fenómeno de las inundaciones en la capital, que en otras partes de la cuenca.

Al igual que en otras grandes urbes del mundo, los problemas hidráulicos de la Ciudad de México no sólo se deben a un aspecto físico, sino que también son producto de una compleja interacción de factores políticos, económicos y sociales. Sin embargo, mientras que las grandes civilizaciones del mundo nacieron generalmente en las márgenes de un gran río, la capital del Imperio Azteca se situó sobre una laguna, y este hecho marcó el inicio de una incesante lucha por y contra el agua.

En esta empresa, los habitantes de la ciudad han modificado su medio ambiente físico, la mayoría de las veces para su beneficio, pero también a costa de generar otros conflictos. Con el paso del tiempo, los problemas de la ciudad han rebasado las fronteras del Valle de México, el cual constituía originalmente el entorno físico de su relación con el agua.

En este sentido, es necesario contar con un marco de referencia adecuado para definir, exactamente, de qué se habla al decir "Cuenca del Valle de México". Por tal motivo, el primer capítulo de este trabajo está destinado a describir el entorno físico de la cuenca; entorno que, por otra parte, se ha constituido a favor de la presencia de inundaciones dentro de ella.

Más adelante, en el segundo capítulo, se tratará la reseña de las inundaciones más catastróficas en la historia de la Ciudad de México, que han determinado, en buena forma, el desarrollo del desagüe de la cuenca. Terribles en sus efectos fueron, por ejemplo, las inundaciones de 1449, 1607, 1628, 1900 y 1951. Analizado en forma global, este capítulo muestra hasta qué punto es importante el nivel de daños provocados por inundaciones.

Un complemento de este capítulo es la historia más actual de las inundaciones sufridas por la capital; así, se presenta también una síntesis de las inundaciones ocurridas durante la temporada lluviosa de 1992. Esta recopilación pone en evidencia varios problemas que sufren actualmente los sistemas de control y marca claramente los puntos con mayor riesgo de sufrir situaciones de esta índole.

Ha sido necesario construir cuatro salidas artificiales al Valle de México para evitar inundaciones catastróficas que producirían pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales, en una ciudad en la que, durante toda su historia, el incremento demográfico y la concentración económica han magnificado los problemas hidráulicos.

La relación de tales estructuras, y en general la historia de todas las obras para el control de inundaciones que han existido en el transcurso de los años, constituyen el tercer capítulo de este trabajo. Es importante hacer esta reseña porque los sistemas actuales se basan, y son consecuencia, de las obras desarrolladas en la antigüedad.

En el cuarto capítulo, se hace ya el análisis de cómo están integrados los sistemas que protegen a la cuenca de las inundaciones. Tras la descripción de cada sistema, se verifica su estado de conservación, que en realidad determina su capacidad de control y, por ende, su eficiencia.

Son tres los sistemas que involucra el desagüe de la cuenca: el sistema de control de ríos, el sistema de drenaje, y el sistema de drenaje profundo.

El primero de ellos ha surgido principalmente en este siglo y tiene como objeto regularizar las avenidas en las corrientes existentes en la cuenca. Sin embargo, actualmente su estado es, en algunos puntos, bastante precario, por lo que corre el riesgo de no evitar las inundaciones.

En cuanto al drenaje, el análisis corresponde sólo a la Ciudad de México, por ser el más desarrollado y complejo de todos los que hay en las poblaciones existentes en la cuenca.

El crecimiento de la ciudad y el hundimiento del terreno también han estado presentes, obstaculizando los esfuerzos que se realizan para desalojar las aguas residuales y pluviales. El drenaje ha sentido fuertemente la acción de estos dos fenómenos.

Todavía es necesario combatir las inundaciones y encharcamientos que se suscitan en diversas partes del Distrito Federal; pero, sobretodo, es indispensable desalojar las aguas residuales para reducir los problemas de contaminación y mejorar las condiciones sanitarias de los habitantes de la ciudad. En este sentido, el drenaje profundo ha venido a constituirse en un elemento esencial para el desalojo de las aguas de la cuenca.

Actualmente, es ya urgente lograr una mayor congruencia entre el crecimiento urbano y el desarrollo de los sistemas de drenaje y control de ríos. Por tanto, dichos sistemas no están estáticos, sino que continúan evolucionando. De modo que al final del capítulo IV se indican los proyectos existentes para mejorarlos.

Finalmente, en el quinto capítulo se indican los puntos que representan una zona de riesgo por inundación dentro de la cuenca, en relación con el estado de conservación analizado en el capítulo anterior.

Es importante detectar estos puntos, pues si se considera que no existen los recursos necesarios para dar mantenimiento preventivo y correctivo a los distintos sistemas, es evidente que las regiones más críticas son las que llevan la primicia en cuanto a la derivación de recursos.

Y hablando de recursos, es decir, de situaciones más bien administrativas que técnicas, surge la necesidad de hacer un anexo para analizar los factores conexos a los problemas técnicos que han venido a incrementar el efecto de las inundaciones, o a ser su causa. Este complemento se presenta brevemente al final del capítulo V.

Esto es, en síntesis, el contenido del presente trabajo, que pretende hacer una integración de los distintos sistemas de control y drenaje, y que presenta una visión global de lo que las inundaciones han representado, y representan aún, para la Cuenca de México.

CAPITULO I.

MARCO GEOGRAFICO.

CAPITULO I.- MARCO GEOGRAFICO.

1.1.- GEOGRAFIA FISICA.

GENERALIDADES.

El altiplano mexicano, vasto zócalo continental, se ensancha y prolonga al norte, en tanto que al sur lo limita la cordillera neovolcánica. Las sierras Madre, a su vez, lo aprisionan por el este y el oeste. En el borde sur de la Mesa Central, se encuentra una depresión tradicionalmente conocida con el nombre de Valle de México.

El término de Valle de México no puede aplicarse con rigor científico a esa región, puesto que no ofrece las características necesarias: "El valle es un área de la superficie terrestre trabajada o erosionada por una corriente fluvial o glacial. Si no hay una línea de drenaje general que esté modelando la superficie considerada, no es valle". Por tanto, lo correcto es designar a la región como cuenca y no como valle. Sin embargo, por razones históricas y uso popular, se continuará usando el término de Valle de México.

Ubicada aproximadamente entre las latitudes $19^{\circ} 00'$ y $20^{\circ} 15'$ norte y las longitudes $98^{\circ} 15'$ y $99^{\circ} 30'$ al oeste de Greenwich, se estima que la cuenca tiene una superficie de unos 9600 km^2 , en la cual ya están incluidas las antiguas cuencas tributarias de las lagunas de Apan, Tecocomulco y Tochac, que por obras de ingeniería han sido incorporadas al Valle. Se estima que éste tiene una altitud media de 2240 m al sur y 2390 m en el norte.

El Valle de México queda comprendido en el centro de una extensa zona volcánica, cuyas erupciones ocurridas en distintas fases volcánicas, culminaron con el cierre del valle, dando origen a la cuenca cerrada, desarrollando con ello un drenaje radial que dio como resultado el origen de grandes lagos y propició el relleno de la cuenca con depósitos aluviales.

De contorno irregular, la cuenca de México está alargada de norte a sur, con una extensión amplia hacia el noreste. En su eje mayor, desde Xochimilco al sureste, hasta las regiones semiáridas de Pachuca en el norte, mide unos 110 km; en su eje menor, desde la Sierra de la Cruces en el oeste hasta el Iztlaccíhuatl en el este, mide unos 80 km.

La Ciudad de México se asienta en la parte suroeste de la cuenca, donde abarca parte de la planicie y llega a extenderse hacia Los Lomeríos que la rodean en sus extremos norte, sur y poniente. Tienen jurisdicción política en la cuenca las siguientes entidades federativas:

Estado de México	4800 km ²	50.00%
Estado de Hidalgo	2540 km ²	26.46%
Estado de Tlaxcala	840 km ²	8.75%
Estado de Puebla	100 km ²	1.04%
Distrito Federal	<u>1320 km²</u>	<u>13.75%</u>
	9600 km ²	100.00%

Algunas fracciones de las delegaciones Milpa Alta, Tlalpan, Magdalena Contreras y Alvaro Obregón, pertenecientes al Distrito Federal, se encuentran fuera de los límites de la cuenca.

OROGRAFIA.

Los límites orográficos de la cuenca son los siguientes: al oriente, las sierras de Tepozán, Calpulalpan y Río Frio; al sureste, la Sierra Nevada; al sur, la sierra Chichinautzín; al suroeste, la sierra de Las Cruces; al poniente, las sierras de Monte Alto y Monte Bajo; al noroeste, la sierra de Tepotzotlán, y al norte, las sierras de Tezontlalpan y Pachuca.

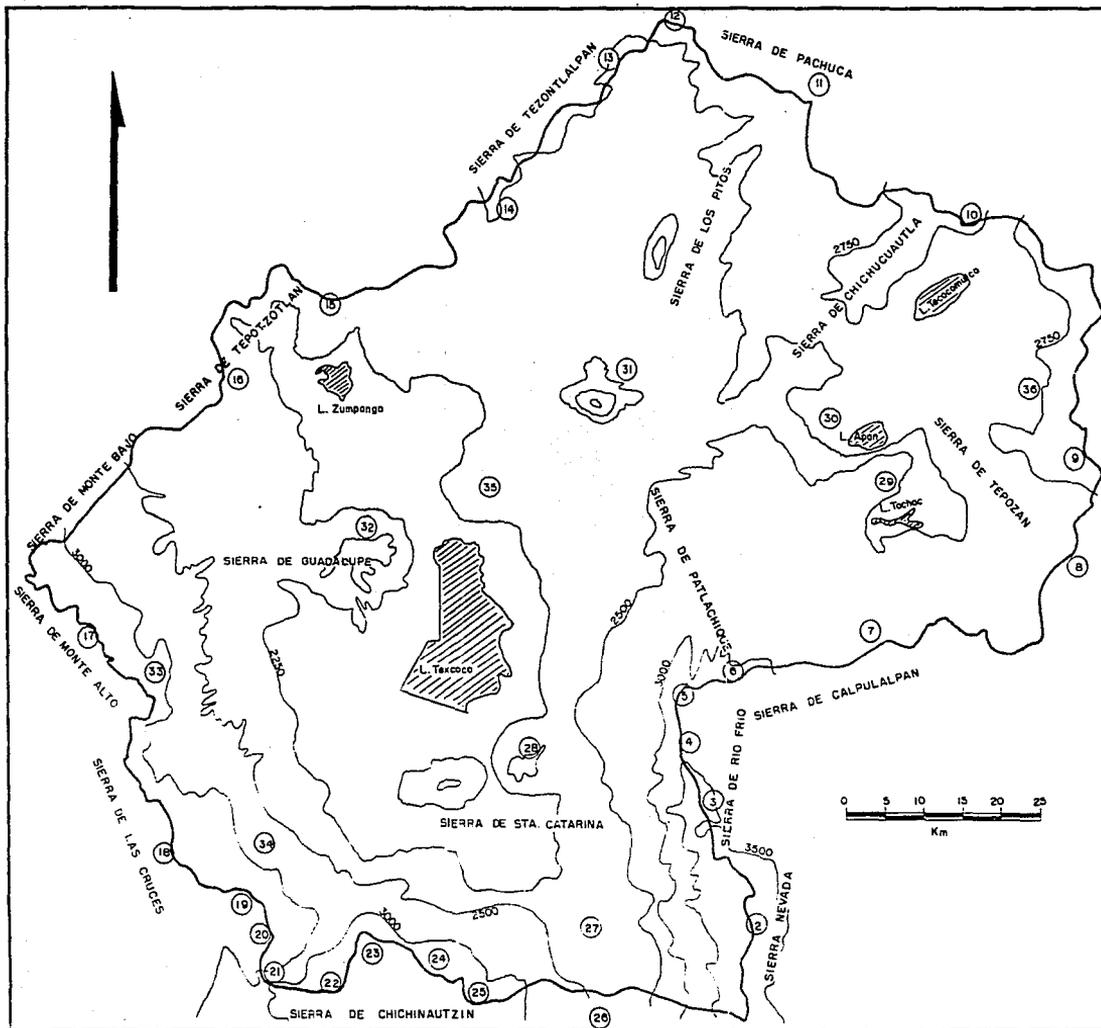
En el interior del Valle de México, se encuentran las sierras de Sta. Catarina, Guadalupe, Los Pitos, Chichucuautila y Patlachique. La figura N^o 1.1 muestra la ubicación de las sierras indicadas, y tabla 36 altitudes de volcanes y cerros principales.

GEOMORFOLOGIA.

La geomorfología de la cuenca determina tres zonas bien definidas:

- La zona baja, limitada desde el fondo de la cuenca hasta la curva de nivel de altitud 2250 m y con extensión de 1507 km².
- La zona de lomeríos, comprendida entre las curvas de nivel con altitudes de 2250 m a 2400 m y superficie de 2575 km².
- La zona Montañosa, que se ubica entre el parteaguas de la cuenca y la curva de nivel con altitud de 2400 m y superficie de 5518 km².

La cuenca tiene el 53.5% de terrenos planos y el 46.5 % de terrenos cerriles. Se consideran como terrenos planos los que tienen pendientes menores del 15% y terrenos cerriles los que presentan pendientes mayores del 15%.



PRINCIPALES ELEVACIONES

Nº	NOMBRE	ALTITUD m.s.n.m.
1	Popocatepetl	5 452
2	Iztaccihuatl	5 286
3	Papayo	4 100
4	Tlalpón	3 996
5	Tlaloc	3 867
6	Caracol	3 300
7	Concepción	2 750
8	Tliltetepe	2 750
9	Peñón del Rosario	3 300
10	Cuevasengo	2 900
11	Milagro	3 100
12	Ventanas	3 050
13	Serra Clara	2 750
14	Sotula	2 700
15	Jalpan	2 702
16	Picacho	2 650
17	Sierra Monte Alto	3 500
18	Páimas	3 789
19	Ajusco	3 937
20	Peraco	3 625
21	Tezova	3 197
22	Chichinautzin	3 476
23	Cuautzin	3 495
24	Tláico	3 687
25	Cileuavo	3 583
26	Xoyacan	2 721
27	Terayo	2 759
28	Pino	2 759
29	Chuluc	2 762
30	Serra Ara	3 700
31	Gorop	3 350
32	Cuatete	2 950
33	La Varana	3 449
34	Xitle	3 121
35	Chiconauca	2 650
36	Tepezar	2 350

U N A M
ENEP ACATLAN

FIG. I.1. PLANO OROGRAFICO DE LA CUENCA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL I.E.S.C. 1:500 000

ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ

GEOLOGIA.

El Valle de México contiene diversas formaciones pertenecientes a los periodos geológicos Terciario medio, Terciario superior y Cuaternario.

a).- La formación del Terciario medio comprende los restos de los volcanes estratificados, tobas, brechas, corrientes de lavas y depósitos laháricos. Los tipos de roca son muy variables: andesitas, andesitas basálticas, basaltos, dacitas, riolitas, etc. Esta formación tiene afloramiento en la parte inferior de las sierras que limitan la cuenca al este, oeste y norte, principalmente.

b).- Los depósitos correspondientes al periodo Terciario superior están constituidos principalmente por extensiones de lavas que cubren las elevaciones al este y oeste de la cuenca (Tláloc y Telapón en la Sierra Nevada, San Miguel y Django en la sierra de Las Cruces); series andesíticas antiguas del Iztlacihuatl y del Ajusco; restos de volcanes estratificados compuestos de andesitas oscuras con piroxeno y olivino (serie andesítica Santa Isabel-Peñón); y extensos complejos en la mitad septentrional de la cuenca: aludes ardientes del tipo sillar; formación Tarango inferior (constituida por depósitos clásticos sedimentarios) y, finalmente, abanicos aluviales que se formaron a los pies de distintas elevaciones.

c).- En el periodo Cuaternario surgieron los volcanes basálticos de Cerro Gordo, Chimalhuacán, Estrella y Chiconautla, principalmente; posteriormente, las lavas basálticas entre la sierra Nevada y la sierra de Las Cruces, formaron la sierra Chichinautzin y cerraron la cuenca. Después, ésta se rellenó con estratos de cantos rodados, gravas, arenas, cenizas, arcillas lacustres, etc., saturándose de agua. El relleno anterior dio origen a una extensa planicie que fue ocupada por lagos someros.

Definitivamente, la cuenca cerrada del Valle de México, aunque colmada de agua y aparentemente impermeable, tiene fugas de agua al sur y al norte: la cortina formada por la sierra del Chichinautzin no es perfecta, dada su constitución geológica de rocas volcánicas, lavas y cenizas que son permeables. Por consiguiente, las aguas almacenadas en la cuenca, contribuyen al gran caudal de aguas que afloran al sur de Cuautla y Cuernavaca, en forma de manantiales. Por otra parte, también el basamento oligocénico tan fracturado de la cuenca permite algunas fugas del agua al sur, por debajo de la sierra del Chichinautzin. Este mismo fracturamiento también posibilita ciertas fugas de agua al norte y noroeste. La existencia de fugas en el norte de la cuenca está comprobada por diversas mediciones piezométricas que se han realizado, detectándose un descenso del nivel freático a partir de Zumpango hacia el norte y otro descenso más a partir de Huehuetoca al oeste.

CLIMATOLOGIA.

El clima, por diversos factores, sobretodo altitudinales, varía de una zona a otra. Se puede decir, de acuerdo a condiciones medias de la cuenca, que el clima del Valle de México es subtropical de altura, templado, semiseco, y sin estación invernal bien definida.

El clima de la Ciudad de México es subtropical de altura (ya que la altura influye favorablemente para darle condiciones climatológicas especiales).

A continuación se mencionan algunos elementos del clima para comprender más a fondo estas cuestiones:

1.- TEMPERATURAS.

Dentro de la cuenca se han registrado en los últimos años, en unas 80 estaciones termométricas, los valores de las temperaturas máximas y mínimas para cada localidad. La temperatura media en la planicie de la cuenca varía entre 15°C y 16°C, abatiéndose hacia las partes montañosas, en las sierras del Ajusco, Chichinautzin y Nevada.

En la Ciudad de México, la temperatura media anual es de 15°C. A causa de la contaminación atmosférica, ésta ha aumentado en 2°C en los últimos 90 años¹ (la modificación en el equilibrio de la radiación, originada por la contaminación, es uno de los factores que determinan el clima de la ciudad). Como resultado de lo anterior, las temperaturas máximas dentro de la ciudad son relativamente más elevadas que en las zonas abiertas que la rodean, acentuándose estas variaciones, sobretodo, en la estación seca.

Las mayores temperaturas medias mensuales en el mes más caluroso corresponden a la planicie lacustre y las menores a la zona montañosa; finalmente, las temperaturas más bajas (-6°C) corresponden a la zona montañosa indicada, sin considerar las cimas, donde sólo por excepción se registran datos de temperaturas.

¹ Los cambios en la temperatura los ocasiona la cantidad de ozono en la atmósfera y la cantidad de rayos ultravioletas provenientes del Sol.

2.- PRECIPITACIONES.

Con base en las curvas isoyetas anuales, se ha efectuado la determinación de la precipitación anual en cada una de las once zonas hidrológicas² en que se ha dividido la cuenca. Estos valores se expresan en la tabla N^o 1.1 siguiente:

ZONA	NOMBRE	AREA (km ²)	LLUVIA MEDIA ANUAL (mm)	VOL. LLOVIDO ANUAL (10 ⁶ m ³)
I	XOCHIMILCO	522	869	453.618
II	CHURUBUSCO	234	1085	253.890
III	CD. DE MEX.	725	822	595.950
IV	CUAUTITLAN	972	781	759.132
V	PACHUCA	2087	501	1045.587
VI	TEOTIHUACAN	930	555	516.150
VII	TEXCOCO	1146	635	727.710
VIII	CHALCO	1124	979	1100.396
IX	APAN	637	700	445.900
X	TOCHAC	690	681	469.890
XI	TECOCOMULCO	<u>533</u>	666	<u>354.965</u>
		9600		6723.201

TABLA 1.1. LLUVIA MEDIA ANUAL (1920-1959)

La precipitación en la cuenca es diferente en cada una de las zonas hidrológicas que la integran; las que tienen más de 750 mm anuales de precipitación se ubican al suroeste y sur-sureste del Valle; en las zonas norte y noreste sólo se producen lluvias escasas y como excepciones se tienen lugares como Pachuca y Nanacamilpa, donde la precipitación en ciertos años es abundante.

Así, las lluvias se acentúan en las montañas del sur y del oeste. Sin embargo, esta tendencia es mucho menos notable en el caso de las precipitaciones de corta duración; por ello, los grandes chubascos o tormentas pueden ocurrir casi indistintamente en cualquier parte del Valle y, en particular, en cualquier punto del Distrito Federal.

²Las zonas hidrológicas estén integradas por grupos de corrientes y acuíferos que guardan entre sí la mayor homogeneidad posible.

La temporada lluviosa en la cuenca abarca generalmente Los meses de mayo a octubre; en los demás meses sólo se registran lluvias aisladas. El ciclo pluvial no es favorable para el aprovechamiento de las aguas, al contrario, propicia el escurrimiento por avenidas, las que en ocasiones resultan perjudiciales y peligrosas, ya que durante la temporada de lluvias se precipita en la cuenca un 80 a 90% de todas las lluvias del año, es decir, unos 5380 a 6050 millones de metros cúbicos, siendo la precipitación media anual de 700 mm.

La distribución temporal de las lluvias en la cuenca de México es muy desfavorable desde el punto de vista de su aprovechamiento o control, ya que casi la totalidad de la precipitación de un año se concentra en un número muy reducido de tormentas. Así, durante una sola tormenta es factible que se precipite entre el 7% y el 10% de la lluvia media anual; de este volumen, más del 50% se precipita en tan solo 30 minutos, lo que provoca grandes crecientes.

El alto valor de la evaporación y la transpiración de las plantas hace que el 81.4% del agua se elimine, lo que representa aproximadamente un promedio anual de 4500 millones de metros cúbicos. Del resto, se infiltran 778 millones, se consumen 250 millones y de la cuenca salen 250 millones de metros cúbicos, que corresponden principalmente al drenaje pluvial de la zona urbana de la ciudad y, además, las aguas negras.

Las intensidades máximas de la precipitación en una hora se han registrado como de la manera siguiente: 53 mm en Tacubaya, 37 mm en Algerín, y 36 mm en la estación climatológica de la Comisión Federal de Electricidad.

3.- EVAPORACION.

En las montañas al sur, sureste y suroeste del Valle de México, los valores de la evaporación son más bajos que en su parte norte y noreste. La evaporación varía entre 900 y 2100 mm por año, y es evidente que el valor anual de la evaporación sobrepasa al de la precipitación pluvial.

4.- VIENTOS.

En la cuenca, son las estaciones anemométricas de Tacubaya y Pachuca las únicas que en forma completa han registrado, durante un lapso relativamente largo, los datos de vientos. La velocidad media del viento en la región, es aproximadamente de 10 km/hr; los más intensos -y que se han presentado muy rara vez- son de unos 26 m/s, es decir, 94 km/hr (dato registrado por el observatorio meteorológico de Tacubaya en mayo de 1950). Los vientos dominantes son en general del noreste y del noroeste.

5.- CLIMAS EN LA CUENCA.

Si se clasifican los climas en el Valle de acuerdo con el sistema Koppen, se tiene que si el valor medio de las precipitaciones pluviales estuviese cercano a los 500 mm anuales, un clima de tipo seco estepario prevalecería en dos tercios de la superficie de la cuenca; se estima que el periodo de retorno de este tipo de clima en la región es de 8.5 años. Si el valor medio de la precipitación fuese mayor de 860 mm por año, el tipo de clima en la región sería templado moderado lluvioso, con una frecuencia de un año cada veinte. Finalmente, si los valores medios de lluvia estuvieran comprendidos entre 600 y 870 mm anuales, aparecerían dos tipos de clima: el templado moderado lluvioso al sur de la cuenca y el seco estepario, al norte de la misma.

HIDROLOGIA.

La cuenca de México ha sufrido, a través del tiempo, diversas y profundas variaciones en su morfología (por procesos naturales y acciones del hombre), y como consecuencia, en su funcionamiento hidráulico. Así, antiguamente el valle era una cuenca abierta que desaguaba hacia el río Balsas; posteriormente la cerranía del Ajusco cerro esa salida y la cuenca drenó hacia el río Lerma, hasta que las formaciones volcánicas formaron una cuenca cerrada. Actualmente, las obras del desagüe la comunican con la cuenca del río Pánuco.

1.- ZONAS HIDROLOGICAS Y CORRIENTES.

Por las características hidrológicas principales que presentan las corrientes superficiales de la cuenca, se ha dividido ésta en las siguientes once fracciones, que como ya se indicó, se les designa convencionalmente como zonas hidrológicas:

a).- Zonas I y VIII. Las corrientes de esta zona corresponden a las sierras del Chichinautzín, cuya característica sobresaliente es la gran permeabilidad de sus formaciones basálticas. Sobre ambas zonas la lluvia es abundante.

b).- Zona II. Integran esta zona las corrientes que forman al río Churubusco, en la parte sur del área urbana de la Ciudad de México, recogiendo los aportes de los ríos Eslava y Magdalena.

c).- Zona III. Las corrientes que abarca esta zona cubren la mayor parte de la Ciudad de México.

d).- Zona IV. Abarca las cuencas de los ríos Tepetzotlán y Cuautitlán, siendo este último el más caudaloso de los ríos existentes en el Valle de México.

e).- Zona V. A esta zona hidrológica corresponde la cuenca del río de las Avenidas de Pachuca, así como otras corrientes aisladas de escasa importancia.

f).- Zona VI. Corresponde a esta zona la cuenca del río San Juan Teotihuacán.

g).- Zona VII. En esta zona se incluyen a todos los ríos que desaguan por el lado oriental del lago de Texcoco, con excepción del San Juan Teotihuacán.

h).- Zonas IX, X y XI. Estas zonas originalmente no formaban parte de la cuenca, pero se han incorporado a ésta por obras de ingeniería efectuadas en el transcurso de los años.

La Ciudad de México, localizada al suroeste de la cuenca, recibe el aporte del agua de una gran cantidad de ríos, que vierten sus aguas sobre ésta, sobretodo de aquellos que bajan de la sierra del Chichinautzín al suroeste y poniente de la ciudad. De los lomeríos del norte, el número de corrientes es menor, dado que aquí la precipitación es más escasa y, por ende, el volumen fluvial.

Cabe hacer notar que muchas de las corrientes que corrian sobre la planicie que cubre la ciudad, actualmente han sido entubadas, ya que la mayoría de ellas son utilizadas como desagüe.

La mayor parte de los ríos de la cuenca son de carácter torrencial, con avenidas de corta duración, a veces peligrosas. Durante la temporada de estiaje, sus cauces permanecen secos; sólo los siguientes ríos de la cuenca tienen escurrimientos perennes: Magdalena, Mixcoac, Tacubaya, Hondo, Tlalnepantla, Cuautitlán, Tepotzotlán, San Juan Teotihuacán y de la Compañía.

En las hojas siguientes, se incluye la tabla N^o 1.2 en que se resumen los datos medios de los escurrimientos por zonas hidrológicas y por corrientes.

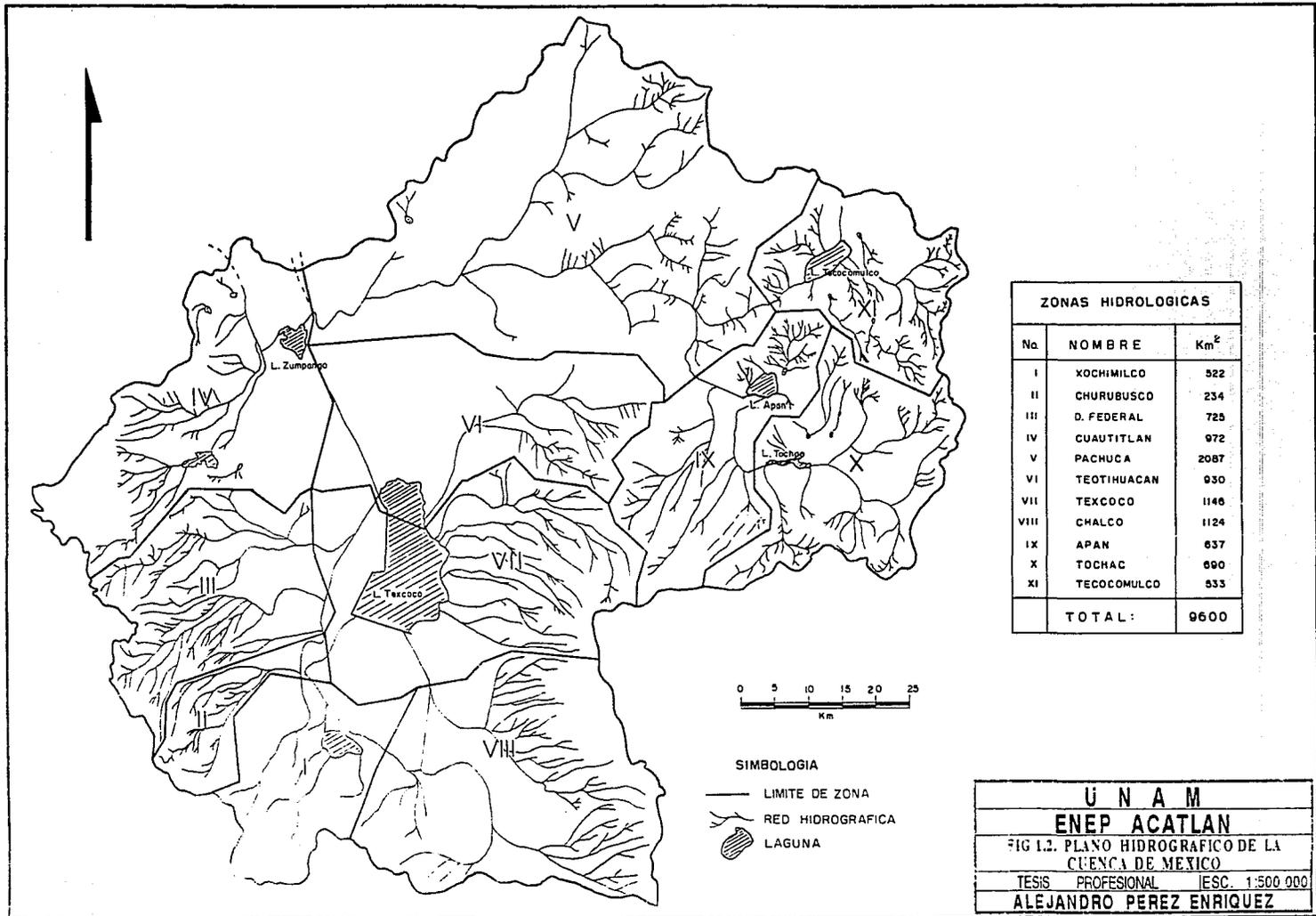
La figura N^o 1.2 muestra la ubicación de las mismas zonas y corrientes.

TABLA 1.2. CORRIENTES SUPERFICIALES EN EL VALLE DE MEXICO (1920-1970)

ZONA	NOMBRE DE LA CORRIENTE	SITIO ESTIMACION	VOL. AGUAS SUP. (10 ⁶ m ³)
I	San Gregorio	Altitud 2250	662
	San Lucas	Altitud 2250	2805
	Santiago	Altitud 2250	246
	San Buenaventura	Altitud 2250	1135
			SUBTOT= 4848
II	Eslava	Desviación Alta	3578
	Magdalena	Altitud 2250	6970
	Barranca Anzaldo	P. San Jerónimo	1066
	Texcalatlaco	P. Texcalatlaco	1037
	Barranca de Guadalupe	Altitud 2250	2927
	Barranca del Muerto	P. Tarango	681
	Mixcoac	P. Mixcoac	4750
	Area Urbana Cd. de Mex.		11844
		SUBTOT= 32853	
III	Becerra	P. Becerra	758
	Tacubaya	P. Tacubaya	791
	Tecamachalco	P. Tecamachalco	1061
	San Joaquín	P. San Joaquín	1626
	Tornillo	Tornillo y Hondo	590
	Hondo	Molinito y Tornillo	34413
	Los Cuartos	Los Cuartos y Hondo	2378
	Totolica	Totolica y Hondo	1344
	Chico de los Remedios	Vaso el Cristo	5325
	Tlalnepantla	Madín y carr. Gro.	26520
	San Javier	P. San Javier	3629
	Cuauhtepic	Unión con S. Javier	675
	Area Urbana Cd. de Mex.		61200
		SUBTOT= 140310	
IV	Cuautitlán	P. Guadalupe	86485
	Tepetzotlán	P. Concepción	18238
	Pequeñas corrientes		11492
		SUBTOT= 116215	
V	Avenidas de Pachuca	El Manantial	14895
			SUBTOT= 14895
VI	San Juan Teotihuacán	Tepexpan	5104
			SUBTOT= 5104

TABLA 1.2. CONTINUACION

ZONA	NOMBRE DE LA CORRIENTE	SITIO ESTIMACION	VOL. AGUAS SUP. (10 ³ m ³)
VII	Papalotla	Grande	13808
	Xalapango	Atenca	5222
	Coxcacoaco	San Andrés	5389
	Texcoco	Texcoco	3389
	Chapingo	Chapingo	2281
	San Bernardino	San Mateo	1726
	Santa Mónica	Tejocote	3854
	Coatepec	Puente Carretera	3023
		SUBTOT=	38692
VIII	San Francisco	Puente Colorado	10174
	La Compañía	Puente Colorado	18921
	Amecameca	San Luis	9871
	Zacualtitlac	Altitud 2250	191
	Tenechcolux	Altitud 2250	574
	Milpa Alta	Altitud 2250	1082
		SUBTOT=	40813
IX	Tizar	Desembocadura	4217
	Calpulalpan	Desembocadura	9398
	Pequeñas corrientes		3640
		SUBTOT=	17255
X	Barranca del Muerto	Desembocadura	8623
	San José	Desembocadura	10357
	Alimentadoras de Las Animas	Desembocadura	3638
		SUBTOT=	22618
XI	El Canal	Desembocadura	6145
	Coatlaco y Laguna del Puerco	Desembocadura	1446
	Alimentadoras L. Tecocomulco	Desembocadura	4155
		SUBTOT=	11746
TOTAL DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA CUENCA=			445349



ZONAS HIDROLOGICAS		
No.	NOMBRE	Km ²
I	XOCHIMILCO	522
II	CHURUBUSCO	234
III	D. FEDERAL	725
IV	CUAUTITLAN	972
V	PACHUCA	2087
VI	TEOTIHUACAN	930
VII	TEXCOCO	1146
VIII	CHALCO	1124
IX	APAN	637
X	TOCHAC	690
XI	TECOCOMULCO	533
TOTAL:		9600

U N A M
ENEP ACATLAN
 FIG 1.2. PLANO HIDROGRAFICO DE LA CUENCA DE MEXICO
 TESIS PROFESIONAL IESC. 1:500 000
ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ

2.- LAGOS.

La figura N^o 1.3 señala, según Elizabeth Shilling Kiel², el retroceso de los lagos en la cuenca desde la época diluvial, en la cual su fondo constituía un sólo gran lago, hasta principios del siglo XV, en que, por fenómenos físicos de diversa índole, aparece fraccionado el mismo lago. Este fraccionamiento se acentuó al principio del siglo XIX. Principalmente por el funcionamiento de las obras de desagüe en la cuenca, conocidas con el nombre de Tajo de Nochistongo, el Gran Canal del Desagüe y túneles de Tequixquiac, han descendido los niveles de agua en los lagos y varios de estos se han secado.

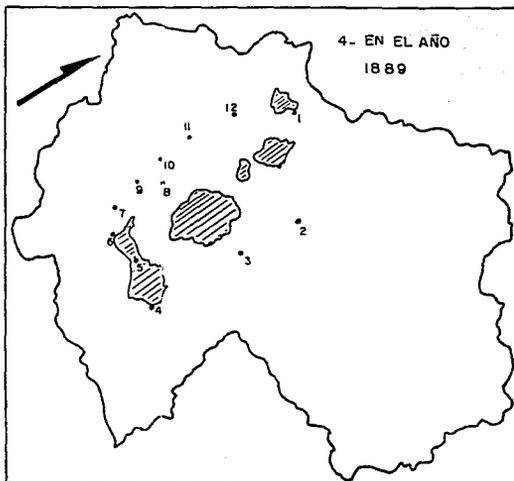
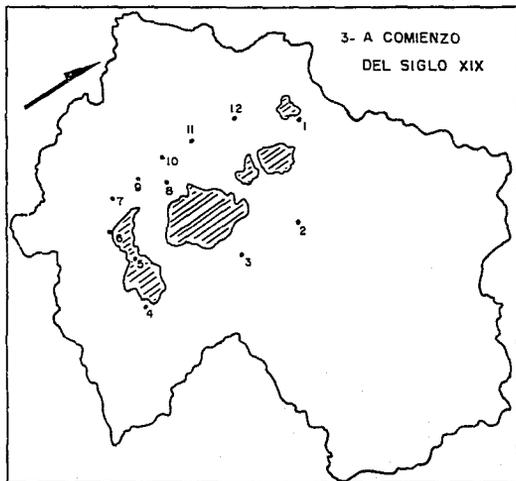
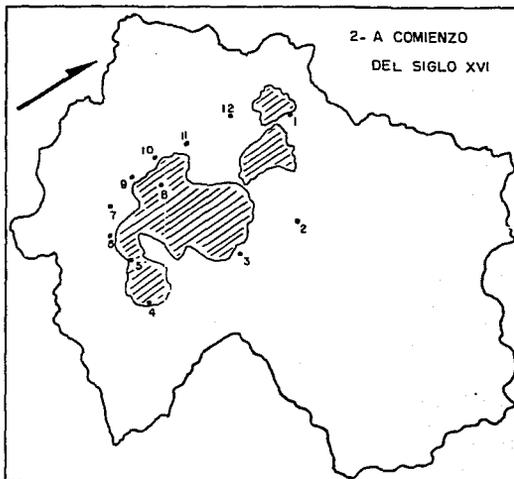
El valle contiene varios lagos someros, de los cuales el de Texcoco es el mayor. Le sigue en importancia la laguna de Zumpango, en el noroeste, mientras que el lago de Chalco, tercero en importancia, se extinguió por completo a principios de este siglo. Los dos primeros lagos y los canales de Xochimilco son los últimos vestigios de otros mucho mayores y más numerosos. Hacia el oeste de la cuenca se ubica un área con varias elevaciones volcánicas y con depresiones que ocupan algunas lagunas someras como las de Apan, Tecocomulco y Tochac, las cuales desaparecen en estiaje. Los lagos que aún quedan están en las condiciones siguientes:

a).- Lago de Texcoco. La superficie de 14 500 has. del lago de Texcoco, colinda al sur y al poniente con el área metropolitana del Distrito Federal y del Estado de México, limitado por los bordos de contención denominados Poniente y Xochiaca.

En esta zona la lluvia media es apenas de 575 mm por año, y la evaporación, de 1800 mm, más de tres veces superior a la precipitación. Estas características de evaporación y lluvia, aunadas a las obras de desagüe que se han construido para proteger contra inundaciones el área metropolitana, explican por sí solas la paulatina desecación de éste y los demás lagos que existen en el valle.

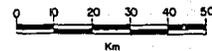
El suelo del exlago está formado por arcillas volcánicas impermeables de gran plasticidad, lo que le da muy baja resistencia a la compresión. Aprovechando esto, se han construido cinco lagos artificiales, el más importante de los cuales es el lago Nabor Carrillo, de 1000 has. de superficie y 36 millones de metros cúbicos de capacidad.

²Elizabeth Shilling Kiel. Los Jardines Flotantes de Xochimilco.



PUNTOS DE REFERENCIA

- 1.- ZUMPANGO
- 2.- TEOTIHUACAN
- 3.- TEXCOCO
- 4.- CHALCO
- 5.- TLANHUAC
- 6.- XOCHIMILCO
- 7.- TLALPAN
- 8.- MEXICO (CENTRO)
- 9.- TACUBAYA
- 10.- TACUBA
- 11.- TLALNEPANTLA
- 12.- CUAUTITLAN



U N A M
ENEPACATLAN

FIG. 1.3. EL RETROCESO DE LOS LAGOS EN LA CUENCA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL ESC. 1:1.000.000

ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ

El lago de Texcoco regula los caudales de los siguientes ríos: San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango, Coxcacaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica, Coatepec, San Francisco, de la Compañía, Churubusco, Amecameca, y parte de los ríos al poniente de la cuenca, que desaguan por el sistema que se ha denominado Desviación Combinada. El lago de Texcoco vierte sus aguas al Gran Canal del Desagüe, que es emisario de la cuenca.

En el área del antiguo lago, también se han desarrollado campos de pastizales y pequeñas zonas boscosas.

b).- Lago de Xochimilco. Este lago se ha reducido, a una serie de canales con aguas libres que circundan a las chinampas, a terrenos de cultivo y a una zona urbana, con las siguientes superficies: canales, 199 has.; chinampas, 764 has.; terrenos de cultivo, 835 has.; superficie urbana, 116 has., que hacen un total de 1914 has. La capacidad calculada para el almacenamiento del lago de Xochimilco es de unos 11 000 000 m³. Varían las altitudes de sus niveles de agua máximo y mínimo entre 2239.16 y 2237.81 m, el primero registrado en octubre de 1954 y el último en mayo de 1958.

Alimentan al lago de Xochimilco los arroyos de San Gregorio, San Lucas, Santiago, San Buenaventura y el río Churubusco que fue desviado artificialmente. El promedio anual de los volúmenes aportados durante el lapso de 1920-1958 fue de unos 5 millones de metros cúbicos; el volumen máximo anual aportado en el año de 1958 fue de 22 600 000 m³.

c).- Laguna de Zumpango. Los últimos bordos construidos en 1951, redujeron la capacidad de almacenamiento de la laguna de Zumpango a 27 000 000 m³. Las aguas que fluyen a la laguna de Zumpango son las del río de las Avenidas de Pachuca, parte de las del río Cuautitlán y de los ríos al poniente de la cuenca, encauzadas por el interceptor del poniente y el canal de Santo Tomás.

d).- Lagunas de Apan, Tochac y Tecocomulco. En las zonas hidrológicas IX, X y XI se ubican estas lagunas, con las siguientes áreas: 5, 5 y 20 km², respectivamente. La laguna de Tochac vierte sus aguas a la laguna de Apan por el arroyo de Calpualpan y un canal. Tanto la laguna de Tecocomulco como la de Apan vierten, por medio de canales, las aguas excedentes al río Papalote, afluente del río de las Avenidas de Pachuca.

DESAGUES DE LA CUENCA.

El tajo de Nochistongo, el Gran Canal del Desagüe, Los túneles de Tequixquiac y Los emisores poniente y central, son las obras construidas para desaguar pluvial y sanitariamente la cuenca que primitivamente fue cerrada.

La tabla Nº 1.3 indica los volúmenes de aguas negras y pluviales, expresados en millones de metros cúbicos, salidos de la cuenca de 1952 a 1968:

ANOS	NOCHISTONGO	TEQUIXQUIAC (VIEJO)	TEQUIXQUIAC (NUEVO)	SUMA
1952	31.364	457.289	24.380	513.033
1953	3.553	423.418	24.259	451.230
1954	15.511	449.830	21.235	486.576
1955	108.232	220.658	304.645	625.169
1956	46.451	116.202	417.614	580.267
1957	1.013	246.966	216.827	464.806
1958	157.409	117.543	552.235	827.187
1959	88.942	29.125	605.770	723.837
1960	28.157	42.918	498.006	569.081
1961	21.215	21.646	506.051	548.912
1962	3.413	22.139	486.180	511.732
1963	33.157	71.429	533.863	638.499
1964	22.440	4.364	563.446	590.250
1965	123.894	39.043	577.724	740.661
1966	100.333	257.438	324.439	682.210
1967	130.149	89.522	614.839	834.510
1968	107.982	90.715	683.236	881.933

TABLA 1.3. SALIDAS DE AGUA DE LA CUENCA (10⁶ m³)

1.2.- CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA.

Es común que en el estudio hidrológico de una cuenca se definan sus parámetros hidráulicos, como son la pendiente de la cuenca, la pendiente del cauce principal, el orden de las corrientes, etc. Estos estudios toman características especiales en el Valle de México.

En primer término, dado que la cuenca, antiguamente endorréica, cuenta actualmente con varios desagües artificiales, no se puede considerar similar a una cuenca exorréica natural, en la que sólo es posible una salida. Así pues, resulta imposible determinar el orden de la cuenca, por ejemplo, porque simplemente no existe una corriente principal -recordemos que el orden de una cuenca es igual al orden de la corriente principal-, sino que hay cuatro salidas de la cuenca.

La cuenca de México tiene un sistema de drenaje combinado de aguas negras y pluviales, es decir, la cuenca desaloja tanto aguas residuales producidas en la Ciudad de México, como los escurrimientos superficiales producto de precipitaciones pluviales. Dada esta característica, dentro del Valle existen tanto corrientes naturales como conductos realizados por el hombre, conductos y corrientes que, en general, se encuentran interconectados. Aún más, algunos ríos han sido entubados y cambiados de su cauce original, lo que definitivamente altera grandemente su tipo de régimen.

De hecho, si consideramos a las corrientes y conductos como una sola red hidrográfica, veremos que dicha red está en continua transformación, dado que hoy día no se ha terminado completamente la construcción del drenaje y, por tanto, el orden de las corrientes cambia también día a día.

Otras características físicas del Valle que están en cambio constante son la pendiente media de la cuenca y el coeficiente de escurrimiento. En realidad, el cambio de la pendiente sólo se produce dentro del área metropolitana de la Ciudad de México, debido al continuo hundimiento que sufre ésta. Al mismo tiempo, el crecimiento de la llamada Mancha Urbana, que cambia la rugosidad de la superficie y el área de infiltración, modifica también al coeficiente de escurrimiento y los tiempos de concentración.

En fin, podemos ver que la cuenca de México se modifica mucho más rápidamente -debido, sobretodo, a acciones de los seres humanos- que otras cuencas en el país, lo que en mayor o menor medida complica los estudios hidrológicos.

Es por eso que cuencas con un alto grado de urbanización, como la de México, requieren estudios especiales que suelen llamarse Hidrología Urbana. En efecto, el crecimiento urbano modifica con rapidez los patrones de escurrimiento de una cuenca. Esto debe ser tomado en consideración porque, a diferencia de las cuencas naturales, en las que el diseño se basa muchas veces en un análisis estadístico directo de los escurrimientos registrados, en las cuencas urbanas es necesario estudiar primero las lluvias y determinar la tormenta de diseño; posteriormente se obtiene el hidrograma de diseño tomando en cuenta las características específicas que tendrá la cuenca urbanizada. Las dimensiones de las obras se determinan una vez que se conocen las características de la avenida de diseño, es decir, la avenida que será controlada por dicha obra.

El proceso de estudios descrito brevemente en el párrafo anterior, debe ser alimentado con la información climatológica y con datos de las características de la cuenca en estudio; por otro lado, se debe apoyar tanto en el conocimiento de los modelos hidrológicos que permitan determinar la forma en que las lluvias se transforman en escurrimiento, como en las ecuaciones de la hidráulica mediante las cuales se comprueba que el funcionamiento de la obra es el adecuado.

En realidad, no siendo el objetivo de este trabajo llevar a cabo estudios hidrológicos de la cuenca, la finalidad de este subcapítulo no es más que señalar el proceso de continua evolución al que está sometida la región, evolución que ha marcado con características muy particulares el desarrollo del sistema de control de ríos y drenaje del Valle de México.

CAPITULO II.

ANTECEDENTES DE INUNDACION.

CAPITULO II.- ANTECEDENTES DE INUNDACION.

2.1.- RESEÑA HISTORICA DE INUNDACIONES.

Una inundación será tanto más relevante cuanto más sea la importancia económica y social de la zona afectada. Así, las inundaciones ocurridas en la cuenca de México, donde se asienta la Ciudad de México, la capital de nuestro país, son del más elevado rango en lo que se refiere al daño que provocan y al riesgo al que se somete la región.

Desde siempre, la ciudad, que se ubica en la parte más baja de la cuenca, ha estado sometida a inundaciones más o menos graves, pero siempre relevantes en cuanto a los daños causados o a las acciones emprendidas para evitar las futuras eventualidades. Así, la historia del valle queda muy ligada a la historia de las inundaciones que ha sufrido.

En este trabajo, la reseña de estos hechos se remonta hasta la antigua época prehispánica, es decir, al siglo XV. Por el otro lado, considera la historia hasta 1975, cuando inicia funciones el drenaje profundo, marcando una nueva etapa en el sistema de desagüe de la ciudad y de la cuenca.

En este subcapítulo se hace una relación de las inundaciones más relevantes en la historia de la ciudad, relación que, en lo posible, contendrá información acerca de los daños ocasionados y demás pormenores, basándose, sobretodo, en las narraciones de los cronistas. Ahora no se hablará de las obras hidráulicas que se han construido para evitar los efectos de dichos fenómenos, asunto que se tratará en el siguiente capítulo.

INUNDACIONES DURANTE LA EPOCA PREHISPANICA.

La antigua Tenochtitlan se ubicaba en una pequeña isla en el lago de Texcoco, precisamente en la parte más baja de la cuenca. Por tanto, la ciudad, rodeada por el lago, corría el riesgo de anegarse cada que se presentaban avenidas en los ríos tributarios.

Según los Anales de Tlatelolco, hubo una inundación durante el reinado de Acamapichtli, en 1382. Durante dicha inundación, las aguas de los lagos crecieron lo suficiente como para anegar las chinampas, que quedaron destruidas.

Diversos cronistas mencionan que durante la segunda mitad del siglo XV los mexicas no sólo tuvieron que enfrentarse al reto de vivir en un lago, pues también sufrieron inundaciones, heladas, sequías, hambre, etc. Hablando específicamente del asunto que nos ocupa, las fuentes que mencionan estos fenómenos no coinciden estrictamente en las fechas, pero parece ser que hubo una estación extremadamente húmeda de lluvias, granizo y hielo, quizá entre 1440 y 1450.

La primera gran inundación de que tenemos noticia ocurrió en 1449, según escribía Torquemada en sus crónicas: "A los nueve años del reinado de Moctezuma crecieron tanto las aguas de esta laguna mexicana, que se anegó toda la ciudad, y andaban los moradores de ella en canoas y barquillos, sin saber qué remedio dar ni cómo defenderse de tan grande inundación"¹. En realidad, esta inundación se vió precedida de varios años de copiosas lluvias.

En 1498, durante el gobierno de Ahuitzotl, se construyó un acueducto, llamado el Acuecuexatl, que partía del manantial del mismo nombre en Coyoacán y llegaba hasta la ciudad. Fue entonces que se presentó una creciente a través de este sistema de abastecimiento de agua, causando cuantiosos daños a los habitantes de Tenochtitlan.

Según la relación de los cronistas, el agua comenzó a correr con tal fuerza que anegó Tenochtitlan y provocó "lo que parecieron cuatro temblores de tierra". Los habitantes de la ciudad habían levantado el suelo de sus casas, pero esa medida no los salvó del desastre. Las calles quedaron sepultadas por el agua, convirtiéndose en canales; los muros de las casas que estaban débiles se derrumbaron y la ciudad fue quedando abandonada.

¹Torquemada, Fray Juan de. Monarquía Indiana, tomo I. 1969

El ingeniero Francisco de Garay, quien creó el proyecto del túnel de Tequixquiac, tuvo la idea, muy razonable, de que la célebre inundación tuvo como origen el mal uso del dique de Mexicaltzinco (que separaba a los lagos del sur de la laguna de México).

El mencionado ingeniero dice al respecto: "represadas desde tiempos de la construcción del gran dique de Nezahualcóyotl las aguas de los lagos del sur, por el dique y compuerta de Mexicaltzinco, según hemos indicado, el nivel del agua comenzó a subir, y aumentó considerablemente el depósito del líquido en los vasos de Chalco y Xochimilco. Es de creer que fue ese caudal de agua, el que Ahuizotl quiso aprovechar para sus canales y plantíos. Indudablemente mandó practicar una abundante sangría en el bordo de Xochimilco, y las aguas del lago fueron las que, unidas a las de Acuecuxatl, bajaron como un torrente sobre la capital y la inundaron"².

INUNDACIONES EN EL SIGLO XVI.

Los conquistadores, quienes no habían presenciado inundaciones en la ciudad, no respetaron las obras de protección; por ejemplo, hicieron varios cortes en el albarradón de Nezahualcóyotl. Fue 24 años después de la conquista que se notaron las consecuencias.

Ya en 1540, y en los últimos años antes de ese, el nivel de los lagos subía mucho en la temporada de lluvias, por lo que los torrenciales ríos que desaguaban en los lagos hacían crecer peligrosamente el caudal de los canales y acequias que atravesaban la ciudad, por lo que ésta estaba continuamente bajo la amenaza de inundaciones.

Y en 1555 se cumplió la amenaza. Nuevamente es Torquemada quien describe lo sucedido: "Sucedió el año de 1555 que, habiendo sido el año seco y de pocas aguas, llovió un día tanto y con tan espeso efecto que no sólo hinchó la laguna, ... sino también la ciudad, y con tanto exceso que no se pudieron andar las calles tres o cuatro días sino en canoas. Como el caso no se había visto entre los castellanos que la habitaban, ... fue mucho el temor y miedo de anegarse que puso en sus corazones".

Las lluvias de septiembre fueron las que perjudicaron a la Ciudad de México; así, respecto al 17 de ese mes de 1555, se anotó lo siguiente: "Comenzaron los aguaceros diluviales que inundaron México y que derrumbaron muchas casas de la gente de México. Otros muchos a quienes el agua tapó las casas, tuvieron que abandonarlas, así como sus tierras"³.

²Garay, Francisco de. Memoria del desagüe del Valle de México.

³Francisco de San Antón. Relaciones originales de Chalco. 1965.

He aquí otra cita más acerca de lo sucedido, esta vez del padre Andrés Cavo: "Aquel año habiendo sido muy escaso de lluvias de repente llovió un día tanto y con tal tesón que parecía que el cielo se venía abajo. Por fortuna cesó antes de veinte y cuatro horas, pero México y cuantas ciudades y lugares estaban a las orillas de aquellas lagunas con todo aquel valle, se cubrieron de tal manera de agua, que por tres o cuatro días sólo en canoas se podía caminar. Esta inundación no hizo fuerza a los mexicanos; sabían muy bien por su historia que México era expuesta a estos contratiempos pero a los españoles que no habían experimentado semejante calamidad, causó gran terror".

La reacción de los habitantes de México respecto a la inundación, no sólo fue de terror, sino que la destrucción de sus propiedades trajo consigo severas críticas para el fundador Hernán Cortés, como aparece en un documento escrito por esos días (y reproducido en una relación sobre la ciudad escrita en 1637), y que señalaba como causante del problema el desbordamiento del río "por la parte de Tlatilulco, se llama Santiago", pero sobretodo decía que el problema era la ubicación de la ciudad: "fue gran yerro a mi ver fundarla en este sitio, porque había otros mejores a dos y tres leguas de aquí". Es interesante observar que en este documento se habla ya de la necesidad de cambiar de asiento a la ciudad.

La capital de la Nueva España, después de esta inundación, tuvo 24 años de descanso, hasta 1579. Fue durante el gobierno del virrey Martín Enriquez de Almanza cuando se volvió a presentar el problema de las inundaciones.

Como en 1579 las lluvias fueron muy copiosas, las lagunas empezaron a derramarse sobre los pueblos ribereños; cosa que se agravó a principios de 1580, en que las aguas invadieron también a la capital.

De nuevo, el jesuita Andrés Cavo reseña la inundación de principios de 1580: "Este año es notable en la historia por la abundancia de lluvias que hubo en México, y que hicieron salir de madre a aquella laguna con tanto daño de la ciudad, que por muchos días estuvo inundada. El virrey para impedir en adelante este perjuicio, mandó convocar el ayuntamiento e inteligentes en aquella facultad. En esa junta se resolvió que se hiciera un desagüe a las lagunas que rodeaban a México, y se señaló por lugar a propósito los bajos de Huehuetoca; pero habiendo cesado las lluvias, y la agua vuelto a su nivel, no se volvió a hablar de este proyecto".

INUNDACIONES EN EL SIGLO XVII.

La inundación de 1579-1580 fue la última del siglo XVI. Una vez más, después de la tragedia, la ciudad gozó de 24 años sin sufrir por las aguas del lago.

Fray Juan de Torquemada hizo la descripción de inundaciones anteriores. Desde luego, en la inundación de 1604, no debía faltar su reseña, tanto más cuanto que él fue testigo presencial y recorrió las calles en canoa, según describe a continuación:

"Este mismo año de mil seiscientos y cuatro, llovió tanto por el mes de agosto, que se hinchó la laguna de México, con todas sus llanadas, que cubrieron sus aguas casi todo el suelo de la ciudad, y llegó a punto, en algunas calles, que se pasaban en canoas, y yo pasé la que llaman de San Juan, de esta manera. Como era cosa esta que ya los moradores de ella vivían descuidados y olvidados de haber sucedido lo mismo el año mil quinientos cincuenta y cinco, ... habían edificado algunos sitios bajos, que les fue de mucha ofensa en esta ocasión y como duró la rebalsada agua más de un año, fuéronse remojando los cimientos débiles de algunas casas, y se cayeron, muchas se desampararon, y todas las calles, que se llenaron de agua tuvieron necesidad de levantarse de los suelos.

Tan sólo tres años después de esta grave inundación, hubo una peor. En efecto, la inundación de 1607 es considerada como la primera gran inundación de la época colonial.

El virrey Luis de Velasco (el segundo) recién había tomado posesión del gobierno de la Nueva España cuando "comenzando las lluvias por el mes de junio, fueron creciendo las aguas en tanta abundancia, que la laguna se llenó más que en ningún tiempo lo estuvo, y los ríos salieron de madre, llenando las acequias y vertieron sobre la ciudad sus aguas, sin que se pudiese remediar tan grande daño ni le pudiesen impedir ni resistir las albarradas y calzadas y otros reparos que se habían hecho; y estuvo la ciudad en tanto peligro que se temió a verla de despoblar dejándola perdida, y con ella tantos y tan nobles edificios, templos y monasterios y haciendas, que causaban grande confusión y lástima".

"Enrico Martínez. Relación... de la obra del desagüe de la laguna de México.

La descripción del jesuita Francisco Xavier Alegre es más rica en detalles: "Los reparos que se habían puesto a costa de tanto gasto y fatiga en las pasadas inundaciones (1604) eran muy débiles para el caso de una extraordinaria abundancia de lluvias y desborde de las lagunas. Con efecto, tres años después en el tiempo de que vamos tratando (1607) se experimentó bien con harto peligro de la ciudad, que nunca se había visto tan próxima a su ruina. A las copiosísimas lluvias y crecientes de las lagunas que ya se entraban por las puertas de las casas, se añadían innumerables manantiales que brotaban dentro de los mismos edificios y en medio de las calles. Las acequias se llenaron hasta los ojos de los puentes. Las habitaciones de un suelo quedaron por mucho tiempo inhabitables con suma incomodidad de los pobres. En las más altas y más fuertes no se podía ni salir. Una gran parte de los moradores había desamparado la ciudad; a los que no fueron tan prontos, no les fue después muy fácil tomar esta resolución, porque la fuerza y el peso de las aguas rompió por varias partes las calzadas e imposibilitó por mucho tiempo la fuga. Creció la aflicción con una nueva y más pujante avenida el día de los gloriosos apóstoles San Pedro y San Pablo, que derribó muchos de los menos fuertes edificios, y muchas casas de recreación por la parte que mira al sureste y Laguna de Chalco"^a.

Sólo una cosa benéfica trajo esta inundación: para evitar subsiguientes problemas, se aprobó el proyecto del ilustre ingeniero Enrico Martínez, creador del legendario desagüe en Nochistongo.

Después de esto, ocurrió la inundación más grande en la historia de la Ciudad de México, no por obra de la naturaleza, sino por negligencia de los hombres.

En 1622, el virrey de la Nueva España era el Marqués de Gelves, persona de quien se decía era "inflexible en sus decisiones, arrebatado e incapaz de sufrir contradicción alguna". Con el fin de enterarse del estado de las obras de desagüe en Huehuetoca (Nochistongo), realizó una inspección personal acompañado de diversos expertos, entre ellos Enrico Martínez. Después, llegó a la conclusión que todo era muy confuso y que no existían datos precisos de la necesidad o no de las obras del drenaje general de la cuenca. Por tanto, para él mismo darse cuenta de lo que pasaba, mandó que se tapara el túnel de Nochistongo y que se hiciera entrar las aguas de Zumpango y de San Cristóbal en el lago de Texcoco, para ver si efectivamente era el peligro tan grande como se le había dicho.

^aAlegre, Francisco Xavier. Historia de la compañía de Jesús en Nueva España. 1841.

Esta drástica medida fue la responsable del mayor desastre que ha padecido la ciudad -como ya se dijo-, pues estuvo anegada seis años, destruyéndose buena parte de sus construcciones, despoblándose por muerte y abandono de los habitantes, e incluso estuvo a punto de desaparecer, cuando el rey ordenó su cambio de sitio. Desde luego, la inundación no fue inmediata. En realidad, lo que dicha orden del virrey provocó fue un sobrealmacenamiento en los lagos.

En efecto, ya en 1623 los lagos estaban a punto de desbordar. En 1627 las lagunas ya estaban colmadas y las acequias de la ciudad no podían desaguar en ellas, por lo que se revertían, inundando la ciudad. Así, en octubre de ese año, ya algunos barrios estaban inundados, y las calles de Santo Domingo, San Agustín y Colegio de la Compañía tenían una lámina de agua de unos 50 cm.

El año siguiente, 1628, la inundación sería general. Como las lluvias de esa temporada se retrasaron, los ciudadanos creyeron que el peligro había pasado. Sin embargo, se dio apoyo a Martínez para que dejara las obras en el mismo estado que antes tenían.

Pero a mediados de 1629, se tapó la boca del desagüe, las aguas del caudaloso río Cuautitlán entraron a la laguna de Zumpango, que desaguó en la de San Cristóbal y ésta en la de México, anegándose irremediablemente la ciudad.

Para colmo de males, el 21 de septiembre cayó sobre la ciudad un verdadero diluvio, lloviendo violentamente durante 36 horas. La ciudad estuvo recibiendo verdaderas cascadas de agua, que unidas al empuje de los caudales provenientes de los enemigos tradicionales, los ríos Cuautitlán y Avenidas de Pachuca, hicieron que México quedara virtualmente bajo las aguas. Y así estaría inundada durante cinco años más.

En la capital no podía circularse de otra forma que no fuera en canoas, pues el lago había invadido las propiedades, iglesias, etc.; había roto calzadas y albarradas, y todo estaba cubierto de agua, "llegando a tener una hondura de dos varas (1.70 m, aproximadamente), por donde menos". Se calcula que en ocasión de esta inundación murieron 30 000 indios. La mayoría de las familias españolas abandonaron la ciudad, y sólo quedaron 400 de las 20 000 que existían en la Ciudad.

La ciudad permaneció anegada hasta 1633, seis años después de que iniciara el problema. Afortunadamente, en lo que restó del siglo, no hubo ninguna otra inundación.

INUNDACIONES EN EL SIGLO XVIII.

La primera inundación ocurrió en 1707, pero esta vez el daño fue poco importante, sobretodo si se le compara con la siguiente, en 1714, que representó algún peligro para la ciudad, pues las aguas rompieron un dique, el de Coyotepec, por lo que descargaron en Zumpango. De este lago la avenida pasó al de Xaltocan y San Cristóbal, que se derramó por el norte de la ciudad.

La siguiente inundación fue en 1747, año en que las lluvias fueron torrenciales en todo el Valle. Los escurrimientos produjeron fuertes daños a los diques, albarradas y calzadas. Sobre decir que los lagos, ríos y arroyos se salieron de sus vasos y cauces, ocasionando inundaciones.

Otro año particularmente lluvioso fue el de 1764, en el cual las abundantes precipitaciones elevaron el nivel del lago de Texcoco, que derramó las aguas excedentes sobre los llanos de San Lázaro y la Candelaria. En esa ocasión se comprobó que el mal fue provocado por el lago de Chalco, para contener sus aguas, se hicieron las reparaciones necesarias al dique de Cuicláhuac.

Para cerrar este siglo, diremos que en 1792 y 1795 se produjeron otras inundaciones, pero en esta ocasión fueron debidas al mal estado de las atarjeas, por lo que las lluvias anegaron muchas de las calles principales.

INUNDACIONES EN EL SIGLO XIX.

Este fue un siglo muy importante para la historia de México. Fue un siglo lleno de pasajes por todos conocidos: la guerra de independencia, la reforma, el imperio de Maximiliano, la llegada de Díaz al poder, por sólo nombrar algunos. También, para la historia hidráulica de la cuenca fue un siglo memorable: fue entonces cuando se construyó el Gran Canal del Desagüe y la Obra Magna de Tequixquiac. Y además, sólo hubo una inundación en este siglo.

Esta ocurrió en 1856. Según explica el ingeniero Luis Espinosa, esta inundación se debió, más que a otra causa, a una compañía de vapores. En efecto, a mediados de siglo el canal de la Viga, vía escogida para la navegación entre México y Chalco, fue acondicionado para tal fin, y contribuyó a obstaculizar las defensas de la capital en caso de inundaciones.

Según escribió el propio Espinosa: "En 1856 creció el lago de Texcoco, aproximándose sus aguas a las puertas de la capital, siendo la causa de este conflicto la ampliación que se había dado al canal Nacional (también con ese nombre se conocía al canal de la Vega) en los últimos años, de donde resultó que bajara un exceso de aguas de los lagos el sur"⁴.

INUNDACIONES EN EL SIGLO XX, HASTA 1975.

Al finalizar el siglo XIX, en 1900, el presidente Díaz inauguró una de las obras que él mismo consideró como uno de sus mayores timbres de gloria: el desagüe general del valle por Tequixquiac, incluyendo, desde luego, al Gran Canal.

Por la época de la inauguración, se solía decir que el problema de las inundaciones estaba completamente erradicado de la capital, y es más, que se podía disponer a voluntad del régimen hidráulico de la cuenca.

Esta idea, magnífica ciertamente, estaba desafortunadamente muy lejos de ser real. El problema de las inundaciones no desapareció, aunque, al menos, éstas fueron menos severas y menos frecuentes.

La inundación de julio de 1900 llevó el agua hasta las elevadas plataformas de los tranvías, y esto sucedía tan solo cuatro meses después de la inauguración del Gran Canal.

A fines de ese año, y en 1901, hubo inundaciones en Santa Ana, La Candelaria, Santiago, San Lázaro (punto de arranque del Gran Canal), Los Angeles, La Tlaxpana, Niño Perdido, y en general en la parte sureste de la ciudad.

Al respecto, en 1908 la prensa anunciaba que después de reforzarse los cauces de los ríos, cesarían las inundaciones. Una vez más, el tiempo demostró lo contrario: Fuertes aguaceros en julio de 1910 inundaron Bucareli, Belem, La sexta demarcación, Peralvillo, y La Merced, haciéndose necesaria la participación de los bomberos. En septiembre del mismo año, en el apogeo de las ferias del centenario, se inundaron los entonces pueblos de Mixcoac y La Piedad, principalmente este último.

En 1925, debido a los asentamientos de la ciudad, la red de drenaje estaba ya deformándose. Se hicieron algunas nivelaciones y se encontró que varios colectores se habían hundido 50 cm, por lo que tenían menos pendiente. En ese año, como las lluvias fueron abundantes, hubo inundaciones en algunos rumbos de la ciudad.

⁴Espinosa, Luis. Reseña Histórica y técnica de las obras del desagüe del valle de México. 1902.

El túnel de Tequixquiac empezó a presentar amenaza de derrumbe desde 1930, razón por la cual, en 1937 se inició la perforación del segundo túnel de Tequixquiac, que fue inaugurado en 1946. A los seis meses de haber sido puesto en servicio el segundo túnel, empezaron a producirse derrumbes que obligaron a clausurarlo y poner de nuevo en servicio el primero. El peligro de derrumbe era inminente, y si esto hubiera sucedido, en la imposibilidad de utilizar el segundo, las aguas del valle, incluyendo las negras, no habrían tenido salida y la ciudad, que es actualmente la parte más profunda de la cuenca, se hubiera inundado.

En realidad, en los siguientes años, debido a la anarquía existente en la red de drenaje, llena de fracturas, columpios, contrapendientes, etc., había inundaciones locales en gran parte de la ciudad, pero casi todas ellas eran de pequeña magnitud, aunque había excepciones. Por ejemplo, el primer día de junio de 1937 la ciudad sufrió una inundación más generalizada.

De manera sintetizada, se dirá que en 1941 la ciudad sufrió dos inundaciones; en 1942 hubo otra grave inundación, provocada por el desbordamiento de los ríos que la cruzan; en 1944 se inundó de nuevo debido a las torrenciales lluvias de ese año.

Y siguieron las lluvias y continuaron las inundaciones y los encharcamientos más o menos graves; pero en el año de 1950 las lluvias fueron extraordinariamente abundantes y provocaron inundaciones mayores por diversos rumbos de la ciudad.

El periódico El Universal, por medio de "La Revista de la Semana" dijo al respecto: "La semana pasada, la más abundante precipitación pluvial de los últimos 15 años, según los pluviómetros del Observatorio de Tacubaya, inundó de agua y lodo dos terceras partes de la Ciudad de México. Las consecuencias de este alud sobre la metrópoli mexicana, que no tiene defensa para resistir los fenómenos naturales, fueron desastrosas y funestas. Al finalizar la semana se habían recogido 5 muertos y numerosos heridos, y se había hecho un cálculo aproximado de algunos millones de pesos por pérdidas de muebles, utensilios de casa, productos alimenticios y otros objetos... Las zonas más afectadas fueron las colonias Cuauhtémoc, Condesa, Hipódromo, Escandón, Tacubaya, Roma Sur, del Valle y Narvarte. Esas tres últimas recibieron toda el agua que por los cruceros de Medellín y Monterrey salió mezclada con piedra y lodo; hubo lugares inmediatos al río (de la Piedad) donde el agua alcanzó alturas hasta de 3 m y arrastró automóviles y casas. En la calle de Héroe de 1847, en Tacubaya, murieron sepultados dos hermanos bajo los escombros de una casa que se derrumbó por la presión del agua".

Para 1951, se instalaron bombas en la red de drenaje, pensándose que así se eliminaría el problema de las continuas inundaciones. Pero poco antes de que empezaran a funcionar, la ciudad sufrió una tras otra, dos de las más graves inundaciones, considerando el área inundada.

Estas inundaciones produjeron grandes daños, de mayor magnitud que los ocurridos en junio, septiembre y octubre de 1950. En efecto, julio y agosto de 1951 produjeron las peores inundaciones sufridas en la ciudad en lo que iba del siglo, viéndose afectado, sobretudo, el primer cuadro de la ciudad.

Esa fue la última inundación grave ocurrida en la Ciudad de México hasta 1975, fecha que se ha impuesto como límite a esta reseña. Es en este año cuando se inaugura el sistema de drenaje profundo, marcando el inicio de una nueva historia en el sistema hidrológico de la Cuenca de México.

Después de esta revisión histórica de las inundaciones más relevantes en el Valle de México, principalmente en la capital, podemos observar varias cosas:

1.- La mayoría de las inundaciones fueron de junio a octubre, coincidiendo estas fechas con la temporada de lluvias.

2.- En la cuenca de México, los escurrimientos son torrenciales y las avenidas de corta duración, lo que dificulta su control (y mucho más su aprovechamiento). Por tanto, cuando había una inundación, las aguas se desbordaban tan rápido y con tanta fuerza que las estructuras existentes (diques y calzadas) por lo general resultaban insuficientes.

3.- En un principio, las inundaciones eran debidas ante todo al crecimiento de los lagos. En este siglo, sin embargo, con las lagunas desecadas total o parcialmente, el problema vino de fallas en la red de drenaje, que por otra parte, continuamente era insuficiente para una población rápidamente creciente.

Lo más importante de esto es que fueron precisamente las inundaciones las que dirigieron el desarrollo de las obras en la historia de la cuenca: primero, sólo se hicieron diques y otras obras de defensa, que resultaron insuficientes; luego, culpándose a los lagos, se buscó la forma de desaguarlos, drenando sus aguas fuera del Valle; una vez hecho esto, y como continuaban las inundaciones, el interés se dividió en dos: formar un sistema de control fluvial eficiente y diseñar un drenaje que no presentara problemas.

En el capítulo III de este trabajo se hablará con detalle de todas estas obras, historia tan importante como la desarrollada en esta parte y estrechamente relacionada con ella.

CAPITULO 2.2.- LA HISTORIA RECIENTE.

Se ha hecho ya una revisión histórica de las inundaciones que ha sufrido la Cuenca de México. Desde luego, a pesar de los avances logrados en infraestructura hidráulica, aún se está lejos de poder afirmar que las inundaciones en el Valle han cesado.

La temporada lluviosa de 1992 fue particularmente fecunda en cuanto a inundaciones se refiere. A continuación se presenta una síntesis de las inundaciones sucedidas durante esta temporada de lluvias, basada en las noticias dadas por la prensa nacional, así como noticias relativas al tema.

INAUGURACION DE LA RED DE DRENAJE EN XOCHIMILCO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 8/Mayo/1992

OBSERVACIONES: El regente de la ciudad, Manuel Camacho Solís, inauguró la red de drenaje en Xochimilco, y aseguró que la zona sur-oriente de la capital -Xochimilco, Tláhuac, Coyoacán y parte de Tlalpan- ya no presenta peligro de desbordamiento de ríos ni de inundaciones en temporada de lluvias.

Sin embargo, afirmó que "en la ciudad van a seguir presentándose inundaciones. Hay zonas en barrancas y asentamientos irregulares ubicados en cauces de ríos que siguen siendo peligrosos para sus habitantes. Aunque el riesgo en la capital ha disminuido al mínimo, los encharcamientos seguirán presentándose; incluso el nivel del agua en situaciones extremas puede subir y alcanzar hasta 1 m en algunas zonas".

OBRAS REALIZADAS: En Tláhuac, Xochimilco, Milpa Alta y Tlalpan se introdujo la red de drenaje (primaria y secundaria) y se construyeron plantas de bombeo; además se hicieron tres lagunas de regulación, dos en Xochimilco y una en Tláhuac.

INUNDACIONES EN LA ZONA SUR-ORIENTE DEL DISTRITO FEDERAL.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 7/Junio/1992

ZONAS AFECTADAS: Las colonias Ejercito de Oriente y Ejercito constitucionalista en Iztapalapa, Pantitlán (Nezahualcōyotl) y algunas colonias de la delegación Alvaro Obregón.

OBSERVACIONES: Las lluvias de los últimos días han provocado inundaciones en diversas áreas de la ciudad, sobre todo en la parte sur y oriente, zonas que se caracterizan por bajos niveles de servicio en las redes primaria y secundaria del drenaje.

DAÑOS: Los encharcamientos han afectado numerosas habitaciones en la delegación Iztapalapa, en algunas partes de la Unidad Ejercito de Oriente el agua subió hasta 1.5 m, provocando además embotellamientos en las avenidas de la zona; en la delegación Alvaro Obregón las lluvias causaron el desgajamiento de un cerro.

VIALIDADES AFECTADAS: Los encharcamientos afectaron de manera principal a las avenidas Ermita Iztapalapa y Calzada Zaragoza, además de diversas calles de la zona.

INUNDACIONES EN VARIAS ZONAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 10/Junio/1992

ZONAS AFECTADAS: La mayor parte de la Ciudad de México, sobretudo las zonas norte y oriente; Chimalhuacán, Chalco, Nezahualcōyotl, Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec y Chicoloapan en el Estado de México; en el Distrito Federal las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Coyoacán, y Tlalpan.

OBSERVACIONES: Las lluvias en los últimos días provocaron inundaciones en numerosas zonas del área metropolitana, con alturas promedio de 50 cm en calles y avenidas. Las autoridades declararon que en la mayor parte de las áreas afectadas el drenaje fue insuficiente para coleccionar el agua que se precipitó en la capital. Los bomberos trabajaron hasta muy noche desazolando el alcantarillado, pues la mayoría de las atarjeas estaban bloqueadas por basura.

DAÑOS: Se registraron 150 familias damnificadas, 186 lesionados y 2 personas muertas, además de daños por 2000 millones de pesos. En las colonias populares del Estado de México hubo derrumbes de casas de adobe, madera y láminas, en Nezahualcōyotl y Chalco.

VIALIDADES AFECTADAS: Las avenidas que resultaron más afectadas fueron el Periférico, Churubusco y Tlalpan.

INUNDACIONES GENERALIZADAS EN LA CIUDAD DE MEXICO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 4/Agosto/1992

ZONAS AFECTADAS: Las delegaciones Iztapalapa, Alvaro Obregón, Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc.

OBSERVACIONES: Debido a las intensas lluvias en la mayor parte de la Ciudad de México, se registraron inundaciones y encharcamientos en diversos puntos de la ciudad, que sufrió además congestiones graves.

DAÑOS: En la delegación Alvaro Obregón, algunas construcciones de lámina y madera fueron derribadas por el agua; en la delegación Cuauhtémoc las inundaciones alcanzaron alturas hasta de 1 m; los paraderos de autobuses de Pantitlán e Indios Verdes estuvieron bloqueados por varias horas.

VIALIDADES AFECTADAS: La carretera México-Puebla tuvo que ser cerrada a la altura de Chalco, donde se registraron tirantes de 1.0 m; algunos pasos a desnivel del Periférico y del Viaducto Miguel Alemán resultaron con encharcamientos de 50 cm.

INUNDACIONES EN ATIZAPAN DE ZARAGOZA, ESTADO DE MEXICO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 25/Agosto/1992

ZONAS AFECTADAS: Atizapán de Zaragoza, Valle Dorado, Potrero, Jardines de Atizapán, Condesa, Bosque del Valle, Villa de las Flores, Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla, Calacoaya, Arboledas.

OBSERVACIONES: La precipitación pluvial provocó inundaciones en la Cabecera Municipal y colonias aledañas; el agua llegó a formar una lámina de 1.5 m de altura. Se presentaron desbordamientos en los ríos San Javier y Palomas, que cruzan Atizapán.

DAÑOS: En el hospital de Ginecología ubicado en Av. San Mateo y calle 1, el agua penetró a sus instalaciones alcanzando una altura de 40 cm; el techo del centro comercial Chedraul, de Atizapán, se desplomó; en la colonia El Potrero fue necesario desalojar a 25 familias; según informó la policía municipal, casi 500 000 habitantes quedaron incomunicados durante varias horas.

VIALIDADES AFECTADAS: Avenida José López Portillo, en el municipio de Tultitlán, con tirantes de 30 a 50 cm; también se reportaron encharcamientos severos en diversas calles de Atizapán y Tlalnepantla. Asimismo, la avenida Adolfo López Mateos resultó afectada.

EVALUACION DE LAS INUNDACIONES SUCEDIDAS EL DIA 24.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 26/Agosto/1992

ZONAS AFECTADAS: Los municipios de Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla y Ecatepec.

OBSERVACIONES: La tormenta del Lunes 24 tuvo una duración de 100 minutos, con una precipitación de 31.5 mm en Celacoaya y 66 mm en Arboledas (hace dos años se había registrado 48 mm); provocó el desbordamiento de los ríos Morita, San Javier, Cópore, La Palma y canal de Atizapán; los ríos San Javier y Cópore tienen entubamientos de 1.5 m de diámetro, y según estudios realizados requieren al menos conductos de 4 m de diámetro.

DAÑOS: Se estima que la inundación causó pérdidas por 1000 millones de pesos, y dejó un saldo de 272 familias afectadas.

DESBORDAMIENTO EN ALGUNOS RIOS DE LA CIUDAD.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 24/Septiembre/1992

ZONAS AFECTADAS: Naucalpan, El Molinito, Minas del Coyote, colonia Irrigación (del. Miguel Hidalgo), Cd. Satélite, Indios Verdes, Lomas de Sotelo, Lomas de Chapultepec y otras colonias del Distrito Federal.

OBSERVACIONES: La precipitación pluvial del día 23 fue equivalente al 12% de lo que normalmente se registra en un año en la capital, alcanzando un promedio de 91 lts por metro cuadrado (es decir, 91 mm). La presa Anzaldo, en San Angel, llegó al límite de su capacidad; el caudal conducido por el río Churubusco empezó a brotar por sus alcantarillas a la altura de La Viga; también se desbordaron los ríos Hondo, Blanco, de los Remedios y el canal el Tornillo.

DAÑOS: Se registraron 1 muerto, 500 familias damnificadas, 2 cerros desgajados, desbordamiento de varios ríos e inundaciones en numerosas colonias. En el Molinito y Minas del Coyote (Naucalpan), el nivel del agua subió hasta los 40 cm.

VIALIDADES AFECTADAS: En la avenida Gustavo Baz, a la altura de Echegaray, se produjeron graves encharcamientos; igualmente, el Periférico se inundó de Naucalpan a Satélite; diversas avenidas del Distrito registraron fuertes encharcamientos; por ejemplo, en la colonia Irrigación, hubo hasta 60 cm de agua en algunas calles.

CONTINUAN LAS INUNDACIONES EN ALVARO OBREGON Y NAUCALPAN.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 25/Septiembre/1992

ZONAS AFECTADAS: Naucalpan, El Molinito, Minas del Coyote, Echeagaray.

OBSERVACIONES: Fueron implementados programas de emergencia de desazolve y limpieza del drenaje para evitar que continúen las inundaciones provocadas por las lluvias en los últimos días. Vecinos de la delegación Alvaro Obregón indican que en la delegación cuentan con un Atlas de Riesgos, donde se señalan con claridad cuáles son las zonas riesgosas, en las que cada año se presentan problemas.

DAÑOS: Fue necesario evacuar a 370 personas en Minas del Coyote; en Echeagaray el agua subió 60 cm.

VIALIDADES AFECTADAS: La principal avenida afectada fue el Periférico, en el tramo de Naucalpan a Echeagaray.

MAS PROBLEMAS EN LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 26/Septiembre/1992

ZONAS AFECTADAS: Las colonias San Felipe, La Providencia, Casas Alamán y principalmente San Juan de Aragón.

OBSERVACIONES: Ante las continuas lluvias que se han presentado, los bomberos han tenido que llevar a cabo labores continuas de desazolve del alcantarillado en las partes más críticas de la ciudad.

DAÑOS: En San Juan de Aragón y Nezahualcóyotl muchas viviendas se vieron invadidas por el agua, que alcanzó niveles de 40 y 50 cm.

VIALIDADES AFECTADAS: Las calles de San Juan de Aragón presentaron problemas de encharcamiento, dando lugar a problemas de tránsito en la zona.

CONTINUAN LAS LLUVIAS GENERALIZADAS EN LA CIUDAD DE MEXICO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 27/Septiembre/1992

ZONAS AFECTADAS: Iztapalapa, Atizapán de Zaragoza, Valle de Aragón, Nezahualcóyotl, Unidad Independencia.

OBSERVACIONES: Las inundaciones en la ciudad han continuado, debido a las intensas y continuas lluvias y al mal estado del drenaje, a pesar de que en junio se hicieron obras de limpieza en 23.5 km de la red secundaria (14 colonias); en julio se desazolvó parte del drenaje en Xochimilco y Benito Juárez; en agosto se implementaron varios programas emergentes de desazolve y limpieza.

DAÑOS: EL agua penetró en numerosas habitaciones de las zonas afectadas causando daños cuantiosos; hubo embotellamientos en diversas partes de la capital como producto de los encharcamientos severos que registraron las avenidas.

VIALIDADES AFECTADAS: Principalmente el Periférico, en su cruce con Río San Joaquín.

QUINTO DIA DE LLUVIAS E INUNDACIONES.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 28/Septiembre/1992

ZONAS AFECTADAS: Naucalpan, Chalco y delegación Alvaro Obregón.

OBSERVACIONES: Las inundaciones continúan ante la pertinaz presencia de las lluvias sobre el Valle de México. Los problemas se agudizan por la falta de mantenimiento de la infraestructura hidráulica y la ubicación de habitaciones en zonas riesgosas. El río Hondo, que presentó problemas, no se ha desazolvado desde 1990.

DAÑOS: En Lomas de Tarango (del. Alvaro Obregón) hubo 1 muerto y 3 heridos al desgajarse parte de un cerro. En Naucalpan, casas rudimentarias que se ubicaban en las márgenes del río Hondo fueron derrumbadas por una crecida de dicho río. En Chalco, la laguna de Xico se desbordó inundando numerosas viviendas.

DESBORDAMIENTO DE LA LAGUNA DE XICO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 29/Septiembre/1992

ZONAS AFECTADAS: Chalco y Naucalpan.

OBSERVACIONES: La laguna de Xico, en Chalco, se desbordó inundando una amplia zona; el nivel del agua subió 1 m de altura; se estima que la tormenta que provocó la inundación en Xico tuvo una precipitación equivalente al 9% de lo registrado en el año en la región; existe el riesgo de que la laguna vuelva a desbordarse en su parte oriente. Por otra parte, en Naucalpan continúa la situación de alto riesgo en las colonias Río Hondo y El Molinito, debido a que persiste la amenaza de desbordamientos severos en los ríos Hondo y de Los Remedios. Los trabajos de desazolve en el río Hondo y el canal el Tornillo continúan, pues el lodo arrastrado por las lluvias impide la conducción adecuada.

DANOS: En Xico, la inundación invadió a 100 viviendas y causó daños a 75 familias. En Naucalpan hay cientos de personas damnificadas por los daños de las inundaciones.

EVALUACION DE LOS DANOS EN XICO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 30/Septiembre/1992

OBSERVACIONES: La zona de Chalco se considera de alto riesgo por sus condiciones topográficas, ya que se ubica en una parte baja (recordemos que antiguamente esa región era precisamente el lago de Chalco). Las autoridades del Estado de México indican que una inversión de 4000 millones de pesos es necesaria para rehabilitar los bordos en la laguna de Xico.

DANOS: El área afectada por el desbordamiento de la laguna fue de 2 has., que representan el 5% del total del valle de Chalco. Se teme que puedan existir problemas de insalubridad y epidemias debido a que en la laguna de Xico se descargan aguas residuales de Mixquic y Milpa Alta.

INUNDACIONES EN LA DELEGACION ALVARO OBREGON.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 1/Octubre/1992

ZONAS AFECTADAS: Delegación Alvaro Obregón.

OBSERVACIONES: Las lluvias provocaron encharcamientos de 60 a 80 cm de altura. Se insiste en el alto riesgo de la zona por asentamientos irregulares en barrancas y antiguos cauces.

DAÑOS: El agua penetró en algunas casas provocando pérdidas por varios millones de pesos. Como resultado de los encharcamientos, hubo congestiones en las calles de las zonas afectadas.

VIALIDADES AFECTADAS: Calles de la delegación Alvaro Obregón.

PROPUESTA DE REUBICACION EN XICO Y NAUCALPAN.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 2/Octubre/1992

OBSERVACIONES: Debido a la inundación en Xico, las autoridades han propuesto a los vecinos de la zona una reubicación de sus habitaciones, pues suponen que esta medida sería más económica que la construcción de bordos de contención en la laguna. También en Naucalpan se propone la reubicación de familias asentadas en las márgenes del río Hondo.

CONTINUAN LAS INUNDACIONES EN EL ESTADO DE MEXICO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 6/Octubre/1992

ZONAS AFECTADAS: Naucalpan, Chimalhuacán, Tlalmanalco, Echegaray, Satélite y La Florida.

OBSERVACIONES: La lluvia que cayó durante una hora provocó inundaciones que en Naucalpan alcanzaron los 80 cm de altura; en las casas el agua llegó a de 30 cm, pero en Chimalhuacán los daños en el interior de las habitaciones fueron más severos.

DAÑOS: En Tlalmanalco hubo dos personas muertas; algunas casas de lámina en Naucalpan fueron derribadas por el agua, y en muchas habitaciones más hubo pérdidas por varios millones.

VIALIDADES AFECTADAS: La principal avenida con problemas de inundación fue el Periférico, en el tramo de Echegaray a Satélite, al igual que la Avenida Gustavo Baz, a la altura de Echegaray.

INUNDACION SEVERA EN LA COLONIA ATLAMAYA.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 13/Octubre/1992

ZONAS AFECTADAS: Colonia Atlamaya, en la delegación Alvaro Obregón.

OBSERVACIONES: La tempestad inició a las 22:00 hrs, y hora y media después se tenía un registro de precipitación de 85 mm. El nivel en la presa Tequilazco subió 10 m; la presa reguladora La Mina se desbordó. Se hicieron refuerzos de emergencia a la presa Tequilazco; cuyas compuertas estaban obstruidas por lodo y basura.

DAÑOS: Como consecuencia del fenómeno se tienen 200 familias damnificadas, inundaciones severas en 70 casas, 55 automóviles atrapados entre toneladas de lodo arrastrado por las aguas. Además de los daños en Alvaro Obregón, las fuertes precipitaciones causaron encharcamientos de hasta 40 cm en las delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza y Miguel Hidalgo.

VIALIDADES AFECTADAS: Periférico sur, Avenida Revolución, Insurgentes y numerosas calles de la delegación Alvaro Obregón, principalmente.

EVALUACION DE DAÑOS EN ATLAMAYA.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 14/Octubre/1992

OBSERVACIONES: De 1981 a 1992 han ocurrido cinco desbordamientos de ríos y presas en la zona: tres en Atlamaya y dos en Las Flores. El principal problema en Atlamaya es que el fraccionamiento se encuentra ubicado sobre el cauce de un río. Vecinos del lugar indican que en algunos momentos el agua subió hasta 4 m. Al mediodía del 14, aún existía riesgo en algunas zonas. La D.G.C.O.H. ratificó que el problema no se debió a averías en Tequilazco, sino que la inundación se debió al desbordamiento de la presa La Mina, debido a la intensa precipitación pluvial. La situación se complica además por el proceso de urbanización en las zonas montañosas de la parte alta de la subcuenca.

INUNDACIONES EN EL NORTE DE LA CIUDAD.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 15/Octubre/1992

ZONAS AFECTADAS: Ecatepec, Santa Clara, Tlalnepantla, Xalostoc, Indios Verdes, Naucalpan.

OBSERVACIONES: Una torrencial lluvia que cayó sobre la parte norte de la ciudad desde las 17:00 hrs hasta las 22:00 hrs causó encharcamientos e inundaciones en la región.

DAÑOS: Los paraderos de autobuses de las estaciones Indios Verdes y Martín Carrera estuvieron encharcados durante horas, impidiendo el servicio de autobuses; también hubo problemas viales en Xalostoc y Santa Clara; Indios Verdes y San Juan Ixhuatepec quedaron incomunicados, pues la zona prácticamente se convirtió en una laguna con tirantes que alcanzaron 1 m de altura. Se reportó que el drenaje fue insuficiente en Vía Morelos, Vía José López Portillo, y Avenida Centenario y Avenida Central en la parte oriente de Ecatepec.

VIALIDADES AFECTADAS: La carretera México-Pachuca estuvo bloqueada del km 8 al km 21, pues registró inundaciones de 30 a 50 cm de altura; la avenida Central y Vía Morelos, en Ecatepec, con 40 a 80 cm; Vía José López Portillo, Avenida Centenario y Avenida Central también resultaron afectadas.

DESBORDAMIENTO DEL RIO SAN JAVIER.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 16/Octubre/1992

ZONAS AFECTADAS: El Potrero, México Nuevo, Jardines de Atizapán, Calacoaya, Acacias y la cabecera municipal de Atizapán.

OBSERVACIONES: Debido a las intensas lluvias, los ríos Cópore, La Palma y San Javier se desbordaron; la inundación consecuente llegó en algunos puntos a 1.5 m de altura.

DAÑOS: EL fenómeno provocó inundaciones en cinco colonias y cien casas dañadas, así como tres personas muertas.

VIALIDADES AFECTADAS: Las avenidas Adolfo Ruíz Cortines, Jardines de Atizapán y Adolfo López Mateos registraron encharcamientos de 15 a 30 cm de altura.

INUNDACION SEVERA EN ATIZAPAN.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 17/Octubre/1992

ZONAS AFECTADAS: Atizapán de Zaragoza, Villa Nicolás Romero y Tepetzotlán.

OBSERVACIONES: La fuerte tormenta que cayó ayer en la zona provocó inundaciones de hasta 1.0 m; según estudios realizados la situación fue más grave porque la precipitación pluvial cayó aguas abajo de la presa La Concepción, por lo que ésta no pudo cumplir con su función reguladora. Los vecinos del lugar señalaron que en menos de 2 años la zona ha sufrido 4 inundaciones severas.

DAÑOS: Los daños en la zona fueron de 7 personas muertas, 2000 damnificados, 37 vehículos inutilizados por toneladas de lodo y 400 viviendas inundadas, en las que resultaron rotas puertas, ventanas y demás enseres.

NUOVA TORMENTA INUNDA MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MEXICO.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 19/Octubre/1992

ZONAS AFECTADAS: Los municipios de Atizapán, Tepetzotlán, Coyotepec y Cuautitlán Izcalli.

OBSERVACIONES: La precipitación pluvial tuvo una duración de una hora y causó inundaciones que llegaron a 1.0 m de altura, principalmente en Coyotepec; en Huehuetoca hubo alturas de 30 a 40 cm. La Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (C.E.A.S.) señaló que las inundaciones en Atizapán -zona en donde normalmente no se tenían problemas de este tipo- indican una saturación del drenaje.

DAÑOS: 500 viviendas resultaron inundadas.

VIALIDADES AFECTADAS: La avenida José López Portillo tuvo encharcamientos hasta de 40 cm.

FALLAS EN EL DRENAJE DE ECHEGARAY.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 30/Octubre/1992

ZONAS AFECTADAS: Ciudad Satélite y EcheGARAY

OBSERVACIONES: Una tormenta de sólo 20 minutos provocó encharcamientos de hasta 50 cm de altura. Las autoridades señalaron que en esta ocasión el problema fue consecuencia de los drenajes azolvados en EcheGARAY, que por tanto no tuvieron la capacidad de conducción requerida.

DAÑOS: Los encharcamientos provocaron fuertes congestionamientos viales en la zona.

VIALIDADES AFECTADAS: La avenida Gustavo Baz, a la altura de EcheGARAY; también hubo encharcamientos en la carretera México-Querétaro.

ENCHARCAMIENTOS EN NEZAHUALCOYOTL.

FUENTE: La Jornada.

FECHA: 4/Noviembre/1992

ZONAS AFECTADAS: Resultaron afectadas 20 colonias del municipio de NezahualcÓyotl.

OBSERVACIONES: El drenaje azolvado de la zona, aunado con una fuerte precipitación de 3 hrs, provocó encharcamientos de 40 cm de altura, que en algunos puntos llegaron hasta 1.0 m.

DAÑOS: El agua penetró en numerosas casas habitación causando daños de varios millones de pesos.

Las noticias anteriores nos dan valiosa información acerca de las inundaciones en el Valle de México:

En primera instancia vemos que las precipitaciones fuertes se dan en el suroeste de la cuenca, es decir, sobre la Ciudad de México.

También es notable que existen zonas muy localizadas dentro del área metropolitana que de forma más o menos continua presentan problemas de inundaciones. Entre estas zonas podemos mencionar la delegación Alvaro Obregón, Naucalpan, Chalco, el río Hondo y EcheGARAY. Asimismo, hay que decir que una zona tradicionalmente inundable como lo era Xochimilco, en esta temporada no tuvo problemas graves; esto se debió sobretodo a la introducción de la red de drenaje en el área.

Además, es notable que en toda la ciudad existe un fuerte problema de azolvamiento del drenaje; de igual forma, las presas existentes y conducciones a cielo abierto sufren también de falta de capacidad por los sólidos acumulados.

Finalmente, es conveniente señalar que si bien la mayoría de las inundaciones y encharcamientos son debidos al problema del drenaje, las situaciones más catastróficas son producto de los desbordamientos de ríos y presas; para apoyar esta aseveración, basta recordar que en esta temporada de 1992, las dos inundaciones más graves fueron de este tipo: el desbordamiento de la laguna de Xico, en Chalco (29/Septiembre/1992), y el desbordamiento de la presa La Mina, que afectó profundamente a la colonia Atlamaya, en la delegación Alvaro Obregón (13/Octubre/1992).

CAPITULO III.

MEMORIA DE PROYECTOS
Y OBRAS ANTIGUAS.

CAPITULO III.- MEMORIA DE PROYECTOS Y OBRAS ANTIGUAS.

Muy ligada con la historia de las grandes inundaciones que ha sufrido la Ciudad de México, es la historia del desagüe de ésta. De hecho, las obras de drenaje de que ha sido objeto la ciudad, se deben a las grandes inundaciones que la han afectado desde la época de la colonia hasta la fecha.

Innumerables han sido los esfuerzos a lo largo de la historia por desaguar la laguna sobre la que fue construida la ciudad y evitar con ello grandes desastres.

A lo largo de esta reseña histórica nos daremos cuenta de que a cada paso era necesario modificar las defensas de la ciudad, primero pensando sólo en protegerla y luego en desaguar el valle, siendo necesario, además, reparar continuamente las obras anteriores. Es esta una larga historia, y que hoy día aún no termina.

OBRAS HIDRAULICAS EN EL PERIODO PREHISPANICO.

Parece ser que la primera obra para defensa contra inundaciones de grandes proporciones hecha en Tenochtitlan fue la realizada durante el reinado de Itzcóatl (1427-1440). Este dique medía 10 m de ancho. Sin embargo, esta obra no fue suficiente para proteger a la ciudad de la inundación ocurrida en 1449.

1.- ALBARRADON DE NEZAHUALCOYOTL. El dique o albarradón de Nezahualcóyotl hecho en 1449 fue sin duda la obra hidráulica más importante de los pueblos indígenas a lo largo de su historia. Según describe Fray Juan de Torquemada¹: "a los nueve años del reinado de Moctezuma el Viejo (Ilhuicamina), crecieron tanto las aguas de la laguna que se anegó toda la Ciudad, y Nezahualcóyotl que sentía esta ruina, trató con Moctezuma de hacer una cerca de madera y piedra y en unión de los demás señores, comenzaron la Albarrada Vieja". Al parecer, este dique tenía una longitud de 16 km, 6 m de ancho (algunos autores lo suponen de 4 m) y una altura variable, pero suficiente para formar un embalse de 4 m de profundidad.

¹Torquemada, Fray Juan de. Monarquía Indiana, tomo I. 1969

El dique dividió desde entonces el lago de Texcoco, que era salado, de los lagos dulces en la parte occidental, a los que en general se les dio el nombre de laguna de México. Por esto, no sólo fue remedio contra inundaciones, sino que también contribuyó a que el agua que rodeaba a Tenochtitlan se tornara menos salobre, lo cual vino en beneficio de los cultivos y del desarrollo de los peces.

Algunos cronistas, como Durán y Tezozómoc, no mencionan al dique de Nezahualcóyotl, y en cambio sí dan noticia de que Ahuizotl ordenó la construcción de una albarrada. El mismo Torquemada, al hablar de los tiempos de Ahuizotl, dice lo siguiente: "en tiempo de este rey (1498) fueron tantas las aguas, que llovió un año, que creció la laguna mexicana,...e hicieron traer madera y piedra, e hicieron la Albarrada Vieja que divide la laguna salobre de la dulce". Los datos anteriores son contradictorios, y de ello podría deducirse que quien construyó el albarradón fue Ahuizotl y no Nezahualcóyotl. Sin embargo, Luis González Obregón² resuelve esta confusión al afirmar que Ahuizotl no construyó un nuevo albarradón sino que sólo reparó el antiguo. En realidad, esta tesis es la más difundida y aceptada.

A pesar de que existen varias versiones de su ubicación, parece ser que el gran dique iba de Tepeyac hasta Ixtapalapa, recorrido que cubre los 16 km de longitud mencionados por Tezozómoc.

2.- ALBARRADÓN DE SAN LAZARO. El albarradón de San Lázaro, otro famoso dique, circundaba a la ciudad por el oriente, y en general se cree que fue hecho por el virrey Luis de Velasco, con la finalidad de proteger a la ciudad de las inundaciones. A pesar de esta idea, es probable que el dique fuera de origen prehispánico, como lo afirmó el indígena Francisco Hernández en el curso de una información testimonial hecha en 1630. Hernández afirmó que "la albarrada de San Lázaro no la habían hecho los indios para defenderse de inundaciones, sino para que las aguas de la laguna no se mezclasen con la dulce. El señor Don Luis de Velasco la halló hecha y la renovó".

El albarradón de San Lázaro formaba parte de un primer sistema de retención de aguas, integrado por el propio albarradón y las calzadas de Tepeyac e Ixtapalapa. Con este dispositivo se podían retener las aguas de los ríos Tlalnepantla, los Remedios, San Joaquín, Tacubaya y Churubusco.

²González Obregón, Luis. Reseña Histórica del Desagüe del Valle de México. 1902

3.- ALBARRADON DE MEXICALTZINCO. Los lagos de Chalco y Xochimilco se comunicaban con el de Texcoco por una boca de más de tres kilómetros de amplitud. En el extremo oriental de esta boca, estaba el pueblo de Mexicaltzinco. Los indígenas cerraron la mayor parte de esta boca por medio de un dique-calzada que tenía la doble función de facilitar el manejo de las aguas para protección de los moradores de los pueblos lacustres y la de comunicar Tenochtitlan con Ixtapalapa y las regiones orientales del Valle de México.

Es de suponerse que este dique fue construido antes que el de Nezahualcóyotl, ya que si, por el contrario, primero hubiese sido construido este último, no hubiese sido una obra de protección, ya que las aguas de los lagos dulces de Chalco y Xochimilco hubieran podido penetrar en la laguna de México sin obstáculo alguno y causado la inundación de la ciudad.

Las tres grandes obras descritas, el albarradón de Nezahualcóyotl, el sistema de dique del albarradón de San Lázaro y el de Mexicaltzinco, formaban un conjunto colosal de estructuras hidráulicas de funcionamiento impecable, conjunto que revela cómo los aztecas concibieron planes de desarrollo de gran alcance, debidamente jerarquizados y programados en el tiempo.

Primero construyeron el sistema de retención de San Lázaro, capaz por sí solo de proteger a la ciudad y de mejorar la calidad de las aguas de la laguna. Posteriormente construyeron el dique, y a la vez calzada, de Mexicaltzinco, obra que regulaba las aguas de los lagos dulces y que impedía que éstas pusieran en peligro a la isla de México. Y por último, llevaron a cabo la gran obra del Albarradón Viejo o de Nezahualcóyotl, máxima obra hidráulica que, por medio de la captación total de las aguas de los lagos dulces, ampliaba considerablemente la superficie de la laguna de México y mejoraba en forma sustancial la calidad de sus aguas; a la vez que, como dique, protegía contra inundaciones a la gran ciudad. Toda esta secuela de obras, aplicadas al mejoramiento de un pueblo y de su región, revelan, por sí solas, la prodigiosa civilización alcanzada por nuestros antepasados indígenas.

Sin duda, estos tres diques fueron las obras más representativas del control de inundaciones en el período prehispánico, pero ciertamente no fueron las únicas. Otras albarradas importantes se mencionan a continuación.

ALBARRADON DE IXTAPALAPA. La ciudad de Ixtapalapa, construida en la margen sur del lago de Texcoco, tenía un albarradón que la protegía, según lo dice Orozco y Berra en su "Historia Antigua y de la Conquista de México", donde señala: "Las casas, unas en el agua, las otras en tierra firme, quedaban defendidas de las inundaciones por medio de un dique que represaba la laguna salada".

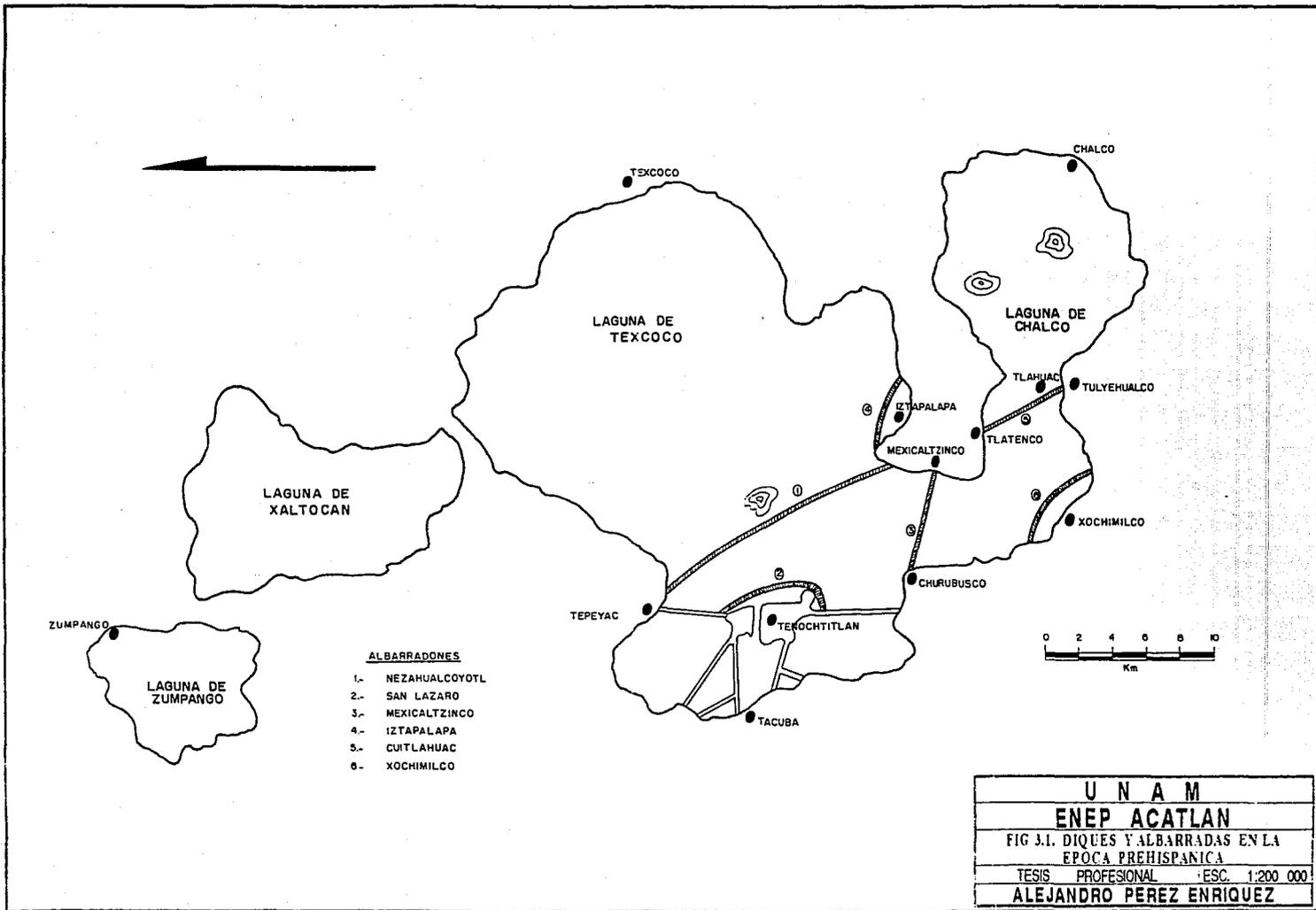
ALBARRADON DE CUITLAHUAC. Otra de las obras que demuestran la previsión de los antiguos mexicanos es el dique-calzada de Cuitláhuac o Tláhuac, como hoy se llama al poblado que estuviera en una isla en el centro del lago dulce. El dique unía las dos orillas del poblado Tlatenco en la orilla norte, y llegaba a Tulyehualco en la sur. La obra servía fundamentalmente para regular las aguas del lago manteniendo los niveles más convenientes para satisfacer las necesidades de la región, y también como vía de comunicación para unir más fácilmente a los poblados de la región de Chalco con Tenochtitlan.

El albarradón se construyó probablemente después de la conquista de Cuitláhuac por Itzcóatl, pues para hacer esta conquista, según lo relatan varios cronistas, los ejércitos aztecas tuvieron que trasladarse en canoa, a falta de calzada.

Se desconoce la fecha precisa en que se construyó el albarradón; sin embargo, no cabe la menor duda de que existió antes de la conquista, pues Cortés lo describe -aunque sin mencionar su nombre- con toda claridad.

ALBARRADON DE XOCHIMILCO. Es probable que rodearan a Xochimilco y sus chinampas diversos diques que servían para retener y regular las aguas de los manantiales que brotaban en las proximidades de Xochimilco. El principal albarradón del sistema fue probablemente un dique, el cual también servía de calzada, que unía en línea recta los pueblos de Tetelpa y Atlapulco pasando por Xochimilco. Este dique formaba un vaso que podía captar todas las aguas de los manantiales mencionados. De la existencia de esta obra no hay constancias documentales, pero se le puede ver, aunque mal dibujada, en el plano atribuido a Alonso de Santa Cruz, en el que también se ve un manantial de importancia que desagua dentro del vaso formado por ese dique.

Las principales de estas estructuras se muestran en la figura 3.1, en el que podemos ver su probable ubicación.



ALBARRADONES

- 1.- NEZAHUALCOYOTL
- 2.- SAN LAZARO
- 3.- MEXICALTZINCO
- 4.- IZTAPALAPA
- 5.- CUITLAHUAC
- 6.- XOCHIMILCO

U N A M	
ENEP ACATLAN	
FIG 3.1. DIQUES Y ALBARRADAS EN LA EPOCA PREHISPANICA	
TESIS	PROFESIONAL ESC. 1:200 000
ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ	

OBRAS REALIZADAS DURANTE EL SIGLO XVI.

A la caída de la gran Tenochtitlan en poder de los españoles, Alonso García Bravo, por órdenes de Hernán Cortés, realiza la traza de lo que sería la Capital del Virreynato sobre las ruinas de la antigua ciudad.

Alexander Von Humboldt expresó la idea de que era lógico y natural que en un principio se recurriera al sistema de diques o albardones, dado que Tenochtitlan era una ciudad lacustre en la que sus habitantes estaban acostumbrados a ese género de vida y a navegar en canoas, por lo que miraban con cierta indiferencia los efectos de las inundaciones; por tanto, nunca tuvieron la idea de sacar las aguas del valle, sino sólo de contenerlas. Para ello construyeron los diques, calzadas y albardones de los que se habló en párrafos anteriores.

Después de la conquista, las autoridades españolas siguieron el sistema de los mexicas, hasta la inundación de 1555.

Desde 1521 a 1540 no hubo ninguna inundación que pusiera en peligro a los habitantes de la nueva ciudad española. Antes bien, las aguas de los lagos disminuyeron poco después de la conquista. Torquemada hace constar este hecho: "comenzó a menguar el agua de esta laguna el año de mil quinientos veinticuatro, y han ido en grandísima disminución las aguas desde entonces, y es en tanta manera que casi la más de la laguna dulce, por las partes del norte y del poniente está seca, y enjuta, y la salada muy resuelta y encogida, dejando grandes playas secas y enjutas".

Decimos que hasta 1540 no hubo ninguna inundación, pero en los últimos años se había observado que en la temporada de lluvias, el torrente de los ríos que desaguaban en los lagos, hacía crecer peligrosamente el caudal de los canales y acequias que atravesaban la ciudad.

Es hasta 1541, en la temporada de lluvias, cuando el ayuntamiento se dirige al virrey Antonio de Mendoza (1535-1550) pidiéndole que tomara precauciones necesarias para evitar que las aguas ocuparan la ciudad. Como resultado de esta gestión, el virrey mandó hacer algunas obras de poca importancia, tales como la reparación de algunos puentes y calzadas.

En 1552 el Ayuntamiento hizo una nueva representación, ahora ante el virrey Luis de Velasco (1550-1564), insistiendo en la necesidad de salvaguardar a la ciudad de las inundaciones, pero como las lluvias no fueron copiosas en los dos años siguientes, sólo se hicieron pequeñas obras. Por otra parte, hay que pensar que los conquistadores no habían tenido la experiencia de lo que significaba una inundación; he ahí el porqué de cierta despreocupación hacia ese problema.

El 17 de septiembre de 1555 se registró una tormenta de gran intensidad provocando tal inundación que el virrey Luis de Velasco, ante un hecho tan inesperado, pero consciente del riesgo que corría la ciudad y sus construcciones, inició las gestiones convocando a una junta el 23 de octubre, con los regidores, pidiendo consejo acerca de las medidas que debieron tomarse para evitar continuaran las aguas invadiendo la ciudad, así como para prevenirle de un nuevo peligro.

Los regidores procedieron a formular un plan de los trabajos que debieran realizarse para evitar mayores perjuicios a la ciudad, controlando las aguas de los lagos, para lo cual proponían cerrar compuertas en los diques y calzadas, las que serían reforzadas, ampliadas y subida su altura. Todas estas proposiciones fueron aceptadas por el virrey Velasco, quien además ordena la reconstrucción del Albarradón de San Lázaro, finalizada en 1556.

En esos años, Francisco Gudiel presenta a las autoridades virreynales un muy bien pensado y estudiado proyecto, que contiene apreciaciones y sugerencias en verdad notables para su época. Su proposición era la del desagüe general del Valle de México, y no sólo el librar a la ciudad de inundaciones, por medio de diques. Al mismo tiempo decía que las aguas de los lagos podían aprovecharse para riego, desviando al río Cuautitlán que era el principal afluente de la cuenca y descargar sus escurrimientos en el río Tepejí.

La comprobación de que Velasco aceptó el proyecto de Gudiel, según indica González Obregón, son las cartas que el virrey dirigió al corregidor de Atengo, en las que le ordena se desagüe el río Cuautitlán y se cierre el puente de Ecatepec.

Pero el proyecto del español Francisco Gudiel se olvidó, en virtud de que durante un largo período de años las lluvias no fueron abundantes, y los ciudadanos se despreocuparon y casi olvidaron un problema que estaba latente, y que en cualquier momento podía volver a presentarse.

Gobernaba el virrey Martín Enríquez de Almanza, cuando volvieron a presentarse las inundaciones en 1579, cosa que se agravó en 1580. A principios de este año, el virrey ordena localizar el sitio de drenaje de los lagos del Valle de México de acuerdo al proyecto que propusiera Francisco Gudiel a las autoridades. Claudio Arciniega entregó un proyecto que en esencia era igual al de Gudiel.

Fue imposible iniciar las obras ese año ya que la población nativa se vió diezmada a causa de varias epidemias. Así, las únicas obras hidráulicas realizadas en ese año fueron el levantamiento del nivel de las calzadas, desazolvar los ríos y reparar las albarradas.

PRIMERA OBRA DE DESAGUE EN EL SIGLO XVII: NOCHISTONGO.

En 1604 la capital de la Nueva España sufrió otra inundación², de la que fue testigo presencial Fray Juan de Torquemada, cuya descripción ya ha sido expuesta en el capítulo II de este trabajo.

A raíz de esta inundación, el virrey Montesclaros ordenó la reparación del Albarradón de San Lázaro, que se encontraba casi inutilizado, pues la gente de la ciudad lo había venido destruyendo poco a poco llevándose las piedras y la tierra. Afortunadamente la reparación salvó esa obra, tan útil a la ciudad. Simultáneamente se iniciaron los trabajos de reconstrucción de la calzada Tepeyac o Guadalupe y la de San Cristóbal.

Considerando el virrey que las medidas tomadas, aunque necesarias, sólo desplazaban el problema, resolvió proponer se hiciera el desagüe perpetuo y general.

En el año de 1607 la Ciudad de México, entonces Nueva España, sufrió la primer gran inundación de la historia colonial. El Virrey Luis de Velasco, hijo del que había mandado reconstruir el Albarradón de San Lázaro en 1555, recién había ocupado nuevamente el cargo de virrey. Encargado de la administración de la ciudad de aquel año, manifestaba que las obras de calzadas, diques y albardadas, así como el cierre de compuertas y demás medidas tomadas no habían salvado a la ciudad de la inundación, proponiendo que quizá se pudiera realizar el desagüe de la laguna por alguna parte.

Se convocó a que se presentasen varios proyectos para lograr tal objetivo, instalándose para ello una comisión permanente. Se presentaron varios trabajos. Unos proponían el desagüe por la parte del oriente y sur, creyendo hacer verter a la cuenca hacia la tierra caliente de la provincia de Chalco, hasta comunicarla con alguno de los ríos que llevaban sus aguas al océano Pacífico; otros pensaban encaminarla por Acolán y Tecomoc; y otros, en fin, llevarla hacia el rumbo del norte por Zumpango, Huehuetoca y Nochistongo, a comunicarla con el río Tula, que va a desembocar finalmente al Golfo de México por medio del río Pánuco.

²Es interesante observar que a partir de 1555, se dan dos inundaciones con intervalos de 24 años: una en 1579-1580 y otra en 1604.

Cada postulante apoyaba su proyecto con mapas y medidas, al tiempo que pretendía demostrar la imposibilidad de los demás, con las mejores razones que encontraba; sin embargo, era muy sensible entre todos la mayor posibilidad del de Huehuetoca, y nadie se atrevía a disputarle que, aunque fuese físicamente imposible verificar por esta vía el desagüe general de la cuenca, era muy posible drenar por allí la laguna de Zumpango, y sobre todo el río Cuautitlán, que justamente se había tenido por el mayor enemigo de la ciudad.

Finalmente fue elegido el plan de Enrico Martínez, quien proponía hacer el desagüe por la parte de la laguna de San Cristóbal Ecatepec, pueblo de Huehuetoca, en el sitio llamado Nochistongo.

No es que la solución que él proponía, de un túnel que saliera de Nochistongo hacia el norte, fuese nueva, pues se recordará que Francisco Gudiel, primero, y luego Claudio Arciniega, habían presentado proyectos muy similares, pero ahora Martínez la corroboraba con un conjunto de datos y mediciones razonablemente precisos.

Cuando esta obra se comenzó, en 1607, se tenían dos fines: el primero y principal era quitar la laguna de México y asegurar a la ciudad de alguna inundación; el segundo era que por si sucedía algún percance, que la obra por lo menos pudiese desaguar la laguna de Zumpango.

Uno de los puntos que se aprobaron del proyecto fue lo relativo a evitar que el río Cuautitlán llegara a la laguna de Citlaltepec, y fuera desviado hacia Huehuetoca y Nochistongo y darle salida por el río Tula, ya que se consideraba que el río Cuautitlán era el causante del aumento del nivel del lago y, por ende, de las inundaciones de la ciudad.

La obra en sí llevó menos de un año y consistía en un tajo a cielo abierto de unos 6200 m de Zumpango a Huehuetoca, un túnel de una extensión total de 6600 m de largo, con una sección transversal de 10.5 m², que sería excavado por tramos, bajando por lumbreras, y finalmente otro canal de 660 m, que llevaba las aguas desde la salida del túnel hasta el río Tula.

Quizá resulte interesante escuchar al propio maestro del desagüe quien da las medidas y formas de los trabajos realizados del 29 de noviembre de 1607 al 17 de septiembre de 1608: "De la laguna de Zumpango a Nochistongo, 15 950 varas". De éstas, 7 500 van a tajo abierto de la orilla de la laguna de Zumpango, hasta Huehuetoca, con más de 13 varas de fondo. El socavón, que se inicia al terminar el tajo abierto, tiene de largo 7,670 varas, en donde se abrieron 42 lumbreras anchas y cuadradas, que llegan hasta el piso del socavón, por las que entra la luz y se saca tierra; la más profunda tiene 57 varas de fondo. Desde el remate del socavón, hay otras 780 varas de zanja o tajo abierto, que camina hasta Nochistongo, con hondura de corriente perfecta para el desagüe de la laguna de México".

El virrey Velasco inauguró los trabajos el 29 de noviembre de 1607, dando él la primera azadonada. Al iniciarse la construcción, Enrico Martínez decidió no hacer socavón, sino hacerla a tajo abierto, debido a la cantidad de agua existente. Según informó el propio Martínez: "De Huehuetoca se fueron ahondando las lumbreras, hasta que el agua impedía los trabajos. De tal manera que las últimas 17 lumbreras y el tajo abierto del fin de la obra está más bajo que el agua de la laguna de México".

Una vez terminada la obra, ésta recibió numerosas críticas por diversos derrumbes y azolves sufridos a lo largo de los años, desde 1609, por lo que se tenían que hacer nuevas obras de reparación. Esto ocasionó mayores comentarios por parte de algunos expertos en la materia, llegando hasta oídos de España, decidiendo la corona española enviar en 1614 al experto holandés Adrián Boot, para que hiciera una evaluación definitiva del desagüe de Nochistongo.

Una vez hecha la revisión, el dictamen fue definitivo: el proyecto no garantizaba librar del peligro a la ciudad. Enrico Martínez, al oír esto, dice que con recursos y personal suficiente puede reparar el túnel y que en dos años el desagüe funcionará perfectamente. El nuevo virrey, el arzobispo García Guerra ordena que aprisionen a Martínez, quien tuvo que dar parte de su salario para poder quedar libre. Fueron por lo tanto paradas las operaciones de reconstrucción para analizar más a fondo las ventajas y desventajas de la obra.

Por su lado, Boot propone cercar la ciudad con diques, y sacar por encima de ellos el agua, por medio de bombas; obras que implican un costo y una duración mayores que las reparaciones propuestas por Enrico.

*Una vara es aproximadamente igual a 85 cm.

Hubo un nuevo enfrentamiento entre diversos especialistas, quienes daban diversas soluciones desde su punto de vista, lo que retrasaba y hacía nulos todos los esfuerzos para resolver el problema del desagüe. El virrey, para no comprometerse, enviaba a España numerosos expedientes, lo que volvía todo aún más confuso y lento. De hecho, se recibió de Madrid en 1616 una providencia que mandaba proseguir el desagüe de Huehuetoca, pero esto sólo se dio a conocer hasta 1620.

En 1621 llegó a La Nueva España un nuevo virrey, el marqués de Gelves. Hasta 1622 decidió ocuparse del desagüe. Visitó las obras realizadas acompañado de Martínez y Boot; confundido por las opiniones encontradas, ordenó por su propia cuenta cerrar todas las obras de desagüe, para cerciorarse él mismo si era cierto el peligro al que se enfrentaba la ciudad. Con ello originó una verdadera catástrofe, sumiendo a la capital en una inundación que se prolongó por más de seis años.

En 1623, Martínez y Boot examinaron las marcas colocadas cuando se cerraron las obras y descubrieron que las aguas estaban a punto de desbordarse. Se hicieron de nuevo investigaciones acerca de las causas de las inundaciones, existiendo una vez más diversas contradicciones, ya que unos aseguraban que el peligro de inundación procedía del sur y Enrico Martínez afirmaba que era el río Cuautitlán, al norte, el que provocaba la inundación.

DE 1624 a 1627 todo fue inactividad. En 1626 y 1627 sólo se hicieron obras insignificantes. Como resultado de las disposiciones de Gelves, las lagunas estaban colmadas y las acequias no podían desaguar en ellas, revertiéndose e inundando la ciudad.

En octubre de 1627 vuelven a inundarse los barrios bajos de la ciudad. El Cabildo se acuerda de la cédula de 1616, en la que el rey ordenaba continuar el desagüe "hasta que quede perfecto y acabado de todo punto". Así, a fin de evitar daños mayores se propuso arreglar calzadas, construir la presa que se llamó del Rey, para controlar el río de las Avenidas de Pachuca; que se prosiguiese el desagüe por Huehuetoca, y que se reparara la rotura del albarradón que represaba al río Cuautitlán.

Todas las obras se fueron haciendo hasta mediados de 1629. Pero al hacer estas reparaciones, se tapó la boca del desagüe, penetrando las aguas del río Cuautitlán a la laguna de Zumpango, San Cristóbal y México, anegándose de nuevo la ciudad, quedando prácticamente bajo las aguas del lago, y así estuvo inundada durante cinco años más.

Se planteó una vez más cambiar de sitio a la ciudad, desistiendo de la idea en 1631. Se formó una comisión de expertos para tratar de resolver el problema, decidiendo continuar con el desagüe de la laguna por Huehuetoca. Nuevamente, la obra recibió numerosas críticas, pero aún así se continuó.

En 1632, con la muerte de Enrico Martínez terminaba el periodo más trascendente de la obra de desagüe del Valle de México, más extraordinaria aún si tomamos en consideración la época en que fue realizada y los medios técnicos de que se disponían.

Por junio de 1633, con la ciudad todavía inundada, el jesuita Bernabé Cobo, visitó el desagüe para ver si había otra parte por donde hacerlo y el lugar donde podía cambiarse la ciudad, en caso de necesidad. Un nuevo virrey, el de Cadereita, ordenó reparar las calzadas, albarradas y diques, así como el desazolve de las acequias.

Antes de iniciar los trabajos, el virrey mandó que se hiciera un acopio exhaustivo de toda clase de documentos e información sobre el desagüe, para informar a los participantes en una junta que convocó en 1637².

En dicha reunión se consideraron tres puntos: primero si, para preservar a México de las inundaciones, sería útil mantener el túnel de Huehuetoca; si haciéndolo abierto y de mayor profundidad y anchura sería suficiente para desaguar la laguna de México; y si así fuera, si sería posible conservarlo. El segundo discutía la factibilidad de conservar a México con diques si no se lograra por Huehuetoca o por otro camino la salida total de las aguas de la cuenca. El tercer tema preguntaba si siendo imposibles los dos puntos anteriores, sería necesario mudar la ciudad a otro sitio, que se proponía estuviese en los llanos entre Tacuba y Tacubaya.

En la junta se presentaron muchas opiniones acerca de si debía optar por el desagüe general o sólo por reparar albarradones, diques, etc. El virrey decidió que se continuara con el desagüe por Huehuetoca. La novedad que contenía esta disposición era que se abandonara en definitiva la obra del túnel y que se hiciera todo a cielo abierto, profundizando y ensanchando al tajo.

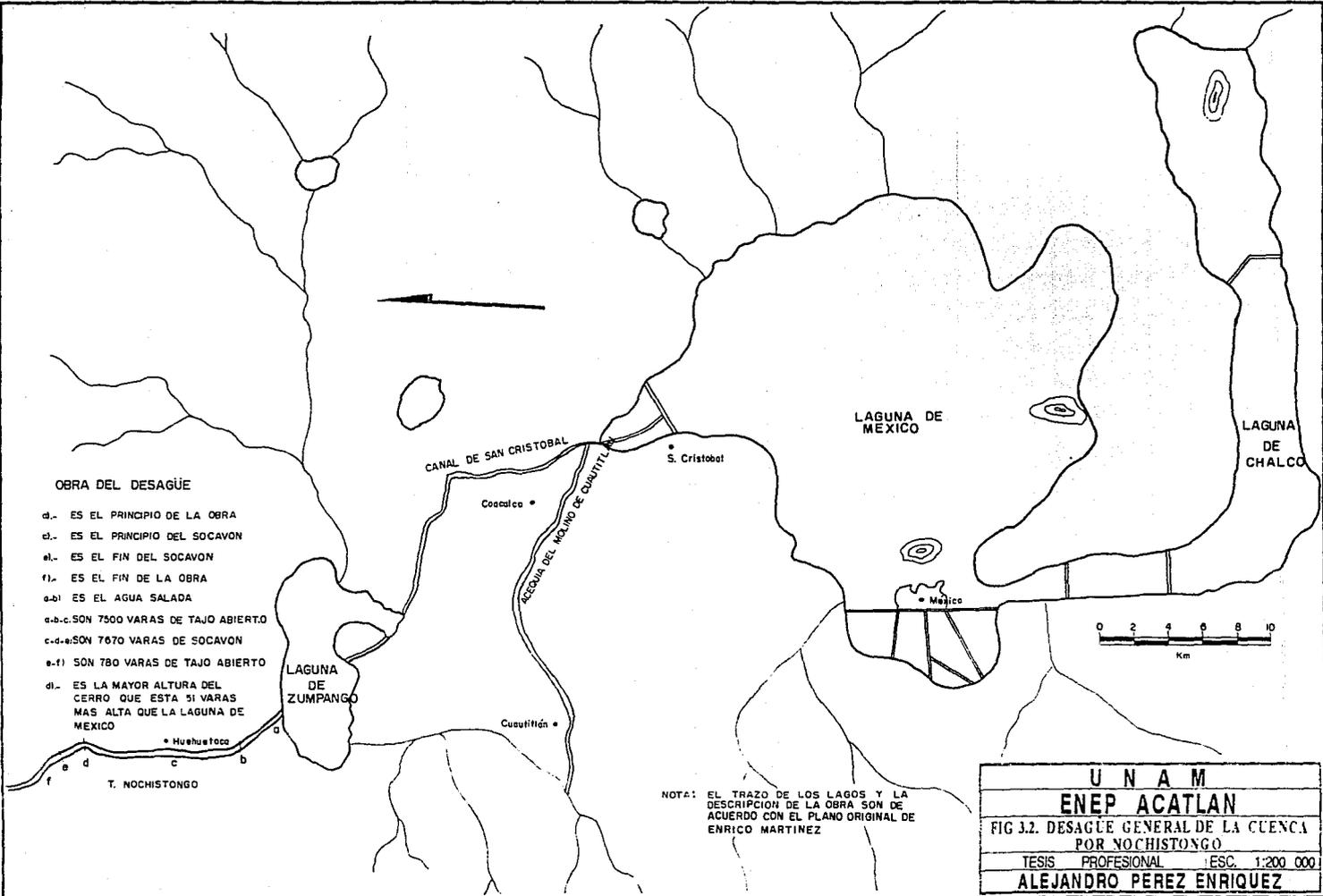
Los trabajos se iniciaron en 1637, y se prolongaron hasta 1789. Desde 1637 hasta el fin de siglo, se habían transformado en tajo a más de 4 800 m del túnel.

En la figura 3.2 puede verse un esquema del recorrido de la famosa sangría hecha a la cuenca.

²Gracias a esa recopilación, se salvaron de la destrucción muchos documentos hoy desaparecidos, por lo que ha sido de gran ayuda a los investigadores.

OBRA DEL DESAGÜE

- d.- ES EL PRINCIPIO DE LA OBRA
- d'.- ES EL PRINCIPIO DEL SOCAVON
- eI.- ES EL FIN DEL SOCAVON
- fI.- ES EL FIN DE LA OBRA
- a-bI ES EL AGUA SALADA
- c.-b.-c.-SON 7500 VARAS DE TAJO ABIERTO
- c.-d.-e.-SON 7670 VARAS DE SOCAVON
- e.-f) SON 780 VARAS DE TAJO ABIERTO
- dI.- ES LA MAYOR ALTURA DEL CERRO QUE ESTA 31 VARAS MAS ALTA QUE LA LAGUNA DE MEXICO



NOTA: EL TRAZO DE LOS LAGOS Y LA DESCRIPCION DE LA OBRA SON DE ACUERDO CON EL PLANO ORIGINAL DE ENRICO MARTINEZ

U N A M	
ENEP ACATLAN	
FIG 3.2. DESAGÜE GENERAL DE LA CUENCA POR NOCHISTONGO	
TESIS PROFESIONAL	ESC. 1:200 000
ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ	

OBRAS REALIZADAS DURANTE EL SIGLO XVIII.

Durante el siglo XVIII se dieron lugar diversas inundaciones, principalmente en 1707 y 1714. La última, en realidad, representó algún peligro, ya que las aguas rompieron el albarradón de Coyotepec, desbordaron en la laguna de Zumpango, de ésta pasaron al lago de Xaltocan y San Cristóbal, que derramó por el norte de la ciudad.

En 1747, después de torrenciales lluvias que causaron muchas averías, se iniciaron diversas obras que consistieron principalmente en la construcción de puentes y caminos, se reforzaron presas y se construyeron albarradas, además de continuarse los trabajos en Huehuetoca.

A pesar del mantenimiento de las construcciones, en 1764 se elevó el nivel del lago y estuvo en peligro nuevamente la ciudad. En esta ocasión el daño provino del lago de Chalco, reparándose el dique de Cuitláhuac para contener esas aguas.

En 1767, el virrey Croix ordenó se continuasen las obras a tajo abierto de Nochistongo y poder así iniciar el desagüe general de la cuenca, ya que según Joaquín Velázquez de León, profesor de matemáticas de La Real y Pontificia Universidad, sólo era necesario rebajar y ampliar el canal de Huehuetoca y abrir uno nuevo. Lo único que se logró fue ampliar el tajo ya existente.

En 1774, Velázquez dejó esta interesante anotación: "Habiendo leído en los documentos de la antigüedad que algunos de los proyectos del desagüe general entonces propuestos proponían conducir el agua de México al río Tequixquiac, y pareciendo a la vista suficiente el descenso, y más derecho y cómodo el canal, determinamos nivelar también ese terreno".

La nivelación confirmó la factibilidad del desagüe por Tequixquiac, y Velázquez lo recomienda: "Aunque este cañón y las 25 lumbreras que le corresponden se fortificase todo interiormente de buena mampostería, no demandaría por eso más costo que la excavación y ampliación del canal de Huehuetoca; y por otra parte parece que esta obra se ejecutaría en más breve tiempo, y sería de más segura construcción y conservación".

En 1789, se dieron por fin como concluidas las obras en Huehuetoca, y después de una inspección ordenada por el rey, los trabajos se aprobaron definitivamente.

A pesar de todas las obras realizadas, a mediados de 1792, las fuertes lluvias inundaron muchas de las calles principales, pero en este caso el mal provino de las atarjeas que habían sustituido a los caños. Este dictamen fue confirmado cuando en 1795 se volvió a inundar la ciudad por la misma causa.

En ese mismo año, se propuso la apertura de dos canales de 8900 y 13000 metros de longitud para drenar por el Tajo de Nochistongo las lagunas de Zumpango y San Cristóbal, siendo en 1798 que se inicia el desagüe de ésta última.

OBRAS DEL DESAGUE REALIZADAS EN EL SIGLO XIX.

En los primeros 21 años del siglo XIX, el problema de las inundaciones cedió su importancia a la lucha que dio origen a una nueva república. En efecto, en 1803 y 1804, Humboldt, luego de inspeccionar las obras hidráulicas existentes, llegó a la conclusión de que había que completar el plan de Enrico Martínez para drenar el Valle con un canal de desagüe. Pero la lucha por la independencia retrasó este ambicioso proyecto casi un siglo.

Pero sigamos el orden cronológico. Francisco de Garay menciona que en 1810 se construyó un dique-calzada llamado del Peñón que partía de la garita de San Lázaro, y que acortaba el camino a Veracruz en 12 km.

Hasta 1830 era poco o nada lo que se había hecho por mejorar el drenaje de la cuenca. En 1831 se decidió seguir fielmente el proyecto de Enrico Martínez (profundizar el tajo de Nochistongo, dándole el nivel adecuado para que las aguas en todo momento pudieran salir de la cuenca), junto con un proyecto de desecación gradual de las lagunas, pero la guerra civil echó por tierra estos planes de Lucas Alamán.

En 1848, el ingeniero Francisco de Garay reparó la compuerta principal del dique de Mexicaltzinco (rota en 1847 durante la invasión norteamericana), que la temporada de lluvias debía de permanecer cerrada, "evitándose así que las crecientes del río Churubusco bajasen sobre México, y haciéndose retroceder las aguas al lago de Xochimilco". Propuso también abrir un canal para que las crecientes del lago de Xochimilco desaguasen en el lago de Texcoco. Dicho canal atravesaría los llanos de San Lorenzo, entre los cerros de la Estrella y San Nicolás, comunicándose con el lago de Santa Marta, que vaciaba en el de Texcoco al oriente de la falda del peñón del Marqués. Desafortunadamente, este plan no fue aprobado por las autoridades.

*González Obregón, Luis. Reseña Histórica del desagüe del Valle de México. 1902

En Los mismos años, el ingeniero M. L. Smith, presenta un ambicioso proyecto según el cual los lagos de Chalco, Texcoco, San Cristóbal, Xaltocán y Zumpango debían hacerse un solo complejo de vasos comunicantes por medio de canales, desde Chalco hasta Zumpango. Desde allí se abriría un gran tajo hasta el río Tula, fuera de la cuenca, pero no por Huehuetoca, sino por Tequixquiac. La idea de la apertura por Tequixquiac era igual a la propuesta por Velázquez de León en 1774. Francisco Garay, en forma paralela, llegaría a la misma conclusión.

El proyecto de Smith, que exigía grandes recursos, se presentó en un momento poco propicio, por lo que sólo quedó como un valioso antecedente, que en su momento habría de considerarse.

En 1853, Mariano Ayllón inició una línea de vapores entre Chalco y México, para lo cual amplió y acondicionó el canal de la Viga, o canal Nacional, como era más conocido, principal comunicación entre estos dos puntos, y que se prolongaba hasta el barrio de la Merced. Como consecuencia de esto, en 1856 la ciudad peligró por la presencia de un exceso de aguas de los lagos del sur.

En ese mismo año, para conjurar al peligro que amenazaba a la ciudad, se llevó a cabo el antiguo proyecto de Garay, abriéndose en muy breve tiempo el canal de San Lorenzo, llamado también, en honor a su constructor, Canal de Garay.

1856 también se distinguió por el planteamiento a nivel presidencial del plan general del desagüe y la aprobación del proyecto que en definitiva se siguió, hasta su remate triunfal casi medio siglo después. En efecto, ese año se lanzó una convocatoria para presentar un proyecto integral de obras hidráulicas de la cuenca de México.

El proyecto más completo y mejor calificado fue el del ingeniero Garay, autoridad ya probada en la materia, y que consideraba la construcción simultánea del Gran Canal y el túnel de Tequixquiac. Por tanto, se le otorgó el primer premio y se aprobó su plan. Sin embargo, los problemas políticos de 1857 detuvieron una vez más la ejecución del segundo drenaje de la cuenca.

Fue hasta 1865, año particularmente lluvioso, que el emperador Maximiliano, continuó los proyectos. De momento, la crisis de ese año fue solucionada con medidas provisionales hábilmente dirigidas por Garay, quien había sido nombrado por el archiduque como "Director General del Desagüe del Valle de México".

En 1866, una junta de peritos bajo la dirección del ingeniero Miguel Iglesias, luego de confirmar la viabilidad del proyecto Tequixquiac, fue autorizada por el Ministerio de Fomento para iniciar de inmediato los trabajos respectivos, que fueron suspendidos a mediados de 1867, a la caída del imperio.

La obra comprendía tres ataques simultáneos: El Gran Canal, que era un tajo abierto de 39.5 km, que comenzaría en el lago de Texcoco y terminaría en La Laguna de Zumpango, en su extremo noreste, para unirse con el túnel; el túnel de Tequixquiac propiamente dicho, de aproximadamente 10 km, que arrancaría del bordo norte de la laguna de Zumpango y siguiendo hacia el noroeste terminaría en la barranca de Acatlán o de Tequixquiac; finalmente, el tajo de desembocadura del túnel, también llamado de Tequixquiac, sobre la barranca de Acatlán, que descargaría en el río Tequixquiac, que a continuación se reúne en el Tula, el que es afluente del río Moctezuma, que a su vez forma al Pánuco, hasta desembocar en el Golfo de México.

Restaurada la república, y al año de haberse suspendido los trabajos, se reanudaron con ímpetu. Esto sucedía en abril de 1868. En los dos años siguientes, el ritmo de avance fue muy inferior al del periodo imperial. Pero la causa de la disminución de la actividad era obvia: a medida que las lumbreras se profundizaban, aumentaban los costos y los obstáculos; estos últimos consistían, sobretudo, en la multiplicación de las filtraciones, con riesgos cada vez más frecuentes de inundaciones y derrumbes. Para dar idea del alcance real del problema, es suficiente con señalar que según cálculos del ingeniero Jesús Manzano (director del desagüe de 1867 a 1871), en la lumbrera 23 se extraía un gasto medio de 117 litros por minuto.

Debido a esto, aunado a las dificultades de ademado de las lumbreras, el avance hasta 1869 era más bien simbólico que real (en 10 km de túnel, sólo se habían excavado 6 m, y sólo se habían terminado 4 lumbreras de 24, aunque sin acabados ni en condiciones óptimas de seguridad).

Otras tareas, secundarias y complementarias, se realizaron paralelas a las del Gran Canal, el Túnel y el tajo de descarga de Tequixquiac, pero en la revuelta de la Noria (1871) todos los trabajos se paralizaron casi por completo.

Los sucesores de Juárez no hicieron ningún esfuerzo serio por reanudar el programa hidráulico, y mucho menos en 1876, con la revuelta de Tuxtepec que llevó a el presidente Díaz al poder. Ya sea por verdadero interés o como muestra de solidez de su gobierno, la culminación de esta hazaña fue considerada por el propio presidente Díaz como una de sus mayores acciones.

DESAGÜE EN EL PORFIRIATO: 1867-1900.

Durante la etapa inicial del régimen de Díaz, los logros fueron mínimos. Las dudas, los titubeos de toda clase, las ideas antagónicas y, algo muy importante, la falta de recursos, cooperaron para que la línea de acción del nuevo gobierno tardara en tomar un rumbo firme y sistemático.

Un informe de la "Junta Directiva del Desagüe y Limpia de la Ciudad", dejó muy preocupados a los expertos al comprobar el grado de desquiciamiento y caos del sistema de atarjeas de la capital y "la evidencia de que no había caído apreciable que aprovechar para dar curso, en condiciones tolerables, a los derrames del interior de la ciudad al lago de Texcoco, que era su único receptor posible".

La mortalidad aumentaba cada año a causa de las insalubres condiciones del drenaje y la ciudad parecía sumergida en un pantano de inundicias. Por tanto, dicha junta propuso la reconstrucción total del sistema de drenaje, a partir de dos redes autónomas de atarjeas, que dependerían cada una de su respectivo colector y de un colector general. Ese plan quedó sólo en proyecto, pero marcó un cambio en la política del ministerio de Fomento, que en esos primeros años del régimen se preocupaba más por dar una salida a las aguas de las atarjeas, que por el desagüe general del Valle.

En cuanto a la obra del drenaje general de la cuenca, a las dificultades naturales se añadían las diferencias de criterio técnico. Una de las más importantes ocurrió entre los ingenieros Francisco de Garay y Luis Espinosa. El primero fue nombrado director del desagüe en 1877 y presentó un informe contrario al proyecto del túnel que se venía trabajando desde 1866; en dicho informe pedía que se abandonaran las obras y presentaba una propuesta para iniciar una nueva obra en Ametlac. Ante esta contradicción del propio Garay (recordemos que fue él quien propuso el túnel de Tequixquiac), el gobierno se confundió más y disminuyó sus esfuerzos en la prosecución de la obra.

Con esto, Garay perdió apoyo y, aprovechando que salía al extranjero por una comisión, el ministerio de Fomento nombró como director interino a Luis Espinosa. Este presentó su proyecto de trabajo, sobre la base de las obras iniciadas en 1866, proyecto que, desde luego, fue aprobado, quedando desechada la nueva propuesta de Garay.

¿Espinosa, Luis. Reseña histórica y técnica de las obras del desagüe del Valle de México. 1856-1900.

Así, el gobierno de Manuel González se empeñó en avanzar lo más posible en el plan de Espinosa, quien fue nombrado definitivamente como director de las obras en 1882 -puesto que ocupó hasta la culminación de los trabajos, en 1900-. No se reanudaron las obras del túnel y del Gran canal, pero sí se hicieron tareas necesarias para preservar lo ya hecho.

El empuje final de las obras del desagüe se dio a partir de que Díaz se afianzó en el poder en 1884. En efecto, en 1885 se autorizaron muy fuertes erogaciones anuales destinadas a la empresa del drenaje de la cuenca y a principios de 1885 se creó la "Junta Directiva del Desagüe del Valle de México", organismo que pronto adquirió relevancia e influencia. El director técnico de la junta era el propio Luis Espinosa.

En el momento de instalarse la junta, de los tres objetivos principales del desagüe general (Gran Canal, Túnel y Tajo final), uno estaba ya casi terminado: el tajo; pues según explicaba el propio Espinosa, la mayor parte se había excavado de 1868 a 1870.

En cambio, El Túnel y el Gran Canal, verdaderos retos a la técnica de la época, demandaron mucho más esfuerzo. A continuación veremos los trabajos realizados en esta etapa de la historia en estas dos obras.

1.- OBRA MAGNA DE TEQUIXQUIAC.

Al instalarse la Junta Directiva, el túnel tenía un avance total de 425 m, con un tramo de bóveda de 357 m.

Hacia 1888, con el desaliento generalizado en los medios oficiales por el lento trabajo en el túnel, se llegó a la conclusión de que la tecnología extranjera, indudablemente más avanzada que la mexicana, y la adquisición de maquinaria especial, que sólo empresas no mexicanas eran concesionarias, hacía imperativo ceder las obras de desagüe a compañías extranjeras.

En marzo de 1889, se entregó la obra a un contratista inglés, la "Mexican Prospecting and Finance Co."; esta empresa recibió la obra, en términos generales, faltando casi una tercera parte del trabajo en las lumbreras y, en cuanto al túnel propiamente dicho, no se tenía concluida ni la quinta parte.

La "Mexican Prospecting" se comprometió a concluir el túnel y formalmente recibió la obra en marzo de 1889. Al inicio de su compromiso, la compañía inglesa no disponía aún de su equipo completo, por lo que el promedio de avance mensual apenas llegó a 57 m de túnel. Sin embargo, pronto recibieron gran cantidad de materiales equipo y trabajadores ingleses, por lo que los trabajos entraron en una actividad que presagiaba pronto resultados.

Mas los buenos presagios no se cumplieron. El túnel presentó más problemas de los imaginados. Sobre todo, el problema de desaguar las lumbreras y las galerías se convirtió en una verdadera pesadilla para la "Mexican Prospecting" (que por cierto, había mudado su razón social por "Mexican Co. of London"), por lo que los empresarios ingleses decidieron que se habían metido en un negocio ruinoso.

Otro gran problema para esa compañía fue la de tratar de modificar el plan original: el cambio consistía en acortar la extensión del Gran Canal en su último tramo, poco más de 6 km, sustituyendo este tramo por otro túnel, llamado Zumpango, que ligaría con el de Tequixquiac. La compañía "Read & Campbell" fue subcontratada para la ejecución de la nueva obra.

A fines de 1890, la "Mexican Prospecting" transfería la totalidad de su contrato, relativo a los dos túneles, a la "Read & Campbell". En 1891, el túnel Zumpango fue definitivamente abandonado, por la continua presencia del agua que entorpecía las obras y los cálculos, por lo que la Campbell se encargó solamente de Tequixquiac.

Tampoco en Tequixquiac resistió mucho tiempo la compañía inglesa. De octubre de 1891 a febrero de 1892, la casa Campbell entregó las obras del túnel a la Junta.

La fase final del túnel constituye un indudable mérito de la técnica mexicana -resultado de la combinación de la experiencia extranjera con la suya propia- y en particular del ingeniero Luis Espinosa. Cuando éste y la Junta recibieron las obras en marzo de 1892, faltaban por ejecutar doce lumbreras y casi la mitad de la galería. Espinosa reactivó las acciones de inmediato, que adelantaron considerablemente ese año y el siguiente.

Así, al terminar 1893, el túnel cubría ya una extensión de más de 5 500 m. El tramo restante se atacaba en dos frentes. Los trabajadores aumentaban día a día sus esfuerzos, al verse tan cerca del término de la hazaña. "Al fin, un día del mes de agosto, entre las lumbreras 10 y 11, al precipitarse un conglomerado de toba margosa, la luz comunicó ambos frentes. Un grito de júbilo inundó el recinto; los trabajadores de uno y otro lado, presos de la euforia, se dieron la mano y abrazaron: el Túnel de Tequixquiac quedaba franco en toda su longitud".

El revestimiento y otros detalles se completaron en los meses siguientes, de modo que la obra se dio por concluida oficialmente en diciembre de 1893.

^Lemoine Villicaña, Ernesto, en "Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal", tomo II. 1975.

2.- EL GRAN CANAL DEL DESAGUE.

Con el tajo y el túnel se tenían ya dos de las secciones de la obra general del desagüe. El Gran Canal, el cual se inició prácticamente en 1883 y se terminó en 1897, con más de 47.5 km de recorrido, fue el que más se demoró y, por ende, la última obra en terminarse.

La primera etapa de la obra se desarrolla entre 1886 y 1889, bajo el control de la junta directiva. En esta etapa, los trabajos eran más bien de tipo preparativo, porque siempre dominó la idea de dar preferencia a las obras del túnel.

A partir de 1889, el gobierno llega a la conclusión de que, como en el caso del túnel de Tequixquiac, la obra quede en manos de una poderosa empresa extranjera, la denominada "S. Pearson & Son". La compañía Pearson comenzó sus trabajos en el canal a principios de 1890, atacando la obra en dos secciones, una de San Cristóbal hacia el norte con dos o tres dragas; la otra, con una draga, hacia el sur, hacia la Ciudad de México.

La obra empezó a adquirir un ritmo intensivo desde el segundo semestre de 1891, pues en el curso del año anterior la compañía empezó a recibir maquinaria de Inglaterra, excavando rápidamente más de medio millón de metros cúbicos.

Se recordará que el plan del túnel de Zumpango se abandonó en 1891, así que en este año se ajustó un nuevo contrato con la casa Pearson, dejando sólo algunos puntos pendientes que se acordarían con posteridad. En este nuevo contrato, se le daban tres años y medio a la compañía para terminar los trabajos.

A fines de 1892, ya funcionaban a toda su capacidad cinco potentes dragas que hacían crecer los trabajos en el Gran Canal, pero numerosos problemas de hundimientos y derrumbes hacían que, al acercarse el plazo para la terminación de la obra, ésta se hallaba muy lejos de su remate.

Asimismo, el terreno tan poco resistente en la sección próxima a la capital y en el tramo de unión con el túnel, hacía ya casi incosteable la obra para la empresa inglesa. Por tanto, a principios de 1894 se formalizó un nuevo contrato según el cual la excavación en los primeros nueve y el último medio kilómetro quedaba a cargo de la Junta.

El gobierno contrató con Read & Campbell la excavación del último medio kilómetro, que se concluyó en agosto de 1895. Al mismo tiempo, Pearson atacaba con ímpetu la sección intermedia.

Con este avance tan franco, a mediados de 1895 se resolvió hacer un ensayo de la obra, dando salida a las aguas que ocupaban el canal. El acto fue un suceso memorable, que contó con la presencia del Presidente Díaz y una importante comitiva, quienes con sus propios ojos vieron ir las aguas, sin ningún tropiezo, hacia el túnel de Tequixquiac.

La casa Pearson fue entregando paulatinamente la obra, hasta que en 1897, en diciembre, quedó liquidado el compromiso. Por su parte, la Junta Directiva, encargada de los primeros 9 km del canal, y después de vencer grandes problemas (derivados, como ya se dijo, de la inestabilidad del terreno), logró dejar expedita la vía hasta Tequixquiac a principios de 1900.

En la figura 3.3 se presenta un aspecto general del Gran Canal del Desagüe y del Túnel de Tequixquiac.

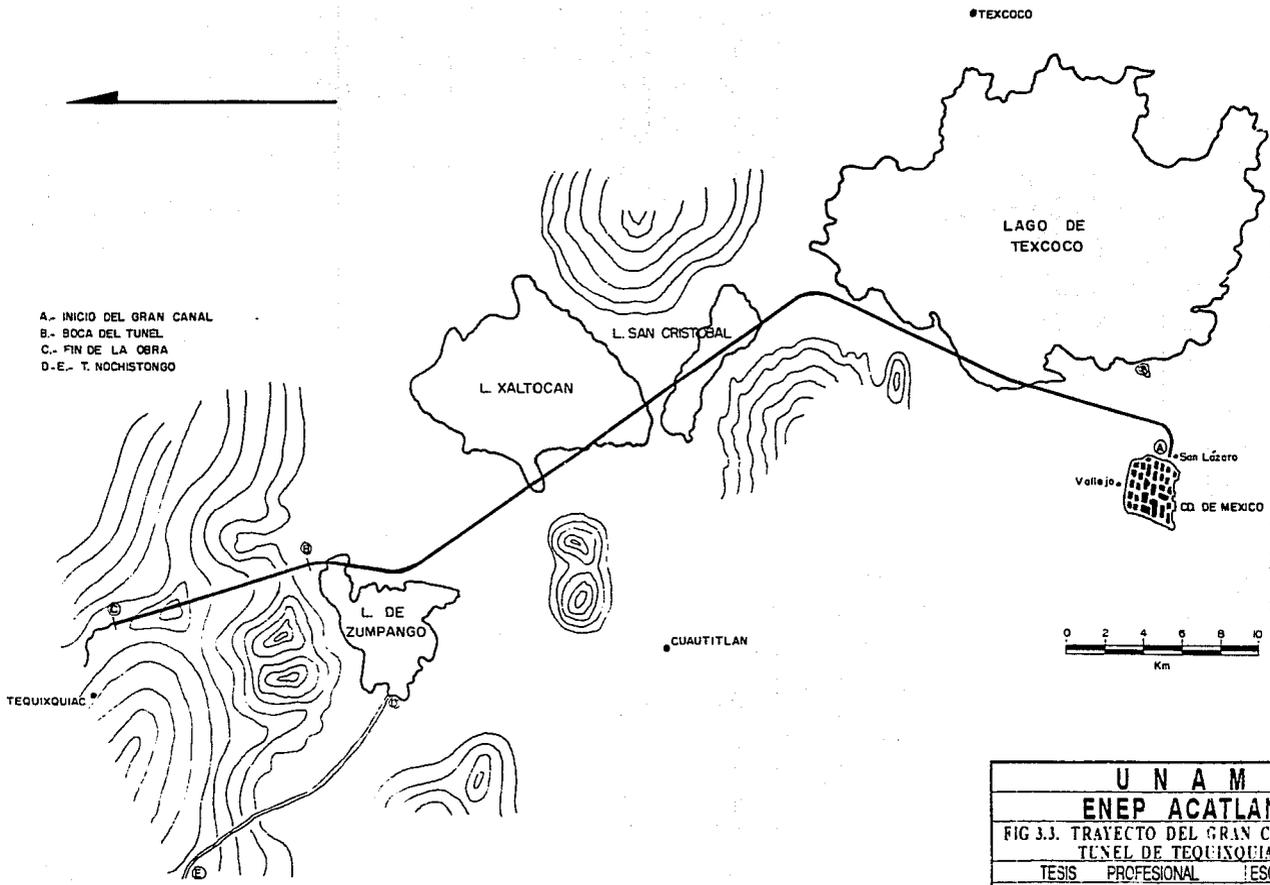
El 17 de marzo de 1900 fue la fecha fijada para la inauguración oficial, no sólo del Gran Canal, sino de todo el sistema de desagüe general de la cuenca de México. Ese día, a las nueve de la mañana, el presidente Díaz "dio la orden de levantar las compuertas de San Lázaro que dan salida a los residuos y aguas de la ciudad, por el Gran Canal que comienza en el barrio del mismo nombre de esta capital, y por el túnel de Tequixquiac que es la continuación de dicho canal; siendo este acto... la conclusión de molestas y peligrosas inundaciones".

LA HISTORIA RECIENTE. DRENAJE HASTA 1975.

El Gran Canal y el Túnel de Tequixquiac representan ciertamente una de las grandes hazañas hidráulicas en nuestro país. Pero desafortunadamente, no permitieron, como se decía en la época de su inauguración, "disponer a nuestro antojo del régimen hidráulico de la cuenca". Como ya queda descrito en el Capítulo II de este trabajo, hubo inundaciones entre 1900 y 1910, y el sistema presentó problemas muy pronto.

El túnel de Tequixquiac empezó a presentar amenaza de derrumbe desde 1930, razón por la cual, en 1937 se inició la perforación del segundo túnel de Tequixquiac, que fue inaugurado en 1946. A los seis meses de haber sido puesto en servicio el segundo túnel, empezaron a producirse derrumbes que obligaron a clausurarlo y poner de nuevo en servicio el primero. El peligro de derrumbe era inminente, y si esto hubiera sucedido, en la imposibilidad de utilizar el segundo, las aguas del valle, incluyendo las negras, no habrían tenido salida y la ciudad, que es actualmente la parte más profunda de la cuenca, se hubiera inundado.

"Esparza, Rosendo. Reseña administrativa y económica de la Junta Directiva del Desagüe del Valle de México. 1902.



U N A M		
ENEP ACATLAN		
FIG. 3.3. TRAYECTO DEL GRAN CANAL Y EL TUNEL DE TEQUIQUIAC		
TESIS	PROFESIONAL	ESCALA: 1:300 000
ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ		

Por otra parte, el sistema dependía en gran medida de la estabilidad del suelo de la ciudad, pues si había hundimientos, la red de drenaje se fracturaría y desquiciaría, obstruyéndose la salida de las aguas hacia el Gran Canal. Este mismo, que sólo estaba 1.90 m abajo del nivel de la ciudad, dependía de la estabilidad de México. Si éste se hundía, el escurrimiento por gravedad ya no sería posible.

Esta amenaza empezó a cumplirse en la tercera década del siglo. La continua explotación de los acuíferos fomentó la consolidación de las arcillas compresibles, por lo que en la red de alcantarillado se formaron columpios y contrapendientes, y también en el Gran Canal.

La red funcionó razonablemente hasta 1925. En ese año, muy lluvioso, hubo algunas inundaciones. Las nivelaciones efectuadas demostraron que en diversos sitios, los colectores se habían hundido 50 cm y perdido pendiente.

Además de esto, la creciente población extendía el área urbana, por lo que la red de drenaje existente era insuficiente. En 1932 y los años posteriores, se inició la construcción de nuevos colectores para extender el sistema; asimismo, en la red que ya existía, eran continuas las modificaciones y correcciones de daños que producía la deformación del subsuelo.

Por otra parte, las autoridades controlaron los torrentes producidos por la precipitación pluvial, que bajaban desde los Lomeríos y que al cruzar la ciudad causaban problemas. Ya desde 1911 se trabajó en ese sentido. En 1929, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas inició la presa Tecamachalco para regularizar las corrientes de la barranca correspondiente y también las del río San Joaquín, lo cual se logró con otra presa hecha sobre este río y con un túnel de derivación hacia la barranca de Tecamachalco. Posteriormente se inició la derivadora del Tornillo, que dirige las aguas del arroyo del Tornillo hacia el río Hondo, disminuyendo así los caudales del río Consulado.

En el período de 1935 a 1938 se construyeron las presas Becerra y Tacubaya, y los túneles Mixcoac-Becerra y Becerra-Tacubaya, integrándose todas estas obras al sistema de la Desviación Combinada, cuyo objeto era regular las corrientes de los Lomeríos del poniente y luego llevarlos al río Hondo. La terminación del Puente Canal en la desviación combinada y la prolongación de un cauce directo hasta el lago de Texcoco, garantizaba la llegada de las aguas del poniente al lago, evitando que derramaran sobre la ciudad.

Pero los principales problemas de la ciudad no se podían evitar: el hundimiento del terreno y el rápido crecimiento urbano. El primero provocaba desquiciamientos en la red de alcantarillado, y el segundo hacía que ésta siempre fuera insuficiente.

Las autoridades hacían grandes cosas en los colectores y en toda la red. Algunas de las acciones principales fueron:

- En 1942 se concluyó el alcantarillado en las zonas de Tacubaya y Mixcoac. Ese mismo año se hicieron el colector y los subcolectores de Tacuba y Azcapotzalco.

- En 1943 se prosiguió la construcción de la prolongación sur del Gran Canal (iniciada en 1930) y se terminaron los colectores de Coyoacán, Villa Obregón y la Colonia del Valle, así como subcolectores en diferentes partes de la ciudad.

- En 1944 se decidió entubar al río Consulado, para mejorar la sanidad de la zona en donde corría.

- Durante el sexenio de 1946 a 1952, se amplió en 52 km la red de colectores y subcolectores de la ciudad. Se realizó también la construcción de cárcamos y plantas de bombeo de aguas negras.

En esta época, se concluyó que la solución consistía en instalar varias plantas de bombeo para descargar todos los colectores hacia el Gran Canal, que contaba entonces con una capacidad aproximada de 60 m³/s. El gasto máximo de bombeo sería de 40 m³/s y se dejaría el resto de la capacidad para caso de emergencia.

Al inicio de la segunda mitad del siglo, en el período 1954-1958, se propuso un plan que consideraba los siguientes trabajos y obras: el interceptor poniente; interceptor central; planta de bombeo Norte (50%); colector y planta de bombeo Aculco; canal de la planta de bombeo Norte a San Cristóbal Ecatepec; ampliación y entubamiento de la red de drenaje; entubamiento de la prolongación sur del Gran Canal; y finalmente, la rehabilitación de la Desviación Combinada.

Todo lo anterior produjo un avance apreciable en el manejo hidráulico de la cuenca y en particular del drenaje de la capital. Mientras se realizaban las obras mencionadas y muchas otras que sería largo enumerar, se llegó a una conclusión al parecer definitiva: había que crear un drenaje que, por más que se hundiera la ciudad, jamás dejara de funcionar.

Bajo el nombre de Drenaje Profundo, el plan definitivo de esta obra fue aprobado en 1967, iniciándose los trabajos ese mismo año, en abril. El plan original consideraba dos interceptores, el Central (8 km) y el Oriente (10 km) que confluyen en un impresionante Emisor (50 km), que desemboca en el río del Salto, en vez del río Salado, receptor del Gran Canal.

"Al escoger el río del Salto y no el Salado como punto de desemboque del emisor, o sea, el viejo y legendario sector de Huehuetoca-Nochistongo, el proyecto del Drenaje Profundo, con tal decisión, no parece sino que ha querido ser un rendido homenaje al genio técnico, científico y humanista de Enrico Martínez, quien a principios del siglo XVII perforó, precisamente por ese rumbo, la barrera de la cuenca cerrada del Valle de México"¹⁰.

Esta obra, junto con evidentes modificaciones que necesitó el sistema ya existente, fue terminada el 19 de mayo de 1975, siendo oficialmente inaugurado el Sistema de Drenaje Profundo en la segunda semana de junio de 1975.

¹⁰Ochoa, Raúl E., director general de Obras Hidráulicas en 1975, en "Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal". Tomo II. 1975.

CAPITULO IV.

OBRAS HIDRAULICAS EXISTENTES.

CAPITULO IV.- OBRAS HIDRAULICAS EXISTENTES.

4.1.- SISTEMA GENERAL DE DRENAJE.

El sistema de drenaje de la Ciudad de México es de tipo combinado, lo cual significa que se utilizan los mismos conductos para desalojar tanto las aguas residuales como las pluviales. Esta situación es la que en parte ha ocasionado que muchos habitantes de la ciudad aún carezcan del servicio de alcantarillado, porque los problemas de drenaje más apremiantes y que generan mayor presión política son los ocasionados por inundaciones (debidas a la lluvia) y no por falta de drenaje sanitario.

Así, el sistema de drenaje tiene dos objetivos: desalojar las aguas residuales y -el más interesante para este trabajo-, reducir encharcamientos e inundaciones, y controlarlos cuando ocurren.

Para cumplir con estos objetivos se han construido obras e instalaciones que en la actualidad conforman un sistema muy complejo, integrado por los siguientes componentes:

- 1.- La red secundaria, que recolecta las aguas residuales producidas por los usuarios del sistema hidráulico y las conduce a la red primaria junto con los escurrimientos producidos por la lluvia.
- 2.- La red primaria, que constituye la liga entre la red secundaria y el sistema general del desagüe.
- 3.- El sistema general de desagüe, que regula y desaloja fuera del Valle de México las aguas residuales y pluviales; para realizar esta doble función, queda integrado por el sistema de control de ríos y el sistema del drenaje profundo.

Como ya se ha visto en el capítulo anterior, la evolución del sistema de drenaje de la cuenca, en general, y de la Ciudad de México, en particular, ha estado condicionada, más que por la necesidad de disponer las aguas residuales, por la de controlar y desalojar las aguas de lluvia, que en realidad son las causantes de las inundaciones.

En este subcapítulo sólo se hablará de las redes secundaria y primaria, para posteriormente, en los siguientes apartados, tratar sobre los dos sistemas que integran al Sistema General del Desagüe.

RED SECUNDARIA DE DRENAJE.

La red secundaria de atarjeas, con diámetros de 30 cm a 60 cm, tiene una longitud supuesta de 12 000 km. No se puede saber con exactitud la longitud real de la red, ya que existen dos programas para su ampliación: uno dirigido por la D.G.C.O.H. y otro gobernado por la delegación respectiva.

Los problemas de drenaje tienen un elevado grado de diversidad regional, por lo que las autoridades han designado 6 Zonas de Drenaje Urbano, que se describen a continuación, y que se ilustran en la figura 4.1.

1.- La zona Centro está integrada por las delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc, Azcapotzalco y parte de las delegaciones Miguel Hidalgo, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza e Iztacalco, cuyas áreas están totalmente urbanizadas, por lo que cuentan con servicio, excepto la delegación Gustavo A. Madero que presenta un déficit, debido principalmente a la falta de red primaria.

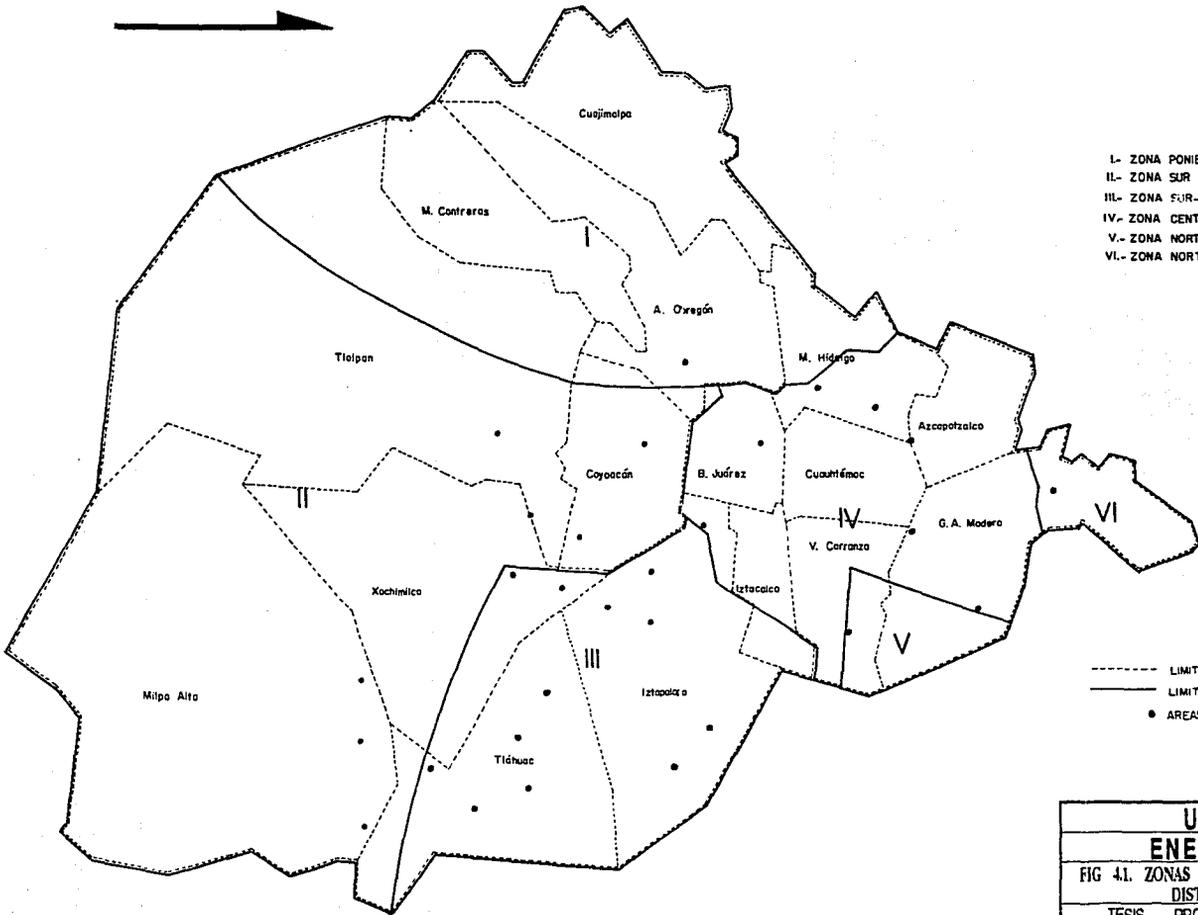
2.- Zona Sur-Oriente. Ubicada al este del río Churubusco, se caracteriza por ser completamente plana y tener poca infraestructura de drenaje, por lo que algunos desarrollos urbanos carecen de alcantarillado, siendo las delegaciones que forman la zona las de menor nivel de servicio.

3.- La Zona Sur, al igual que la zona Sur-Oriente, tiene baja urbanización, en relación con el área total de la zona. Así, las colonias que la integran se ubican lejos de la red primaria de drenaje, excepto la delegación Coyoacán, la cual es un caso especial. Las delegaciones de Tlalpan, Milpa Alta y Xochimilco resuelven en parte los problemas del servicio descargando sus aguas de desecho a barrancas y cauces.

4.- La Zona Poniente tiene un gran déficit de servicio de Drenaje, principalmente en las zonas altas, donde no existe red primaria, ya que los nuevos desarrollos se ubican en áreas con pendientes pronunciadas. Las aguas residuales y pluviales son descargadas a las barrancas y ríos existentes en la zona.

5.- Zona Norte-Oriente. Casi la totalidad de habitantes de esta zona cuentan con servicios de Alcantarillado, y el Gran Canal del Desagüe constituye el principal elemento de su sistema de drenaje.

6.- La Zona Norte tiene un área pequeña si se la compara con las otras cinco. Su problema principal es que el rápido crecimiento demográfico que ha registrado en los últimos años supera con mucho al ritmo de ampliación de la red de drenaje.



- I- ZONA PONIENTE
- II- ZONA SUR
- III- ZONA SUR-ORIENTE
- IV- ZONA CENTRO
- V.- ZONA NORTE - ORIENTE
- VI.- ZONA NORTE

- LIMITE DE DELEGACION
- LIMITE DE ZONA DE DRENAJE
- AREAS DE INUNDACION POR MAL DRENAJE

U N A M	
ENEP ACATLAN	
FIG 4.1. ZONAS DE DRENAJE URBANO EN EL DISTRITO FEDERAL	
TESIS	ESQUEMA
ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ	

RED PRIMARIA DE DRENAJE.

La red primaria constituye la unión entre la red secundaria (atarjeas de menos de 60 cm de diámetro) y el sistema general de Desagüe de la Cuenca, integrado por el Sistema de Control de ríos y el Sistema de Drenaje Profundo.

Esta red, a base de colectores, se ha desarrollado con base en el diseño elaborado a principios de siglo. Sobre el sistema original en el centro de la Ciudad de México, se ha superpuesto en la parte centro-poniente un segundo sistema que escurre de sur a norte, y que descarga en varios puntos sobre los conductos que van de poniente a oriente. En la parte sur de la capital, la red no tiene un sentido tan claramente definido, aun cuando la tendencia es similar a la del resto de la red. La mayoría de los colectores se designan con un número, aunque también existen los que llevan el nombre de la calle en que están ubicados.

La configuración de la red es compleja porque ha tenido que responder al crecimiento anárquico de la ciudad. Esta complejidad se ha agravado por el hecho de que otra infraestructura urbana, el "Metro", se construye a la profundidad en donde generalmente se ubican los colectores. Debido a esto, algunos colectores han necesitado interrumpir su ruta original, requieren de sifones invertidos, etc.

La red primaria ha sufrido mucho con los asentamientos de la ciudad, por lo que en su trayecto existen cambios de pendiente, tramos en contrapendiente, columpios, etc. Por tanto, la infraestructura se completa con plantas de bombeo de aguas negras, tanques de tormenta y otras obras auxiliares como lagos y lagunas de regulación, tales como los existentes en Iztapalapa.

1.- SUBSISTEMAS DE COLECTORES.

En la actualidad, la red primaria se divide en más de 40 subsistemas de colectores, que cubren las necesidades de la Ciudad de México; cada subsistema se va modificando de acuerdo a las derivaciones hacia el drenaje profundo.

Dentro del sistema general de drenaje, existen algunos ríos entubados que se utilizan como colectores. Los principales son:

Colector Río Churubusco. Este río se empezó a entubar en 1962; los últimos 5.4 de un total de 18.4 km se concluyeron en 1980. Se inicia en la confluencia del colector río Mixcoac y el Interceptor del Poniente, a la altura de la avenida Molinos, cerca del Anillo Periférico; cruza la ciudad en dirección oriente y luego se desvía al norte, para descargar al lago de Texcoco, por medio de la planta de bombeo Lago, con una capacidad instalada de 30 m³/s.

El río Churubusco constituye la vía más importante para drenar el sur y buena parte del oriente del Distrito Federal. Además recibe escurrimientos que se originan de varios ríos del poniente de la cuenca.

En los primeros 3 km, el río Churubusco tiene diámetros que varían de 2.12 a 2.44 m; esta parte recibe los escurrimientos de su propia cuenca y los gastos no conducidos por el Interceptor Poniente.

En los 18 km restantes de este colector, existen terrenos de baja pendiente, e incluso existen varios tramos en contrapendiente, debidos al hundimiento del suelo; el problema es tal que la descarga en el lago de Texcoco se hace parcialmente ahogada, excepto para gastos menores de 30 m³/s. Esta parte capta las aguas generadas en un área aproximada de 300 km², las cuales son descargadas por medio de 76 unidades de bombeo, agrupadas en 11 plantas, localizadas a lo largo del río, y que dan una capacidad total de 139 m³/s. Las principales son la planta Aculco (ubicada en avenida Churubusco 1285) con capacidad de 40 m³/s y la planta Lago (situada en la intersección del Bordo Xochiaca y la vía del ferrocarril) que puede bombear un gasto de 30 m³/s.

El colector Río Piedad se localiza en la zona central de la ciudad, con pendiente de oeste a este. Recibe derrames del Interceptor del Poniente y en su recorrido capta diversos colectores de la red primaria mediante plantas de bombeo.

Colector Río Consulado. Desde 1965 se entubó este río, que actualmente desagua a una parte importante del noreste del Distrito Federal, descargando sus aportaciones al Interceptor Central y al Gran Canal del Desagüe, con ayuda de la planta de bombeo N^o 5. Durante su recorrido, recibe el bombeo de tres plantas.

2.- PLANTAS DE BOMBEO.

Hasta 1950, la red funcionó aceptablemente por gravedad, pero el problema del hundimiento del suelo de la ciudad causado por el bombeo para la extracción de agua subterránea para abastecimiento de la ciudad, ocasionó deformaciones en las tuberías, razón por la cual fue necesario instalar equipos de bombeo para elevar las aguas residuales a los ductos de descarga que quedaron a un nivel superior.

En el período 1950-1966 se construyeron 29 plantas de bombeo para aguas residuales, además de adaptarse 82 motobombas en los pasos a desnivel para cruces en calzadas, aunque algunas fueron de carácter provisional.

En los últimos años, se han construido 22 plantas adicionales para continuar resolviendo los problemas de insuficiencia que presenta el sistema o para incorporar las zonas que se ubican en las partes más bajas de la cuenca. La capacidad conjunta de las plantas de bombeo es de $470 \text{ m}^3/\text{s}$, aproximadamente.

3.- TANQUES DE TORMENTA.

Los tanques de tormenta se construyeron para almacenar temporalmente los escurrimientos producidos por lluvia. Actualmente existen 12 tanques de tormenta con capacidad total de regulación de $130\,000 \text{ m}^3$, y un gasto de bombeo de $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con el drenaje profundo se ha podido prescindir de algunos tanques de tormenta, y es posible que se clausuren otros, o se destinen a otro uso, como estacionamientos, por ejemplo.

4.2.- SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.

Hemos visto en el capítulo anterior una reseña de las obras hidráulicas más relevantes en la historia de la cuenca. Todas ellas han contribuido a minimizar el riesgo que representaban y representan aún-, Las inundaciones en el Valle de México.

Sin embargo, hay que notar que las principales obras estaban encaminadas a formar una salida artificial para las aguas de la cuenca. Así, la historia del desagüe, iniciada en 1607 y que se extiende hasta el siglo XX, culmina con la conjuración del principal problema: Los lagos existentes han sido diezmadados o desecados totalmente. Si bien esto ha traído problemas de otra índole, para el control de inundaciones ha resultado ciertamente benéfico.

Una vez creado el desagüe de la cuenca, la atención se dirigió a otros aspectos, que determinan al actual sistema de control de inundaciones: el control de las avenidas en los ríos, y la estructuración de una red de drenaje eficiente. De modo que el desagüe de la Ciudad de México, y en general de la cuenca, es un sistema formado por cauces de conducción superficial a través de canales y ríos, y conducción profunda por medio de colectores e interceptores.

Para proteger a las poblaciones existentes en el Valle de México, y principalmente al área metropolitana de posibles inundaciones, se integró el sistema de control de ríos. Este cuenta con más de cuarenta presas, además de túneles, canales y vasos reguladores que son operados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) o por el Departamento del Distrito Federal, a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCODH).

SISTEMAS DE RIOS.

Las corrientes que descienden de las serranías que rodean la cuenca del Valle de México no presentan uniformidad en lo que respecta a sus características hidrológicas, debido a las condiciones propias de las zonas en que se encuentra cada uno de los ríos. Dentro de la red Hidrográfica de la cuenca, los ríos forman los siguientes sistemas principales:

1.- RIOS DEL ORIENTE.

Este grupo incluye todos los escurrimientos comprendidos entre el río de San Juan Teotihuacán, al norte, hasta el río de la Compañía, al sur. Es una de las zonas de menor peligro respecto a sus escurrimientos, por falta de precipitaciones fuertes.

2.- RIOS DEL SUR.

Este conjunto se inicia con el río Amecameca, al este, hasta el río San Buenaventura al poniente. Las aguas que son transitadas por este sistema son absorbidas por el Canal Nacional y derivadas posteriormente hacia los canales de Xochimilco, debido principalmente a que no se cuenta con una salida natural. En la parte baja del Canal Nacional se tiene poca pendiente, lo que provoca que en época de avenidas los escurrimientos remansen aguas arriba, provocando el rebosamiento de los bordos de protección.

3.- RIOS DEL PONIENTE.

Este sistema se divide en dos regiones o grupos de corrientes: el grupo Suroeste y el Noroeste.

A).- GRUPO SUROESTE.

Este primer grupo se inicia en la parte sur con los ríos Eslava y Magdalena y termina en el río San Javier. Este grupo se localiza en la vertiente de las serranías de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo.

Es una de las regiones más lluviosas del Valle de México, y debido a las características geológicas de sus cuencas formadas por andesitas, abenicos aluviales y la formación Tarango, el porcentaje de escurrimiento del agua precipitada es importante.

Este grupo es el de mayor peligro debido a sus características hidrológicas, como es su régimen torrencial. En efecto, sus cuencas son de dimensiones reducidas, y sus pendientes de cauce son generalmente escarpadas, originando avenidas bruscas de corta duración, con fuertes acarreos de azolve. Estos sólidos se van depositando en las presas existentes en la zona, menguando su capacidad de regulación, lo que también contribuye a la peligrosidad de la zona.

Para evitar riesgos a la capital, las aguas de esta región (en la que algunos cauces cruzaban la ciudad) se han desviado a través de un sistema de presas, túneles y canales por el llamado Sistema Hidráulico de la Desviación Combinada, que bordea a la ciudad por el oeste y norte, para descargar las aguas captadas al drenaje profundo o al Gran Canal. Con este sistema se ha proporcionado a la ciudad un cierto grado de protección.

B).- GRUPO NOROESTE.

Es continuación del anterior y lo forman los ríos Cuautitlán y Tepetzotlán, los cuales son de la mayor importancia en la cuenca, en lo que a caudal se refiere. La pluviosidad en la zona es alta.

DESCRIPCION DEL SISTEMA.

El sistema de control de ríos regula a todas estas corrientes mediante una serie de presas y vasos que tienen una capacidad de almacenamiento conjunta de 127 000 000 m³.

A continuación se da la descripción general del sistema, incluyendo sólo a las estructuras principales. En la figura 4.2 se presenta un esquema del sistema de control de ríos.

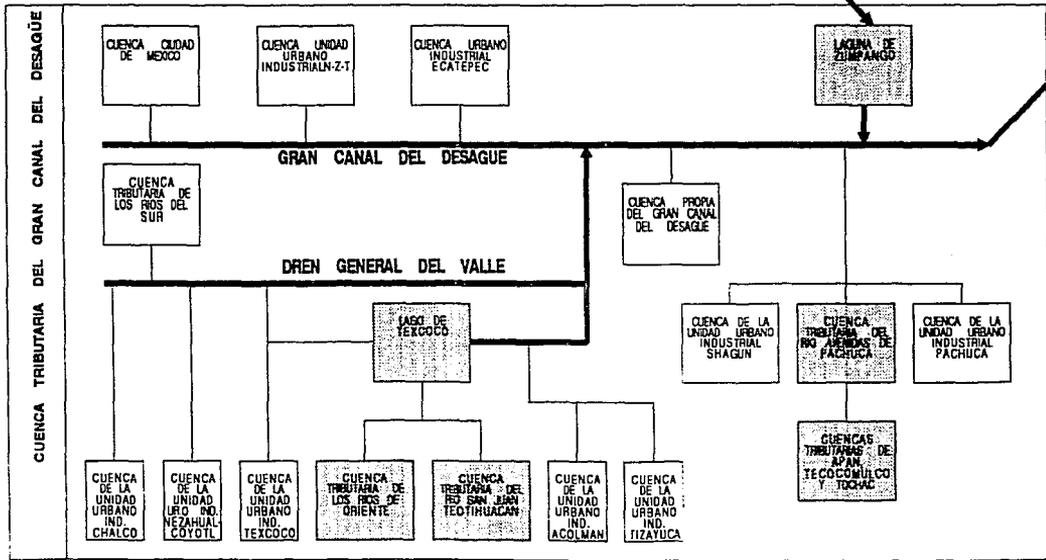
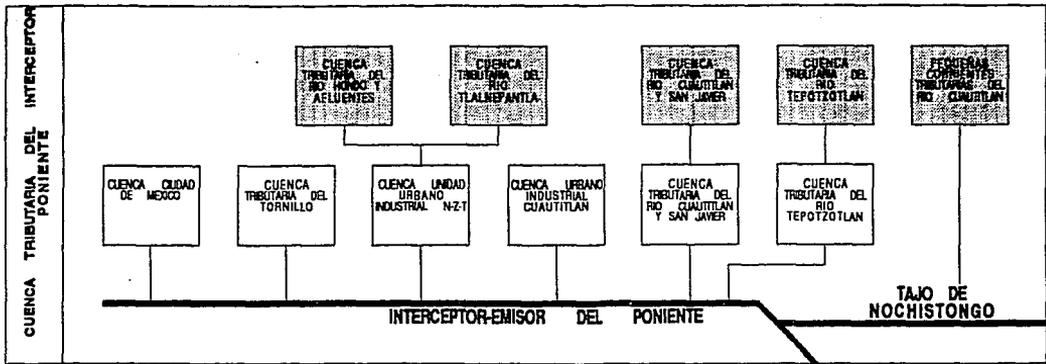
El sistema se inicia en la presa el Manantial, ubicada en las inmediaciones de Tizayuca, que controla y regula las aguas del río de las Avenidas de Pachuca y de su afluente el río Papalote; los caudales allí regulados son enviados a la laguna de Zumpango.

Los ríos San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango, Coxcacocaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica, Coatepec, San Francisco y el río de la Compañía desembocan al lago de Texcoco, por lo que son regulados en este vaso. De allí, a través del Dren General del Valle y el canal de la Draga, las aguas excedentes son enviadas al Gran Canal, en el km 17.

El colector principal de la zona es el Dren General del Valle, que tiene su origen en el río de la Compañía. Actualmente, los ríos de oriente son drenados por un colector que los conduce al lago artificial Nabor Carrillo, minimizándose de esta forma su aportación al Dren General.

En la época de lluvia, el caudal acumulado que simultáneamente debe manejar el sistema es del orden de 110 m³/s, de los cuales 73 corresponden al río Churubusco, 10 al drenaje del aeropuerto de la ciudad, 20 a los drenes Chimalhuacán I y II y 7 al río de la Compañía. En realidad, el caudal de este último río es de unos 58 m³/s, pero diversos taponamientos en su cauce provocan derrames, por lo que el gasto que llega al Dren General es sólo de 7 m³/s.

Cabe mencionar que los lagos de inundación artificiales en la zona del exlago ofrecen una significativa regulación de los caudales a manejar, permitiendo limitar la conducción del dren a sólo 45 m³/s. Esta limitación ha sido necesaria porque el dren ha perdido capacidad de conducción debido a los hundimientos del suelo en la zona.



AGUAS REGULADAS

AGUAS BRONCAS

U N A M

ENEP ACATLAN

FIG 4.2. EL SISTEMA DE CONTROL DE RIOS EN LA CUENCA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL ESQUEMA

ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ

El río San Buenaventura, que nace en la serranía del Ajusco, tiene a lo largo de su recorrido varias represas para aminorar la velocidad de la corriente y retener los azolves, antes de su desembocadura en el Canal Nacional, a la altura de Cuernavaca.

Las aguas de este canal desembocan en el lago de Xochimilco, junto con los escurrimientos de los ríos San Gregorio, San Lucas y Santiago.

La parte más complicada del sistema la integran las presas del poniente, las más de ellas enclavadas en el área metropolitana de la Ciudad de México. Un esquema de esta porción del sistema se muestra en la figura 4.3, y en la tabla 4.1 se indica su capacidad de regulación.

Los ríos Eslava y Magdalena, después de su confluencia, son regulados por la presa Anzaldo, ubicada en el Pedregal de San Angel. Asimismo, los arroyos Texcalatlaco, Coyotes y San Jerónimo son conducidos hasta dicha presa por medio de un conjunto de represas y conducciones denominado Desviación al Pedregal.

En efecto, la presa Texcalatlaco controla los escurrimientos de la barranca del mismo nombre; de allí, las aguas son conducidas a la presa San Jerónimo, para después derivarse, por conducto cerrado, a la presa de Anzaldo.

Las aguas reguladas en la presa Anzaldo son enviadas por el cauce del río Magdalena a la iniciación de la primera etapa del Interceptor del Poniente. Aquí se tiene la alternativa de conducir las por el propio Interceptor o derivarlas al río Churubusco, actualmente entubado, para conducir las finalmente al lago de Texcoco. La derivación está en función de las conveniencias de operación, según los niveles.

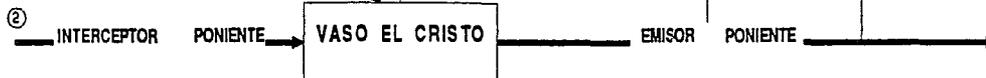
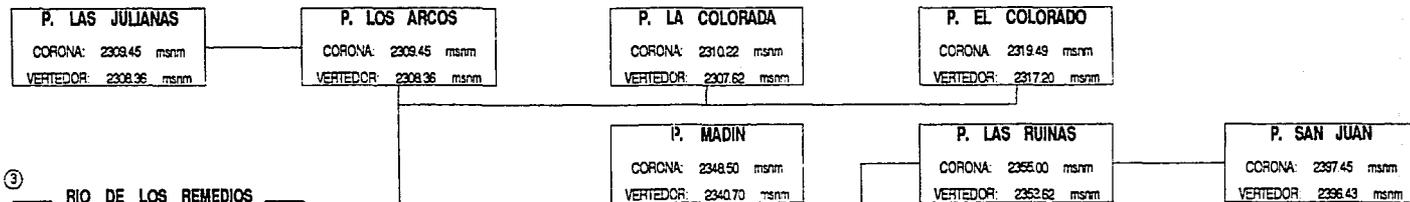
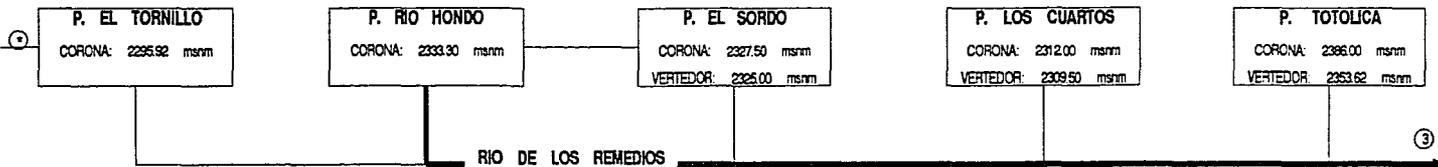
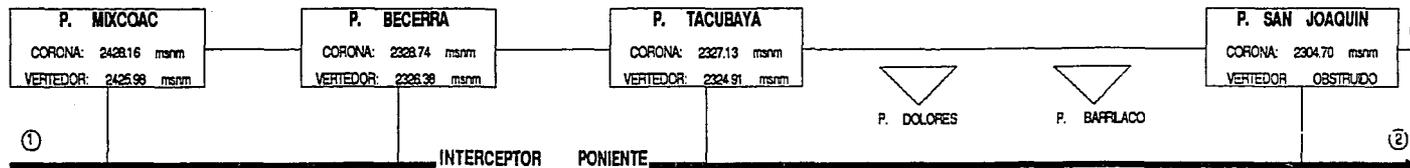
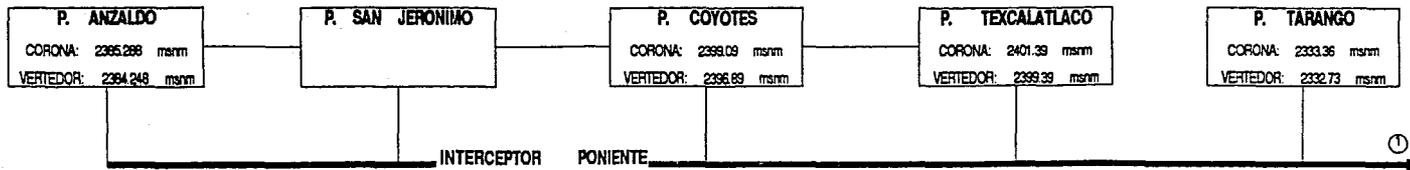
Más al norte, los ríos Barranca del Moral, Tequilazco, Pilares y Barranca del Muerto son regulados por las presas Las Flores, Tequilazco, La Mina y Pilares. En la presa Tarango son captadas las aguas del río Tarango y las de la Barranca del Muerto, además de las anteriores, que una vez controladas son dirigidas al Interceptor del Poniente, o bien, al río Mixcoac, que descarga sus aguas al río Churubusco.

Desde el río Mixcoac al norte, prácticamente inicia el Sistema de la Desviación Combinada.

Parte de las aguas del río Mixcoac, después de ser reguladas por la presa del mismo nombre son conducidas mediante obra de toma a pozos de absorción para la recarga de los acuíferos del Valle. Otro volumen importante de estas aguas se deriva por túnel hacia la presa Becerra.

TABLA 4.1. CAPACIDAD DE REGULACION DE LAS PRESAS DEL PONIENTE.

NOMBRE DE LA PRESA.	AREA DE LA CUENCA (Km ²)	ALMACENAMIENTO (m ³)	
		AL N.A.M.O.	AL N.A.M.E.
ANZALDO	82.38	107,600	138,700
TEXCALTLACO	6.44	70,700	83,300
TARANGO	5.16	187,300	195,500
MIXCOAC	33.19	511,000	661,000
BECERRA	6.93	83,000	128,000
TACUBAYA	9.70	218,900	268,000
TECAMACHALCO	13.00	82,000	157,000
SAN JOAQUIN	22.03	212,000	312,000
EL CAPULIN	10.50	8,400	18,040
EL TORNILLO	2.30	CAPACIDAD NULA	
DERIV. HONDO	112.39	7,700	INEXISTENTE
EL SORDO	23.56	551,000	620,000
LOS CUARTOS	21.81	584,000	844,000
TOTOLICA	18.31	1,484,000	1,709,700
LOS ARCOS	5.87	73,600	84,000
LAS JULIANAS	2.62	173,300	240,500
LA COLORADA	8.58	93,000	160,000
SAN JUAN	6.84	167,700	199,000
LAS RUINAS	3.21	123,000	161,600
CONCEPCION	62.70	10,500,000	12,300,000
EL MANANTIAL	INDEFINIDA	1,750,000	2,000,000
GUADALUPE	271.90	57,000,000	64,800,000
MADIN	99.80	14,000,000	18,700,000



U N A M		
ENEP ACATLAN		
FIG 4.3. EL SISTEMA DE PRESAS DEL PONIENTE		
TESIS	PROFESIONAL	ESQUEMA
ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ		

Esta, que se ubica al norte de Mixcoac, recibe también los caudales de su propia cuenca, para conducirlos, una vez regulados, por medio de otro túnel, a la siguiente presa del sistema, la de Tacubaya.

De esta presa, situada en la parte alta de la colonia Tacubaya, las aguas se guían a la presa Tecamachalco, para después ser enviadas a la presa de San Joaquín, ubicada entre las lomas de Chapultepec y las lomas de Tecamachalco. Aguas arriba del sistema está la presa el Capulín, cuyas aguas descargan a San Joaquín.

Las aguas de San Joaquín se envían a la presa el Tornillo, dentro del Campo Militar Nº 1. Una vez regulados y controlados, los caudales se desfogon por el canal Tornillo hacia el río Hondo, a la altura de el Molinito. Este río conduce todas sus aguas al vaso el Cristo.

Todas estas presas pueden descargar al Interceptor del Poniente, que se inicia en San Angel, y que capta también los escurrimientos pluviales que no se alcanzan a regular en el sistema de la Desviación Combinada, así como las aportaciones de la cuenca propia aguas abajo del sistema de interpresas, por medio de pequeñas represas que se regulan para efectuar descargas controladas al propio Interceptor o al río Churubusco.

El Interceptor capta también aguas residuales de la ciudad por medio de colectores. Este conducto descarga sus aguas al río Hondo, a la altura de Naucalpan, y de allí al vaso el Cristo.

El sistema de control continúa en el municipio de Naucalpan, en el propio río Hondo, donde se ubica la derivadora Hondo-Sordo, que a través de un túnel puede desviar las aguas a la barranca el Sordo; ésta descarga de nuevo al río Hondo, aguas abajo de la derivadora, para llegar finalmente al Cristo.

Los escurrimientos del río Los Cuartos son regulados por la presa de igual nombre, para después ser enviados al río Hondo, a la altura del Molinito.

En la presa Totolica, situada en San Lorenzo Totolica, se regulan las corrientes del río Totolica y se envían al río Hondo poco antes de su desembocadura al vaso el Cristo.

El sistema Hondo-Sordo, y las presas Los Cuartos y Totolica protegen de las avenidas a la zona Naucalpan.

El sistema río Chico de los Remedios está integrado por las presas Las Julianas y Los Arcos, situadas en las inmediaciones del parque nacional de los Remedios, y las presas el Colorado y la Colorada, al poniente de San Juan Totoltepec. En estas presas se regulan los escurrimientos del río Chico de los Remedios y su afluente, el río San Mateo, antes de su desembocadura en el Cristo.

Así, en el vaso el Cristo confluyen las aguas de las serranías del oeste de la ciudad, desde el Ajusco hasta San Mateo, que son las de mayor volumen y peligro para la capital. Esto hace que el Cristo sea la estructura de más importancia del sistema de control de ríos del Valle de México.

Para aumentar la capacidad reguladora de este vaso, se rehabilitaron los de Fresnos y Carretas, todos ellos con capacidad conjunta de 5.5 millones de metros cúbicos.

Una vez reguladas las aguas en el vaso el Cristo, se envían a la Segunda etapa del Interceptor Poniente, más comúnmente conocida como Emisor Poniente, o bien, son derivadas hacia el río de los Remedios.

Cuando las aguas captadas en el vaso el Cristo son descargadas a través del río de los Remedios, se tiene la alternativa de enviarlas al Emisor Poniente por medio de la obra de incorporación localizada a la altura de la avenida de los Cien Metros; o al Gran Canal, ya con las aportaciones de los ríos San Javier y Tlalnepantla. Estas operaciones son determinadas sobretodo por el nivel en el Gran Canal.

Antes de desembocar al Gran Canal, las aguas del río Tlalnepantla son reguladas en la presa Madín. Aguas abajo de esta estructura, los caudales de este río pueden derivarse, mediante una estructura localizada en San Andrés Atenco, al Emisor del Poniente, a la altura de la colonia Acueducto de Guadalupe, o al río de los Remedios.

Asimismo, las aguas del río San Javier, afluente del de los Remedios, son reguladas en su cuenca alta mediante las presas San Juan y las Ruinas, que protegen así la zona urbana del municipio de Atizapán de Zaragoza. Parte de los caudales del río San Javier son derivados al Emisor Poniente. Aguas abajo del emisor, el río San Javier conduce aguas pluviales y residuales del municipio de Tlalnepantla, para enviarlas al río de los Remedios o al Emisor Poniente, también a la altura de Acueducto de Guadalupe.

La presa de Guadalupe, cuyo vaso puede almacenar 57 millones de metros cúbicos, es la mayor del sistema; con ella se regulan las corrientes de los ríos San Pedro, San Ildefonso y La Colmena; descargando los excedentes al río Cuautitlán.

La presa de Guadalupe protege de inundaciones a los municipios de Tultitlán, Cuautitlán, Lechería y Cuautitlán Izcalli, en el Estado de México.

El río Tepetzotlán es regulado en la presa la Concepción, que tiene una capacidad de almacenamiento de 12 millones de metros cúbicos, lo que le permite proteger gran parte de los municipios de Tepetzotlán y Teoloyucan.

Aguas abajo de la presa la Concepción, los caudales del río Tepetzotlán son manejados en la represa el Alemán, para de allí enviarlos hacia el río Cuautitlán, o al río Chico de Tepetzotlán, donde confluyen las aguas derivadas del río Tepetzotlán y el río Cuautitlán.

Se ha dicho que varias corrientes descargan en el Emisor Poniente; así, sintetizando, recordemos que este emisor inicia en el vaso el Cristo, y por medio de colectores recibe las aportaciones de las zonas industriales de Naucalpan, Atizapán de Zaragoza y Tlalnepantla, así como parte de los escurrimientos de los ríos San Javier y Tlalnepantla.

Todos estos caudales se conducen por túnel hasta salir a cielo abierto cerca de San Martín Obispo, a la altura de Lechería. En este punto, el caudal conducido por el Emisor se incrementa con las aportaciones de los municipios de Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Tultitlán y Teoloyucan.

En Berriózabal se incorpora al Emisor Poniente el río Cuautitlán. Ambas corrientes son manejadas por medio de la represa derivadora de Santo Tomás, que da la opción de enviar las aguas fuera de la cuenca a través del Tajo de Nochistongo, o bien, a la laguna de Zumpango por el canal de Santo Tomás.

La laguna de Zumpango es, por tanto, el último vaso regulador del sistema de control de ríos del Valle de México. Sus aguas son descargadas al Gran Canal del Desagüe, en el km 47, antes de su entrada a los túneles de Tequixquiac.

Así, el Gran Canal del Desagüe, que nace en la Ciudad de México, en las calles de imprenta (cerca del inicio de la Calzada Ignacio Zaragoza), recibe aportaciones de las aguas residuales del área metropolitana de la Ciudad de México, de sus zonas industriales, del río de los Remedios y de las aguas reguladas del lago de Texcoco. No obstante haberse diseñado para un escurrimiento de 5.0 m³/s, ha registrado gastos de 170 m³/s, lo cual ha sido posible gracias a los trabajos de mejoramiento que se han realizado a lo largo del mismo, en especial a la sobre-elevación de bordos longitudinales.

El Gran Canal concluye su recorrido después de 47.5 km, en las cajas de entrada de los túneles de Tequixquiac. En estas cajas, por un sistema de compuertas, se regula la entrada del agua a cada uno de los dos túneles, con diámetro de cuatro metros.

En el km 8 del Gran Canal existe una derivación hacia el drenaje profundo.

La capacidad reguladora de todo el sistema de presas y vasos es de 127 millones de metros cúbicos, volumen que llenaría un estanque de poco más de 11 km por lado, con una profundidad de un metro.

Todo este sistema de intercepción y regulación ha sufrido los efectos de la urbanización acelerada, que ha provocado azolvamientos de presas y cauces, invasiones en zonas de regulación y estrechamientos de los cauces por estructuras de cruce, lo que obliga a continuos trabajos de mantenimiento y obras adicionales de rehabilitación para aumentar las capacidades de los cauces y preservar las de regulación en los vasos.

ESTRUCTURAS PRINCIPALES DEL SISTEMA.

Desde luego, algunos elementos del sistema que se acaba de describir son más importantes que otros. Así, por ejemplo, resultan primordiales los grandes conductos que desalojan fuera de la cuenca los volúmenes de agua pluvial y residual. También, entre los vasos reguladores, es evidente que El Cristo resulta mucho más importante que cualquier otro vaso. A continuación se da una descripción más detallada de los elementos principales del control de ríos.

1.- GRAN CANAL DEL DESAGUE.

Construido a finales del siglo XIX, conduce las aguas residuales de sur a norte de la Ciudad de México. Este conducto a cielo abierto tiene una longitud de 47.5 km, con secciones variables; la pendiente media de la plantilla es casi nula y existen varios tramos en contrapendiente en su parte inicial, ocasionados por los hundimientos diferenciales del suelo, lo que hace que el canal tenga que trabajar por bombeo.

Desagua por bombeo la parte baja de la ciudad, que es prácticamente la mayor de la zona urbana del Distrito Federal. En su origen fue construido para un gasto de $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$, y en ocasiones trabajó peligrosamente con gastos hasta de $170 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que fue posible por la construcción y sobreelevación de bordos marginales. En sus márgenes tiene instaladas 11 plantas de bombeo con capacidad conjunta de $212 \text{ m}^3/\text{s}$.

Además de las aportaciones de varios subsistemas de colectores, el Gran Canal cuenta con la aportación del lago de Texcoco, de aproximadamente $25 \text{ m}^3/\text{s}$; también tiene una descarga hacia el Interceptor Oriente con un gasto de $96 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que en parte elimina las situaciones de peligro que representa la sobreelevación de los bordos de contención sobre los márgenes del canal.

La descarga de este conducto se realiza a través de los túneles de Tequixquiac, integrándose su caudal al río Salado, en la cuenca del río Tula.

2.- RIOS DE LOS REMEDIOS, TLALNEPANTLA Y SAN JAVIER.

El río de los Remedios tiene una interacción muy compleja con el sistema de presas del poniente de la Cuenca de México -de allí su importancia-, ya que todas las aguas captadas en esa zona llegan parcial o totalmente al vaso El Cristo, mediante el sistema de conducción Interceptor Poniente - Canal Tornillo - río Hondo.

Los ríos Tlalnepantla y San Javier (ambos importantes conductos en el desagüe de la cuenca) no escapan completamente a la interacción con el sistema poniente, ya que el vaso el Cristo descarga parte de sus aguas en el río de los Remedios y parte al Emisor Poniente. Este último puede recibir los caudales de los ríos Tlalnepantla y San Javier, o dejarlos pasar al de los Remedios, para que éste los conduzca hacia el Gran Canal.

El río Tlalnepantla posee tres zonas: La primera comprende desde el nacimiento del río hasta la presa Madín, que representa un área de 105 km². Hasta 1974, la presa Madín tenía una capacidad útil de 700 000 m³, insuficiente para controlar las avenidas de la parte alta de la cuenca y por ello se producían grandes inundaciones. Actualmente, la presa tiene una capacidad total de 25 000 000 m³, de los cuales 14 000 000 corresponden a la capacidad de aprovechamiento del agua, 4 700 000 para control de avenidas y 6 300 000 para azolves.

La segunda zona en el río Tlalnepantla está entre la presa Madín y el Emisor Poniente, cubriendo un área de 17.1 km²; de acuerdo con las precipitaciones, el coeficiente de escurrimiento y el tiempo de concentración de la zona, resulta que el gasto máximo de hidrograma es 53.7 m³/s. La capacidad de la toma del Emisor para el río Tlalnepantla es de 15 m³/s.

La tercera zona comprende desde el Emisor Poniente hasta su confluencia con el río de los Remedios. El área de esta zona es de 14.2 km² y está completamente urbanizada. El volumen de escurrimiento es de 449 000 m³ con un gasto máximo de 18 m³/s.

Dentro de la cuenca del río San Javier se distinguen tres corrientes principales: el río San Javier propiamente dicho y sus dos afluentes importantes: La Zanja Madre y el arroyo Cuauhtepac. El área de captación hasta su confluencia con el río de los Remedios es de 93 km², de los cuales 20.2 corresponden a la cuenca del río Cuauhtepac, 18.4 a la cuenca de la Zanja Madre y 54.4 al río San Javier.

Asimismo, éste considera tres zonas: La primera comprende desde el nacimiento del río hasta la presa las Ruinas, cuya capacidad de regulación evita que las avenidas generadas en las partes altas de la cuenca no coincidan con las generadas aguas abajo, cuya regulación se logra con la presa San Juan. Esta zona tiene un área de 18.5 km², y la avenida esperada para un periodo de retorno de 50 años tendría un volumen de 366 000 m³.

La segunda zona del río San Javier, comprendida entre la presa Las Ruinas y el Emisor Poniente, tiene un área de 31 km². El gasto pico puede ser de 74.5 m³/s, de los cuales el Emisor sólo capta hasta 35 m³/s.

La última zona va del Emisor Poniente a la confluencia con la Zanja Madre, con lo que se cubre un área de 4.9 km² completamente urbanizada. En estas condiciones se tiene un volumen de escurrimiento de 155 000 m³ con un gasto máximo de 8.8 m³/s.

La Zanja Madre no realiza aportaciones de caudales al Interceptor Poniente y comprende desde el nacimiento del río hasta su confluencia con el río San Javier. Posee un área de 18.4 km², de los cuales 14.7 km² aproximadamente se consideran urbanizados. Su avenida máxima representa un gasto de 36.5 m³/s, lo que equivale a un volumen de 538 000 m³.

3.- CANAL NACIONAL Y DE CHALCO.

Estos dos canales se localizan en el sureste de la Ciudad de México y son de gran importancia por su área drenada.

El canal de Chalco se inicia en el pueblo de Tláhuac y se incorpora al Canal Nacional cerca de la confluencia de éste con la calzada de la Virgen. Su función es la de conducir las aguas residuales y pluviales de la zona de los pueblos de Tláhuac y de Tulyehualco hacia el canal Nacional. Sus acciones son irregulares y su pendiente casi nula; además, en algunos tramos ha desaparecido dicho canal.

El canal Nacional se inicia en los canales de Xochimilco y termina en la confluencia con el río Churubusco. Inicialmente conducía aguas negras del río Churubusco hacia los canales de Xochimilco, después de haberles dado un tratamiento en la planta de Xochimilco, que se localiza cerca del río Churubusco. Actualmente es utilizado para regular las avenidas provenientes del río San Buenaventura.

4.- DREN GENERAL DEL VALLE.

Es uno de los más importantes de la Cuenca de México, ya que recibe casi la totalidad de aguas residuales del oriente de la cuenca; se inicia en la corriente Tlalpizahua, el cual absorbe los escurrimientos provenientes de los drenes de la Compañía, Ameca y Lago de Texcoco, descargándolos al Gran Canal del Desagüe a la altura del colector La Draga.

El problema del dren general del Valle es que no posee una pendiente uniforme, pues sus hundimientos no han sido en la misma proporción que en la zona ocupada de la Ciudad de México.

5.- VASO EL CRISTO.

El vaso el Cristo se encuentra al poniente de la ciudad y es en realidad el elemento más importante en el sistema de control de ríos. Puede considerarse como un vaso de almacenamiento natural; limita al norte con el río de los Remedios, al sur y este con el Interceptor Poniente, y al oeste con Ciudad Satélite. Posee un área aproximada de 1.1 km² y una capacidad de almacenamiento de unos 3 800 000 m³.

La finalidad principal de este vaso es regular las aportaciones de la parte poniente de la ciudad, por medio del río Hondo, el cual a su vez recibe las aportaciones del canal el Tornillo con los escurrimientos de los ríos Mixcoac, Tacubaya, Tecamachalco y San Joaquín, también desagua en el río Hondo -y consecuentemente en el Cristo-, el Interceptor Poniente, al cual lo aportan los ríos Magdalena, San Jerónimo, barranca Coyotes, San Angel, Tequilazco, barranca del Muerto y río Mixcoac.

Una vez que las aguas son reguladas en el Cristo, éstas son drenadas por el río de los Remedios al Gran Canal del Desagüe, el cual las conduce hasta los túneles de Tequixquiac que desaguan en el río Salado; cuando las avenidas son máximas, el Cristo desagua en el Emisor Poniente, que conduce las aguas residuales y pluviales hasta el Tajo de Nochistongo.

Los gastos regularizados en el vaso el Cristo se descargan por medio de dos estructuras de control: la toma baja descargada hacia el río de los Remedios, y la toma alta hacia el Emisor Poniente.

4.3.- EL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.

A partir de 1975, año en que se concluyó la primera etapa del drenaje profundo, éste se convirtió en uno de los componentes más importantes del sistema de desagüe de la Ciudad de México, y en general de la cuenca. El sistema consta de varios interceptores que fluyen hacia un mismo conducto (emisor) para evacuar las aguas.

Para lograr el desalojo de las aguas residuales y pluviales son necesarias estructuras que permitan conducir y controlar los caudales generados desde la red secundaria y primaria hasta el drenaje profundo. Así, el sistema se complementa con cajas de captación, colectores de alivio, cajas de control, cámaras en espiral, cimacios, lumbreras adosadas y vertedores.

La más importante ventaja del sistema es que por sus características de construcción y por la profundidad a la que se encuentra, no es afectado por el hundimiento de la ciudad -cosa que perjudica grandemente a la red de drenaje-, además que opera totalmente por gravedad, por lo que se considera que será una obra durable y económica a largo plazo.

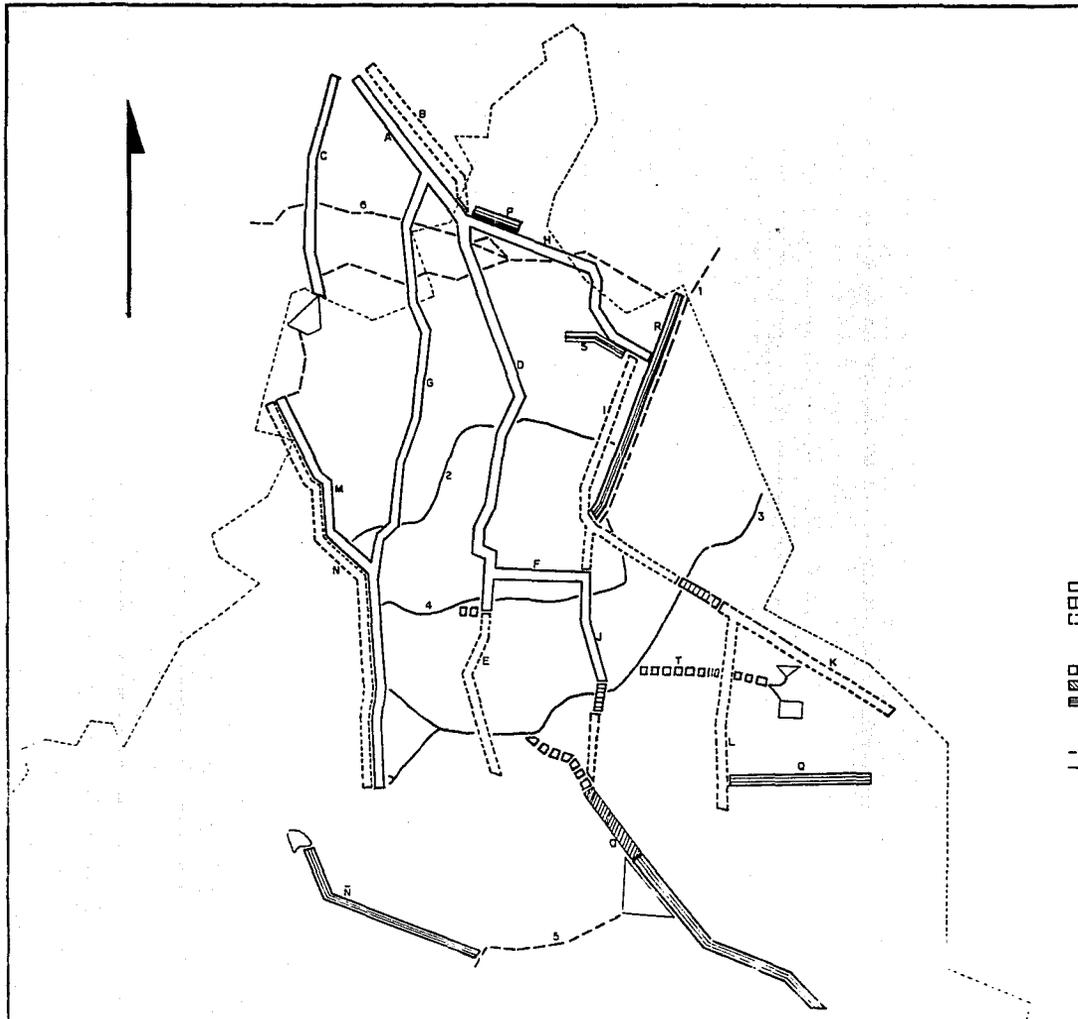
Actualmente, el sistema del drenaje profundo está compuesto por las estructuras que se describen a continuación, y que se pueden ver en la figura 4.4.

EL INTERCEPTOR DEL PONIENTE.

Constituye una de las obras más importantes del sistema de drenaje del D.F., ya que su principal función es la de recibir y desalojar los escurrimientos de la zona alta del poniente de la cuenca. Por cierto que tanto este conducto como su segunda etapa, es decir, el Emisor Poniente, se consideran indistintamente como parte del sistema de Drenaje Profundo o como parte del sistema de Control de Ríos.

El área de la cuenca captada por este interceptor es de aproximadamente 267 km², desde Villa Alvaro Obregón hasta Naucalpan de Juárez y de la Sierra de las Cruces hasta el interceptor, ubicado a la altura del Periférico. Su longitud es de 16.5 km, de los cuales 13.5 km corresponden a un túnel de 4 m de diámetro y los 3 km restantes son de canal a cielo abierto.

Su pendiente media es de 0.0005 y posee una capacidad de conducción de 25 m³/s. Se inicia en el Jardín del Arte de San Ángel y continúa su trazo hacia el norte en una forma paralela al Periférico, hasta descargar al vaso el Cristo por medio del río Hondo.



- COMPONENTES**
- A).- EMISOR CENTRAL
 - B).- EMISOR CENTRAL II
 - C).- EMISOR PONIENTE
 - D).- INTERCEPTOR CENTRAL
 - E).- INTERCEPTOR CENTRAL (PROJ)
 - F).- INTERCEPTOR CENTRO-CENTRO
 - G).- INTERCEPTOR CENTRO-PONIENTE
 - H).- INTERCEPTOR ORIENTE
 - I).- INTERCEPTOR ORIENTE (PROYECTO)
 - J).- INTERCEPTOR ORIENTE (RAMO SUR)
 - K).- INTERCEPTOR ORIENTE-ORIENTE
 - L).- INTERCEPTOR ORIENTE-SUR
 - M).- INTERCEPTOR PONIENTE
 - N).- INTERCEPTOR PONIENTE II
 - A).- SEMIPROFUNDO ANZALDO SAN BUENAVENTURA
 - C).- SEMIPROFUNDO CANAL NACIONAL-CANAL CHALCO
 - P1.- SEMIPROFUNDO CUAUITEPEC
 - C).- SEMIPROFUNDO EFEMTA
 - F).- SEMIPROFUNDO GRAN CANAL
 - S).- SEMIPROFUNDO INDIOS VERDES
 - T).- SEMIPROFUNDO IZTAPALAPA

- CONDUCTOS SUPERFICIALES**
- 1.- GRAN CANAL DEL DESAGUE
 - 2.- RIO CONSULADO
 - 3.- RIO CHURUBUSCO
 - 4.- RIO PIEDAD
 - 5.- RIO SAN BUENAVENTURA
 - 6.- RIO TLALNEPANTLA

- DRENAJE PROFUNDO**
- EXISTENTE
 - EN PROCESO DE CONSTRUCCION
 - PROYECTO FUTURO

- DRENAJE SEMIPROFUNDO**
- EXISTENTE
 - EN PROCESO DE CONSTRUCCION
 - PROYECTO FUTURO

- CONDUCTOS SUPERFICIALES**
- RIO O CANAL
 - COLECTOR O RIC ENTUBADO

U N A M		
ENEP ACATLAN		
FIG 4.4. EL SISTEMA DEL DRENAJE PROFUNDO		
TESIS PROFESIONAL	ESQUEMA	
ALEJANDRO PEREZ ENRIQUEZ		

Los principales ríos captados por el Interceptor Poniente son:

a).- Tributarios del río Churubusco: Magdalena, San Angel, Tequilazco, Barranca del Muerto y Mixcoac.

b).- Tributarios del río de La Piedad: Becerra y Tacubaya.

c).- Tributarios del Río Consulado: Dolores, Barrilaco, Tecamachalco y San Joaquín.

Las estructuras que contiene el interceptor en todo su trayecto son 27 lumbreras, 14 cajas de captación y 2 rampas hidráulicas.

EL EMISOR DEL PONIENTE.

La segunda etapa del Interceptor Poniente, comúnmente conocida como Emisor Poniente, es una de los elementos más importantes del sistema de desagüe del Valle de México, ya que absorbe escurrimientos de varios ríos del poniente de la cuenca y conduce las aportaciones del Interceptor del Poniente.

A lo largo de su recorrido, el Emisor Poniente recibe los caudales de los ríos Hondo, Chico de los Remedios, Tlalnepantla y San Javier.

El Emisor del Poniente fue creado para resolver los problemas relativos al drenaje pluvial y sanitario, la protección contra inundaciones y el control de avenidas en lo que se conoce como la unidad urbano-industrial Naucalpan-Zaragoza-Tlalnepantla y la zona poniente de la ciudad. Sin embargo, la finalidad principal de este conducto, es la de descargar aguas residuales y pluviales fuera de la Cuenca de México, a través del Tajo de Nochistongo, hacia el río el Salto.

El conducto se inicia en el extremo norte del vaso el Cristo, con la confluencia de los ríos Hondo y Chico de los Remedios. Atraviesa una parte del Puesto de Vigas y pasa en túnel debajo del cerro del Xocoyahualco. Cruza después el valle del río Tlalnepantla, pasando debajo de la autopista México-Querétaro hasta llegar al río Tlalnepantla, aguas abajo de la presa Atenco, en donde se localiza una estructura para interceptar a esta corriente.

Después del cruce con el río Tlalnepantla, el emisor continúa hacia el norte, pasando por debajo del cerro de Atenco. Atraviesa después el fraccionamiento Las Arboledas hasta su intersección con el río San Javier, que descarga en el emisor.

A continuación el túnel cruza el cerro de Tequesquínahuac y la carretera México-Querétaro, para seguir luego en dirección noreste, hasta cruzar el lomerío de Barrientos, donde termina el conducto cerrado del emisor, en el km 12 + 300, y empieza el tramo en sección abierta con talud de 1.5:1.

El Tramo en canal pasa al sur de Lechería, continua al poniente del pueblo de San Martín Obispo, para seguir después hacia el norte, hasta la confluencia con el río Cuautitlán, cuyo cauce sigue, hasta la entrada al canal de Santo Tomás.

En el extremo del emisor se proyectó una estructura que permite derivar el agua, ya sea a la laguna de Zumpango, a través del Canal de Santo Tomás, o al tajo de Nochistongo, utilizando el cauce del río Cuautitlán.

EL EMISOR CENTRAL.

Este conducto constituye la columna vertebral del sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México, ya que es una de las más importantes estructuras evacuadoras de las aguas residuales y pluviales de la cuenca.

Este emisor cuenta con 25 lumbreras en su recorrido, y se encuentra en profundidades que varían de 48.3 m (Lumbrera 0) hasta 217 m (Lumbrera 16). Así, su profundidad media es de 127 m, la longitud de su trazo es aproximadamente de 49.7 km y tiene una pendiente media de 0.002, que con un diámetro de 6.5 m le permite desalojar un caudal de 220 m³/s.

El Emisor Central se inicia en la Lumbrera 0, la cual se encuentra ubicada en Cuauhtepec, delegación Gustavo A. Madero. El tramo comprendido de la Lumbrera 0 a la 1 pasa por abajo del cerro Tenayo y continua hacia Barrientos, en el municipio de Tlalnepantla; luego atraviesa la autopista México-Querétaro a la altura de Cuautitlán, para llegar a la Lumbrera 5. De ésta hasta la Lumbrera 13, ubicada en el municipio de Huehuetoca, el trazo del emisor va paralelo a la carretera México-Querétaro, al oeste de la misma, exceptuando el tramo entre las lumbreras 8 y 10 que tiene un desvío hacia el poniente.

El tramo comprendido entre la Lumbrera 13 y la 14A cruza nuevamente la citada autopista, a la altura del puente de Jorobas. El emisor sigue hacia el noroeste y entre las lumbreras 15 y 16 cruza el parteaguas que divide a la cuenca de México de la del Río Pánuco.

El emisor sigue el mismo recorrido hasta la Lumbrera 17, donde sufre una pequeña desviación hacia el poniente, para llegar a la Lumbrera 21 y el Portal de Salida.

El emisor descarga en el río El Salto a través del portal de salida y las aguas se conducen hasta la presa Requena o al canal El Salto-Tlamaco y posteriormente al río Tula y a la presa Endó, que satisface las demandas de agua de la zona de riego N^o 3 (El Mezquital). El río Tula es influente del Moctezuma y éste, a su vez, del Pánuco, que descarga en el Golfo de México.

La función más importante del Emisor Central es conducir fuera de la cuenca del Valle de México las aguas de Los interceptores Centro-Poniente, Central y Oriente.

INTERCEPTOR CENTRO-CENTRO.

Este conducto une a los Interceptores Oriente y Central. Se inicia en la lumbrera 1, ubicada en la esquina de las calles Dr. Durán y Dr. Vértiz, y termina en la lumbrera 4, en Agiabampo y Francisco del Paso y Troncoso.

En corto plazo beneficiará a algunas de las colonias de la zona centro del Distrito Federal. Para esto se construyó una estructura de captación que comunica al colector 10 con la lumbrera 2. En mediano plazo conducirá las aguas del Interceptor Oriente, que a su vez aliviará al río Churubusco y al túnel semiprofundo Canal Nacional-Canal de Chalco.

INTERCEPTOR CENTRAL.

Este conducto se encuentra construido desde la lumbrera 4, en el cruce de las avenidas Dr. Vértiz y Obrero Mundial, hasta la Lumbrera 0 del Emisor Central, en Cuauhtepéc.

Cuenta con un diámetro de 5 m y su capacidad de conducción es de 90 m³/s

El Interceptor Central aliviará al río de la Piedad y capta los colectores de Tabasco, 5 de Mayo, Héroes, río Consulado, Cuiciláhuac, Fortuna y Moyobamba. También cuenta con obras de toma de los ríos Remedios, Tlalnepantla, San Javier y Cuauhtepéc. Beneficia a las delegaciones Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Cuauhtémoc y parte de la Benito Juárez.

INTERCEPTOR ORIENTE.

Este interceptor principia en la obra de toma del Gran Canal del Desagüe, en el km 6 + 985 del propio canal; de ese sitio continúa con sección rectangular superficial hasta la Lumbreira 8C ubicada en el cruce de la avenida Oriente 157 y calle 72-A, en la colonia Salvador Díaz Mirón, cubriendo un recorrido de casi un kilómetro.

De la Lumbreira 8C el interceptor se dirige a la colonia Santa Isabel Tola, a una profundidad media de 55 m; de allí sigue un recorrido sensiblemente paralelo al río de Los Remedios, para desviarse luego hacia su término en la Lumbreira 0 del Emisor Central, en Cuauhtepc.

La longitud total del Interceptor Oriente es de casi 15 km, con un diámetro de 5 m y una pendiente promedio de 0.0005, con lo cual puede transportar un gasto de 85 m³/s.

La función principal de este túnel es aliviar al Gran Canal del Desagüe, del cual depende para su drenaje gran parte del Distrito Federal. También cuenta con una captación en la Lumbreira 13 para el desfogue de la Laguna de regulación El Arbolillo en Cuauhtepc, con lo que se beneficia una parte de la delegación Gustavo A. Madero.

INTERCEPTOR CENTRO-PONIENTE.

Este conducto de 4 m de diámetro y pendiente de 0.0013 se inicia en la Lumbreira 14 del Interceptor Poniente, cerca del Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad, en la segunda sección del Bosque de Chapultepec, siguiendo después las avenidas Molino del Rey, Chivatito, Gandhi, Taine, Newton, Mariano Escobedo, Cuitláhuac, Granjas, Ceylán y calle Turmalina. Continúa después hacia el norte por la calle Villahermosa y termina en la Lumbreira 1 del Emisor Central, en el cerro del Tenayo.

Posee estructuras de captación en 5 Lumberas, que captan los colectores Rubén Darío, Río San Joaquín, Refinería Trujillo, Salomón Lerdo de Tejada y Colector 15. Con esto beneficia a gran parte de las delegaciones Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, además de una parte del área perteneciente al Estado de México.

Por otra parte, esta estructura se ha concebido también para proporcionar un alivio al Interceptor Poniente, permitiendo con ello mayor flexibilidad en el manejo de las aportaciones provenientes del poniente de la ciudad.

COLECTORES SEMIPROFUNDOS.

En cuanto a la infraestructura de colectores semiprofundos, destacan los siguientes:

1.- COLECTOR SEMIPROFUNDO DE IZTAPALAPA.

Tiene una longitud de 5 500 m y capta gran parte de la delegación Iztapalapa; conduce las aguas hasta la planta de bombeo Central de Abasto II, que las incorpora al río Churubusco.

También recibe los desfogues de las lagunas Mayor y Menor de Iztapalapa, que benefician la parte noreste de esa delegación.

2.- COLECTOR SEMIPROFUNDO OBRERO MUNDIAL.

Tiene una longitud de 800 m y un diámetro de 3.20 m; cuenta además con dos lumbreras. Su trazo es paralelo al río de la Piedad, captando a este último en la lumbrera 2 por medio del colector Xochicalco, y captará, en un futuro próximo, los escurrimientos de la zona poniente de la delegación Benito Juárez a través del colector Pestalozzi, actualmente en proyecto, para descargarlos posteriormente en la lumbrera 4 del Interceptor Central.

3.- COLECTOR SEMIPROFUNDO CANAL NACIONAL-CANAL DE CHALCO.

Las dimensiones de este colector son 5.9 km de longitud (en la actualidad sólo se han terminado 3.2 km) y 3.10 m de diámetro. Desfogará a la laguna de regulación Ciénega Grande. Su caudal será conducido hacia el Interceptor Oriente o al río Churubusco mediante la planta de Bombeo Miramontes. Con esta obra se beneficiará principalmente a los habitantes de las delegaciones Coyoacán e Iztapalapa, y una parte de la delegación Xochimilco.

En la tabla 4.2 siguiente se dan los datos hidráulicos de las obras terminadas en el Drenaje Profundo y Semiprofundo.

TABLA 4.2. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS: DRENAJE PROFUNDO Y SEMIPROFUNDO

OBRA	LONGITUD	DIAMETRO	CAPACIDAD	PENDIENTE	PROFUNDIDAD (m)	
	km	m	m ³ /s	m/km	MINIMA	MAXIMA
INTERCEPTOR PONIENTE	16.50	4.00	25	0.50	EXISTE UN TRAMO SUPERFICIAL	
EMISOR PONIENTE	32.00	CANAL ABIERTO	80	0.50	EXISTE UN TRAMO SUPERFICIAL	
EMISOR CENTRAL	50.00	6.50	220	2.00	48	217
INTERCEPTOR CENTRO-CENTRO	3.70	5.00	90	0.02	25	26
INTERCEPTOR CENTRAL	16.00	5.00	90	0.50	22	41
INTERCEPTOR ORIENTE	15.00	5.00	85	0.50	37	55
INTERCEPTOR CENTRO-PONIENTE	16.50	4.00	40	1.30	22	51
COLECTOR SEMIPROFUNDO IZTAPALAPA	5.50	3.20	20	0.00	11.50	15.50
COLECTOR SEMIPROFUNDO OBRERO MUNDIAL	0.80	3.20	20	1.50	10	16
COLECTOR SEMIPROFUNDO CANAL NACIONAL-CANAL DE CHALCO	3.20	3.10	20	0.15	15	17

4.4.- ESTADO DE CONSERVACION DEL SISTEMA GENERAL DEL DESAGUE.

Ahora se hará una revisión del estado actual de los sistemas descritos anteriormente, es decir, del sistema general de drenaje, el sistema de drenaje profundo y el sistema de control de ríos.

Es evidente que una inundación causada por el desbordamiento de un río o una presa es mucho más peligrosa que la provocada por deficiencias en el drenaje. Por tanto, se prestará más atención a la revisión del sistema de control de ríos, además de que éste es, sin duda, el más complicado de los tres sistemas.

RED SECUNDARIA DE DRENAJE.

El principal problema que presenta el sistema secundario de drenaje para su buen funcionamiento es el taponamiento de coladeras pluviales, lo que provoca numerosos encharcamientos e inundaciones. El bloqueo es producido por la basura de la calle, desperdicios que muchos usuarios arrojan por los albañales de sus casas, y acarreo de material producto de la erosión de los suelos, que provocan azolvamiento en las zonas donde las atarjeas tienen poca pendiente.

Aunque hace años existe un programa de limpieza de las redes secundaria y primaria del sistema de drenaje del Distrito Federal, existen aún problemas de incapacidad de algunos tramos debido a bloqueos parciales o totales. La falta de limpieza en las tuberías se debe, principalmente, a los pocos recursos monetarios, humanos y materiales, pues los disponibles se destinan a programas constantes en zonas donde el azolvamiento provoca problemas graves de encharcamientos, ya que las tuberías han sufrido deformaciones en sus pendientes originales por efecto de los hundimientos en la ciudad, provocados por la consolidación de estratos arcillosos.

Otros factores que evitan programas eficaces de desazolve son:

- a).- La gran cantidad de azolve ya existente, que afecta a los rendimientos. Esto es porque al no realizarse trabajos de limpieza constantes, aumenta el material depositado en las tuberías, lo que finalmente incrementa el tiempo necesario para removerlo.
- b).- Cuando el azolve permanece largo tiempo en las tuberías, tiende a endurecerse, dificultando aún más el trabajo de removerlo.
- c).- En las zonas con servicio de alcantarillado normalmente la densidad de tránsito de vehículos es muy acentuada; esto implica la necesidad de mayor tiempo en el movimiento de equipo y, en ocasiones, de trabajos nocturnos.

La cantidad de azolve existente en la red secundaria de drenaje varía en cada tramo; no obstante, de acuerdo con investigaciones realizadas por la D.G.C.O.H. en los mismos trabajos de desazolve, el nivel de los sólidos depositados en las tuberías alcanza un 25% de los diámetros, porcentaje que significa un notable decremento en la capacidad de conducción.

RED PRIMARIA DE DRENAJE.

Al igual que la red secundaria, los colectores primarios sufren de incapacidad para aceptar los escurrimientos que a ellos llegan, dando lugar a inundaciones o, al menos, a encharcamientos en diversas zonas de la ciudad.

Debido al acelerado crecimiento urbano que sigue teniendo la capital mexicana, y a la consolidación y consecuente hundimiento del subsuelo -ya característico de la ciudad-, se han ocasionado problemas de insuficiencia en la red de drenaje existente.

En efecto, las áreas servidas por los colectores primarios se han incrementado notablemente, al mismo tiempo que los movimientos del subsuelo se han traducido en una disminución significativa de las pendientes hidráulicas de los colectores, reduciéndose, por tanto, la capacidad de conducción. Este decremento implica, finalmente, que se produzcan encharcamientos e inundaciones en las zonas de la ciudad en las que los colectores presentan problemas de este tipo.

La construcción de infraestructura para proporcionar otros servicios urbanos a la población, como es el caso del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), ha obligado a implementar sifones invertidos para librar por debajo las estructuras que interfieren con el recorrido normal de los colectores. Esto se traduce en una disminución de la capacidad de conducción, así como en problemas de azolve en los sifones.

Otro problema identificado en la red primaria es la acumulación de azolves en los colectores, el cual es el resultado de acarreo de materiales producto de la erosión de los suelos, así como de la basura y desperdicios arrojados por los usuarios.

Respecto al complemento principal de la red primaria, es decir, a las plantas de bombeo, el mantenimiento diferido que se les ha proporcionado a los equipos ha disminuido su vida útil, encontrándose en algunos casos la necesidad de reponer el equipo completo.

SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.

El drenaje Profundo se opera por lo general sólo en la época de lluvias, aunque en ocasiones se utiliza el Interceptor Oriente durante el estiaje para aliviar al Gran Canal del Desagüe. Por tanto, durante esta época se procura dar mantenimiento a los interceptores, y sobretodo al Emisor Central.

El único componente del sistema que presenta problemas graves de azolvamiento es el Interceptor Poniente, esto debido ante todo a que dicho conducto es el más antiguo, y además, a que recibe los escurrimientos de la zona poniente de la Ciudad de México, aguas que se caracterizan por un elevado nivel de arrastre de sólidos.

Por otro lado, ya que en el resto del sistema aún se están realizando diferentes obras, es lógico que se le conserve en un buen estado de funcionamiento.

Una vez concluido, el Drenaje Profundo dará una gran flexibilidad al desalojo de las aguas pluviales en el Distrito Federal, ya que aliviará a los principales conductos del sistema general del desagüe, así como a la red de colectores. Obviamente, el éxito del funcionamiento de un sistema de drenaje de tal magnitud y complejidad dependerá de su correcta operación, ya que gran parte de los caudales conducidos por los interceptores seguirán descargando por el Emisor Central, cuya capacidad continuará siendo de 200 m³/s. Así, será necesario revisar el funcionamiento del sistema en cada una de sus diferentes etapas y bajo diversas políticas de operación.

SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.

1.- ESTADO DE CONSERVACION.

El sistema de control de ríos es bastante complicado, sobretodo porque abarca varias regiones que no tienen características comunes, ya que de los tres sistemas (control de ríos, redes de drenaje y drenaje profundo) que integran el desagüe del Valle de México, es el único que involucra a toda la cuenca.

Por otro lado, posee una gran cantidad de estructuras, lo que hace que su estudio sea engorroso y confuso. Una simplificación posible es la de agrupar a los elementos que sean comunes.

En vista de lo anterior, para llevar a cabo la revisión del estado del sistema, se ha optado por hacer un diagnóstico de cada zona hidrológica, englobando de este modo a todos los componentes en once grupos.

A).- ZONA HIDROLOGICA I: XOCHIMILCO.

El canal Nacional sufre graves problemas de azolvamiento, que conllevan a la falta de capacidad del canal, que además ha perdido su pendiente, por lo que resulta incapaz de recibir las aportaciones del río San Buenaventura, lo que causa desbordamientos en ambas corrientes aguas arriba y aguas abajo de su confluencia.

Los cambios de pendiente del Canal Nacional han sido tales, que en lugar de servir de alivio al río Churubusco se ha convertido en un aportador.

Esta problemática se ha visto agravada por los hundimientos del suelo en la parte norte de Xochimilco. En efecto, la parte baja del río San Buenaventura tiene su rasante arriba del terreno natural, y sus bordos arenosos pueden presentar algún problema durante la temporada de lluvias.

B).- ZONA HIDROLOGICA II: CHURUBUSCO.

Es en esta zona donde quizá el estado de las estructuras es más deplorable. De la presa Anzaldo a la presa Tecamachalco (sistema Texcalatlaco-Anzaldo), se presenta la problemática de la antigüedad de las estructuras y falta de capacidad de los vasos por arrastre de sólidos y azolvamiento, falta de mantenimiento del equipo electromecánico y falta de coordinación para una adecuada operación. Otro problema que tiene esta zona es la invasión de zonas federales de los vasos y cauces.

El río Churubusco presenta problemas de azolvamiento en las partes bajas, hundimientos diferenciales y falta de capacidad en algunas de sus plantas de bombeo, principalmente la planta Lago (bordo Xochiaca y vía de Ferrocarril).

C).- ZONA HIDROLOGICA III: DISTRITO FEDERAL.

En esta zona, el estado de conservación es el siguiente:

Los cauces aguas abajo del sistema de interpresas presentan problemas por el número de invasiones que se tienen y la gran cantidad de basura que constantemente es arrojada a los mismos, principalmente en la barranca Becerra.

Existen fuertes problemas de azolvamiento del Interceptor Poniente, de tal modo que los sólidos acumulados han reducido en un 40% la capacidad del Interceptor. Esto se debe a que sólo se efectúa el mantenimiento de las estructuras de incorporación existentes. Esta situación es particularmente grave en su descarga al río Hondo.

Dicho río también está azolvado, así que falta capacidad a su cauce, desde el Molinito hasta su confluencia con el río el Sordo. Asimismo, entre la estación río Hondo hasta el Molinito, las márgenes del cauce están totalmente invadidas.

En el río del los Remedios se presentan problemas de contrapendientes por hundimientos del terreno, así como estrechamientos por estructuras inadecuadas (calzada Vallejo, Ticomán, Puente Negro, etc.).

En las mismas condiciones se encuentran los ríos San Javier y Tlalnepantla.

D).- ZONA HIDROLOGICA IV: CUAUTILAN.

Por problemas de estabilidad en sus bordos, los niveles de operación del Gran Canal están restringidos; por tanto, también están limitados los caudales que puede admitir.

En la frontera de esta zona con la número V se ubican los túneles de Tequixquiac, cuyo principal problema es que los mecanismos de operación son ya muy antiguos, y por tanto se encuentran en deplorables condiciones. De hecho, en el túnel nuevo los motores para el movimiento electromecánico de las compuertas son ya inservibles.

Por otra parte, el área de compuertas y control se haya abandonada; es tan vulnerable que cualquier persona puede tener acceso a la casa de máquinas, pudiendo cerrar las compuertas y bloquear tan importante desagüe en la cuenca.

E).- ZONA HIDROLOGICA V: PACHUCA.

La principal estructura de la zona es la presa el Manantial, ubicada en las inmediaciones de Tizayuca, Hidalgo, que controla y regula las aguas del río de las Avenidas de Pachuca y su afluente el río Papalote. Esta presa presenta fuertes problemas de azolvamiento.

El río de las avenidas de Pachuca, en su curso por la ciudad homónima, presenta falta de capacidad, situación que se agrava por la descarga de minerales que provienen de las minas localizadas en la zona. Aguas abajo de la ciudad de Pachuca, la situación es más crítica, ya que debido a los grandes azolves que sufre, el río tiene una capacidad muy baja. El problema se complica por la existencia de estructuras de cruce (puentes para carreteras y ferrocarril) que obstruyen el libre flujo de la corriente.

F).- ZONA HIDROLOGICA VI: TEOTIHUACAN.

A diferencia de las demás, esta zona no presenta problemas severos. El conducto principal en la región es el río San Juan Teotihuacán, que junto con sus dos afluentes importantes: el río San Lorenzo y el Tizar, descarga al exlago de Texcoco, y sus aguas son usadas para fines agrícolas.

G).- ZONA HIDROLOGICA VII: TEXCOCO.

El área del antiguo lago de Texcoco recibe las aguas de los ríos del oriente, los cuales no presentan mayores problemas por estar regulados dentro del mismo lago (como ya se indicó, esas corrientes descargan en lagunas artificiales).

La problemática real del lago de Texcoco radica esencialmente en cómo desalojar sus aguas y bajar los niveles críticos que se presentan, con el propósito de que las aguas del río de los Remedios tengan acceso al lago. Cuando el nivel del agua llega arriba del nivel de peligro del vaso, el sentido del escurrimiento se invierte y en vez de que el río descargue a la laguna, ésta lo hace al río, poniendo en peligro de inundación más de 35 colonias de los municipios de Ecatepec y Nezahualcóyotl.

Hace aproximadamente 12 años, el lago contaba con 3 alternativas de desalojo:

- a).- El canal de desagüe del lago, como canal principal. Este conducto contaba con estructuras de control.
- b).- El canal de Sales, el cual era de menor capacidad que el anterior y descargaba al Gran Canal libremente.
- c).- El canal de la Draga, que era la tercera alternativa y sólo se usaba en casos de emergencia.

Actualmente, el único en servicio es el de la Draga; los otros dos se encuentran fuera de operación, debido a los asentamientos diferenciales que ha sufrido el terreno, por lo que los conductos tienen tramos en contrapendiente, lo cual los ha inhabilitado.

H).- ZONA HIDROLOGICA VIII: CHALCO.

Desde hace algunos años, se ha invertido mucho en los desazolves del río de la Compañía y su afluente San Francisco, así como en la construcción de represas para retener azolves. A pesar de ello, todavía no se ha evitado completamente que los residuos sólidos en suspensión que provienen de algunas industrias provoquen obstáculos que impidan el libre escurrimiento del agua, y que consecuentemente son causa directa de los desbordamientos en la zona.

El río Amecameca también presenta problemas de azolve, además de que se han detectado tubificaciones y perforaciones hechas por animales en sus bordos.

I).- ZONA HIDROLOGICA IX: APAN.

En los últimos tiempos, las tierras de cultivo en esta zona han sufrido inundaciones debido a las precarias condiciones de los drenes existentes. A pesar de que se han hecho reparaciones emergentes en los bordos más afectados, aún se tiene una deficiencia en el número de obras de control.

J).- ZONA HIDROLOGICA X: TOCHAC.

La situación en esta zona es prácticamente igual a la de Apan: hay una carencia de estructuras de control, y las existentes se encuentran en malas condiciones.

K).- ZONA HIDROLOGICA XI: TECOCOMULCO.

El problema más importante en la zona es la erosión de sus cuencas, ya que esto ocasiona muchos acarrees de sólidos, lo que finalmente provoca que la vida útil de las obras de control se reduzca considerablemente. Esto afecta principalmente al dren de desfogue de la laguna de Tecocomulco, la mayor de la zona.

Por otra parte, aún existen discrepancias en cuanto a los niveles adecuados de las lagunas, ya que colonos, agricultores y pescadores mantienen peticiones totalmente incompatibles con el control de avenidas.

2.- NORMAS GENERALES DE OPERACION.

La correcta conservación del sistema de control de ríos no sólo implica tener a las estructuras que lo conforman en buen estado, sino que requiere de una operación que siga reglas estrictas.

En efecto, por la compleja interacción de los elementos del sistema, no es posible que éste tenga un funcionamiento automático, como es el caso, por ejemplo, de la red secundaria de drenaje.

Así, a continuación se dan las normas de operación de las presas y conductos superficiales del Valle de México, aprobadas por la Comisión Nacional del Agua en acuerdo con la D.G.C.O.H.

A).- SISTEMA TEXCALATLACO-ANZALDO.

Este sistema opera bajo el principio de vasos comunicantes, sin que haya estructuras con compuertas en sus túneles de intercomunicación.

Antes de la temporada de lluvias se procura restituirle a la presa Anzaldo su capacidad de control de avenidas, retirando Azolves (esto no siempre se lleva a cabo). Asimismo, la presa se conservará vacía.

Como la presa Anzaldo es la terminal hacia donde escurren las aguas provenientes desde Texcalatlaco, su llenado es rápido, por lo que requiere una vigilancia extrema de las escalas que se registran, y una coordinación muy estrecha con las autoridades del Departamento del Distrito Federal, quienes operan al Interceptor Poniente, en el cual se tienen estructuras para derivación de las descargas de la presa Anzaldo hacia el propio Interceptor o hacia el río Churubusco.

Durante la temporada de lluvias, la compuerta de fondo de la presa Anzaldo siempre se conservará abierta a la mitad de su capacidad y al llegar a un registro de escala de 7.00 m, se abrirá totalmente para desfogar gastos máximos de 5 m³/s

B).- SISTEMA DE INTERPRESAS MIXCOAC-RIO HONDO.

Este sistema, que abarca las presas Mixcoac, Becerra, Tacubaya, Tecamachalco y San Joaquín, opera como vasos comunicantes sin que haya estructuras con compuertas en sus túneles de intercomunicación, salvo en el túnel San Joaquín-Tornillo.

Antes de la temporada de lluvias las presas se conservarán vacías y en lo posible se procurará restituirles su capacidad de control retirando azolves de vasos y túneles.

Al llegar a las escalas preventivas se intensificarán las lecturas de escala a cada 15 minutos y se establecerá comunicación con el D.D.F. para que tenga conocimiento de la situación antes de que las aguas lleguen a las escalas de peligro (consideradas al empezar a trabajar sus vertedores), cuyas descargas combinadas provocarían indudablemente problemas de capacidad en el Interceptor Poniente.

Durante la temporada de lluvias, la compuerta de entrada al túnel de la presa San Joaquín hacia la presa el Tornillo se conservará permanentemente abierta a su máxima capacidad.

C).- SISTEMA DEL RIO HONDO HASTA EL VASO EL CRISTO.

Las compuertas en la entrada al túnel Hondo-Sordo se mantendrán permanentemente abiertas. Las obras de toma de las presas Sordo, Cuartos y Totolica se abrirán lo suficiente para dar paso, en cada una de ellas, al máximo caudal que pueda manejar con seguridad el cauce respectivo.

Cuando sobre el vertedor de la derivadora del río Hondo pase un gasto mayor de 100 m³/s, se procederá a cerrar las compuertas en las obras de toma de las presas Sordo, Los Cuartos y Totolica, para evitar que aumente la conducción por el río Hondo. En cuanto el caudal de derrame se reduzca a menos de 100 m³/s se abrirán nuevamente las compuertas de las presas citadas, pero de forma tal que sus escurrimientos no incrementen la cresta máxima de la avenida que baje por el río Hondo.

D).- VASO EL CRISTO.

Durante la temporada de estiaje, se hará el desazolve de este vaso a fin de darle su capacidad de regulación original.

La operación del vaso se hará en forma tal que por ningún motivo el nivel del agua sobrepase la escala de 6.50 m.

En condiciones normales, las compuertas del Emisor Poniente estarán abiertas de continuo, así como las de desfogue hacia el río de los Remedios, a fin de dejar pasar las aguas residuales y pluviales que lleguen al vaso, que sólo almacenará agua en forma temporal, cuando lleguen las avenidas del río Hondo, Chico de los Remedios y del Interceptor Poniente.

Una vez que haya sido regulada la avenida, el vaso se descargará totalmente hacia el río de los Remedios, que posteriormente conducirá sus escurrimientos al Emisor. Es importante que el vaso esté vacío para no crear condiciones insalubres, provocadas por la retención de las aguas negras; además, así contará con toda su capacidad de regulación en el caso de que se presente una avenida extraordinaria.

Cuando por alguna circunstancia no se pueda o no convenga derivar hacia el Emisor, serán cerradas las compuertas del mismo, y la descarga se hará hacia Los Remedios, pero de tal forma que este río no reciba más de 15 m³/s.

Si existiera el peligro inminente de que el almacenamiento rebase el nivel de aguas máximas extraordinarias, aun estando abiertas totalmente las compuertas del Emisor y del río de Los Remedios (caso excepcional), se abrirá a su máxima capacidad la obra de incorporación del río de Los Remedios al Emisor, y se utilizarán los vasos auxiliares de Fresnos y Carretas.

E).- EMISOR PONIENTE.

Durante la temporada de lluvias, las compuertas de la estructura de toma, localizada en el vaso el Cristo, permanecerán totalmente abiertas y sólo podrán cerrarse en los casos que se marcaron en los párrafos anteriores.

F).- ESTRUCTURA DE INCORPORACION SAN ANDRES ATENCO.

En la estructura de incorporación del río Tlalnepantla al Emisor, la operación se hará de la siguiente manera: la represa situada aguas arriba de la incorporación del río Tlalnepantla al Emisor, deberá ser limpiada antes del inicio de la temporada húmeda, para dejar totalmente libre al cauce de esta corriente.

En condiciones normales, las compuertas de desfogue hacia el río Tlalnepantla permanecerán cerradas, salvo las siguientes excepciones:

a).- En el caso de que por alguna circunstancia no se pueda o no convenga mandar agua al Emisor.

b).- Cuando existan condiciones extraordinarias de escurrimiento en el río Tlalnepantla (más de 45 m³/s).

Únicamente en estos casos se abrirán las compuertas para dejar pasar al agua por el cauce original del río, pero nunca se permitirá un gasto mayor de 5 m³/s. Además, se establecerá vigilancia a lo largo del cauce para evitar el provocar alguna inundación en las zonas urbanas situadas aguas abajo, especialmente en la zona de Tlalnepantla.

G).- ESTRUCTURA LAS ARBOLEDAS.

En la estructura de incorporación del río San Javier al Emisor, se mantendrán totalmente cerradas las compuertas de desfogue hacia aguas abajo del río San Javier.

En caso de registrarse alguna avenida en el río San Javier, toda el agua será conducida al Emisor, sin enviar ningún caudal hacia aguas abajo del río, por el cauce original.

H).- ESTRUCTURA BERRIOZABAL.

Durante la temporada de lluvias deberán quitarse todas las agujas que son utilizadas en la estructura de incorporación del río Cuautitlán al Emisor, a efecto de que el cauce quede totalmente libre.

I).- ESTRUCTURA SANTO TOMAS.

De las tres compuertas que dan hacia el canal de Santo Tomás, se abrirá una, ajustándola de tal forma que el gasto que pase por ella nunca exceda los $6 \text{ m}^3/\text{s}$; así, el escurrimiento será derivado hacia la laguna de Zumpango, en donde será regulado.

En el caso de que se presente un gasto mayor al citado, el excedente será enviado a través de la compuerta hacia el tajo de Nochistongo.

Cuando llegue a trabajar el vertedor de excedencias no deberá considerarse la situación como de emergencia, ya que dicho vertedor tiene capacidad para dar paso a la avenida máxima de diseño de $130 \text{ m}^3/\text{s}$.

J).- LAGUNA DE ZUMPANGO.

El almacenamiento en la laguna nunca deberá sobrepasar un volumen de $15\ 000\ 000 \text{ m}^3$. En caso de que exista el peligro de superar este límite, se abrirán la compuerta Oriente y la rápida para desfogar hacia el Gran Canal. En esta última sección, el caudal se deberá restringir a un máximo de $8 \text{ m}^3/\text{s}$, con objeto de no afectar en forma sensible las condiciones actuales de escurrimiento en el Gran Canal.

En la tabla 4.3 siguiente, se dan las escalas preventivas y de riesgo en los distintos componentes del sistema.

TABLA 4.3. ESCALAS PREVENTIVAS Y DE PELIGRO EN EL SISTEMA DE CONTROL.

SISTEMA	ESTRUCTURA	ESCALA PREVENTIVA	ESCALA DE PELIGRO	ESCALA MAX. REG. (ULTIMOS 5 AÑOS)
TEXCALTLACO-ANZALDO.	P. ANZALDO	7.60	8.94	9.25
	P. TEXCALTLACO	9.69	12.39	8.40
	P. TARANGO	20.73	22.73	
INTERPRESAS	P. MIXCOAC	14.92	16.45	14.73
	P. BECERRA	4.18	6.68	6.10
	P. TACUBAYA	8.49	13.28	12.19
	P. TECAMACHALCO	3.61	4.61	SIN REGISTRO
	P. SAN JOAQUIN	7.63	10.37	9.39
	P. EL CAPULIN	15.83	16.83	SIN REGISTRO
HONDO-REMEDIOS	P. EL SORDO	17.78	19.85	13.10
	EST. EL MOLINITO	2.50	3.00	SIN REGISTRO
	P. LOS CUARTOS	13.62	14.91	11.74
	P. TOTOLICA	19.04	20.73	15.60
	EST. TOTOLICA	3.00	3.50	SIN REGISTRO
	EST. EL CONDE	3.00	3.50	SIN REGISTRO
	EST. MOLINO BCO.	5.50	6.00	5.06
EL CRISTO	V. EL CRISTO	5.10	6.10	6.38
CHICO DE LOS REMEDIOS	EST. ECHEGARAY	2.90	3.40	SIN REGISTRO
DESVIACION COMBINADA	EST. PTE. VIGAS	3.00	3.50	SIN REGISTRO
	R. TLALNEPANTLA	2.08	2.18	3.30
	R. SAN JAVIER	2.66	2.74	3.00
	R. REMEDIOS	2.90	3.00	3.20
	R. IXHUATEPEC	3.00	3.50	SIN REGISTRO
INTERCEPTOR-EMISOR PONIENTE	EST. 0 - 286	4.00	4.50	SIN REGISTRO
	EST. CALACOAYA	2.50	3.00	SIN REGISTRO
	P. MADIN	8.00	9.12	SIN REGISTRO
	EST. ARBOLEDAS	2.50	3.00	SIN REGISTRO
	EST. 13 - 521	5.50	6.00	SIN REGISTRO
	EST. 24 - 523	4.50	5.00	SIN REGISTRO
	EST. SAN LORENZO	3.50	4.00	SIN REGISTRO
	PUENTE COLGANTE	4.50	5.00	SIN REGISTRO
	C. SANTO TOMAS	3.50	4.00	SIN REGISTRO
	L. ZUMPANGO	1.13	1.23	SIN REGISTRO
	P. GUADALUPE	18.60	19.80	SIN REGISTRO
P. CONCEPCION	23.32	24.32	SIN REGISTRO	
GRAN CANAL	KM 6 + 500	6.00	INDEFINIDA	5.34
	KM 9 + 500	INDEFINIDA	INDEFINIDA	2.70
	R. CHURUBUSCO	INDEFINIDA	INDEFINIDA	2.34

INSTRUMENTACION EN LA CUENCA DE MEXICO.

Al hablar de inundaciones, un elemento importante lo constituyen los sistemas de monitoreo, o dicho de otra forma, las estaciones climatológicas, en donde se registran las precipitaciones, temperaturas, vientos, etc. De los registros de dichas estaciones se desprende información utilizable al planear las políticas de mantenimiento (por ejemplo, al llevar la estadística de cuándo suele iniciar la temporada de lluvias, o ubicar las zonas de mayor precipitación), o bien, para hacer pronósticos del comportamiento de las precipitaciones en una temporada.

El Valle de México, actualmente, está instrumentado como se muestra en la tabla 4.4 siguiente:

TABLA 4.4. INSTALACIONES CLIMATOLOGICAS EN LA CUENCA DE MEXICO.

ESTADO	ORGANISMO A CARGO DE LA INSTALACION				TOTAL	% CUENCA
	SARH	SMN	DDF	OTROS		
D.F.	34	10	8	3	55	33
HIDALGO	23	3	0	0	26	15
MEXICO	64	1	0	1	66	39
PUEBLA	1	0	0	0	1	1
TLAXCALA	19	1	0	0	20	12
TOTAL	141	15	8	4	168	100
% CUENCA	84	9	5	2	100	

Cada estación climatológica está integrada por diversos dispositivos o instrumentos. Desde luego, no todas las estaciones existentes en el Valle de México están instrumentadas de manera completa. En la tabla 4.5 se señala el grado de instrumentación alcanzado por cada Estado, y en general, por la cuenca.

TABLA 4.5. INSTRUMENTACION EN LA CUENCA DE MEXICO.

ESTADO	PLUVIOMETRO		TERMOMETRO		EVAPORIMETRO		PLUVIOGRAFO	
	No.	% EDO.	No.	% EDO.	No.	% EDO.	No.	% EDO.
D.F.	47	85	38	69	23	42	22	40
HIDALGO	26	100	23	88	15	58	8	31
MEXICO	63	95	53	80	49	74	26	39
PUEBLA	1	100	1	100	1	100	1	100
TLAXCALA	20	100	17	85	13	65	5	25
TOTAL	157		132		101		62	
% CUENCA	93		78		60		37	

ESTADO	HIGROGRAFO		ANEMOMETRO		HELIOGRAFO		EVAPOTRANS.	
	No.	% EDO.	No.	% EDO.	No.	% EDO.	No.	% EDO.
D.F.	5	9	4	7	3	5	1	2
HIDALGO	5	19	2	8	1	4	1	4
MEXICO	10	15	3	5	2	3	0	0
PUEBLA	0	0	0	0	0	0	0	0
TLAXCALA	3	15	1	5	1	5	1	5
TOTAL	23		10		7		3	
% CUENCA	14		6		4		2	

Ahora bien, otro factor a considerar dentro de esta revisión es el periodo de registro que presentan las estaciones, ya que algunas tienen décadas funcionando, otras son de reciente establecimiento, y algunas más fueron suspendidas hace años, por lo que sólo cubren periodos relativamente pequeños. El resumen de las estaciones se presenta en la tabla 4.6, en donde los periodos de registro se han agrupado por décadas.

TABLA 4.6. ESTACIONES EN LA CUENCA DE ACUERDO AL PERIODO DE REGISTRO.

ESTADO	SIN REGISTRO		1 A 10 AÑOS		11 A 20 AÑOS		SUBTOT	% EDO.
	No.	% EDO.	No.	% EDO.	No.	% EDO.		
D.F.	11	20	4	7	11	20	26	47
HIDALGO	1	4	1	4	8	31	10	39
MEXICO	3	5	3	5	14	21	20	31
PUEBLA	0	0	0	0	1	100	1	100
TLAXCALA	0	0	7	35	9	45	16	80
TOTAL	15		15		43		73	
% CUENCA	9		9		25		43	

ESTADO	21 A 30 AÑOS		31 A 40 AÑOS		41 AÑOS O MAS		SUBTOT	% EDO.
	No.	% EDO.	No.	% EDO.	No.	% EDO.		
D.F.	18	33	10	18	1	2	29	53
HIDALGO	11	42	3	11	2	8	16	61
MEXICO	26	39	15	23	5	7	46	69
PUEBLA	0	0	0	0	0	0	0	0
TLAXCALA	4	20	0	0	0	0	4	20
TOTAL	59		28		8		95	
% CUENCA	35		17		5		57	

ESTADO	D.F.	HGO.	MEX.	PUE.	TLAX.	TOTAL
TOTAL	55	26	66	1	20	168

Finalmente, hay que hacer notar que no todos los registros de las estaciones están completos, es decir, existe una cantidad de años en los cuales faltan meses de registros.

Sin embargo, no es la misma eficiencia la de una estación que presenta un año incompleto por dos meses que la de aquella a la que en un año faltan ocho o nueve meses. Así, en la tabla 4.7, se hace la distinción entre eficiencia anual, considerando el total de años incompletos, y de eficiencia mensual, en donde la base del cálculo la constituyen todos los meses faltantes.

TABLA 4.7. EFICIENCIA EN LOS REGISTROS DE PRECIPITACION.

PERIODO	DISTRITO FEDERAL			HIDALGO		
	No.	EFICIENCIA EN MESES	EFICIENCIA EN AÑOS	No.	EFICIENCIA EN MESES	EFICIENCIA EN AÑOS
1 A 10 AÑOS	4	98.94	84.53	1	100.00	100.00
11 A 20 AÑOS	11	96.78	85.55	8	99.51	95.56
21 A 30 AÑOS	18	99.04	93.93	11	98.27	93.18
31 A 40 AÑOS	10	97.35	92.92	3	97.10	90.80
41 AÑOS O MAS	1	91.99	88.89	2	96.25	93.28
PROMEDIO		97.92	90.64		98.43	86.67

PERIODO	MEXICO			PUEBLA		
	No.	EFICIENCIA EN MESES	EFICIENCIA EN AÑOS	No.	EFICIENCIA EN MESES	EFICIENCIA EN AÑOS
1 A 10 AÑOS	3	100.00	100.00	0	---	---
11 A 20 AÑOS	14	97.36	91.18	1	99.59	95.00
21 A 30 AÑOS	26	97.97	95.39	0	---	---
31 A 40 AÑOS	15	98.56	96.68	0	---	---
41 AÑOS O MAS	5	89.20	82.81	0	---	---
PROMEDIO		97.38	93.98		99.59	95.00

TABLA 4.7. CONTINUACION.

PERIODO	TLAXCALA		
	No.	EFICIENCIA EN MESES	EFICIENCIA EN AÑOS
1 A 10 AÑOS	7	99.71	96.43
11 A 20 AÑOS	9	94.04	92.59
21 A 30 AÑOS	7	96.29	93.19
31 A 40 AÑOS	4	-----	-----
41 AÑOS O MAS	0	-----	-----
PROMEDIO		96.47	94.05

A pesar de que estos datos podrían indicar una eficiencia alta, lo cierto es que en los últimos años, por diversos motivos, y sobretodo, por falta de recursos, no se han tomado los registros en las estaciones climatológicas, por lo que toda esa cantidad de infraestructura se encuentra totalmente desperdiciada, y por ende, es incapaz de contribuir en el proceso de control de las inundaciones -como sistema de monitoreo de lluvias- en la cuenca.

4.5.- PROYECTOS EN LOS SISTEMAS.

En la actualidad, el sistema de control de ríos, el sistema general de drenaje y el sistema de drenaje profundo no han llegado a su último aspecto, sino que se encuentran en continua evolución. A continuación, se hablará de los cambios que están por sufrir estos sistemas.

REDES PRIMARIA Y SECUNDARIA DEL DRENAJE.

En realidad, no existe un plan preconcebido para el desarrollo de estas redes de drenaje, sino que van creciendo y modificándose de acuerdo al aumento de la mancha urbana. Y desde luego, nadie puede prever cómo será el desarrollo de ésta.

De igual forma, el mantenimiento de las redes depende de situaciones locales; es decir, tampoco existe un plan aprobado de limpieza y desazolve, por el contrario, estos se van dando conforme se cuenta con los recursos económicos, materiales y humanos necesarios, y el mantenimiento se realiza donde la situación sea más crítica.

SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.

De igual forma que las redes de drenaje, el sistema de control de ríos carece de un plan de desarrollo. Ciertamente, existen programas de mantenimiento (principalmente de desazolve y reposición de equipo) en vasos y cauces, y refuerzo de bordos. Desafortunadamente, estos planes se van postergando debido, más que a otra cosa, a la falta de recursos, que sólo son suficientes para dar mantenimiento -y éste de manera imperfecta- a las estructuras más importantes del sistema, como es el vaso el Cristo, por ejemplo.

A continuación se presenta una lista de las acciones que han sido aprobadas, pero que aún no se llevan a cabo.

En el sistema Texcalatlaco-Anzalco, se efectuarán trabajos de conservación de cuencas para eliminar -o al menos disminuir- el arrastre de sólidos, principalmente de las minas de arena existentes. También se plantea la propuesta de evitar al máximo que se registren asentamientos humanos en zonas federales.

Se hará también el desazolve del río Hondo, del Molinito al vaso el Cristo, y se entubarán 5.5 km del cauce, a partir de la confluencia del canal el Tornillo y el propio río Hondo, y hacia aguas arriba.

En el río Tlalnepantla, concluir el revestimiento hasta el Interceptor Poniente y el entubamiento hasta el río de Los Remedios.

Asimismo, a mediano plazo se planea rectificar la pendiente del río de los Remedios y sustituir las estructuras de cruce inadecuadas.

Una vez rectificado el río de los Remedios, deberá mejorarse el cauce del río San Javier, dándole la pendiente adecuada y la capacidad necesaria.

A largo plazo, se contempla la necesidad de entubar el tramo inicial del Gran Canal, del km 0 + 000 al km 9 + 500.

En cuanto sea económicamente posible, se desazolvará la presa el Manantial y se rectificará al río de las Avenidas de Pachuca, para darle capacidad adecuada.

En cuanto a nuevas estructuras de control, sólo existen algunas propuestas, sobretudo en las zonas que no conciernen al área ocupada por la Ciudad de México, que es donde más se carece de dispositivos adecuados.

SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.

Actualmente se considera que el drenaje profundo es la solución definitiva a los problemas de inundación de la Ciudad de México, aunque no tanto del resto de la cuenca. Así, gran parte de los recursos se destinan a este sistema, que sí cuenta con planes aprobados para su desarrollo futuro.

1.- ACCIONES EN PROCESO Y A CORTO PLAZO.

Para la construcción del Interceptor Centro-Centro se requirió la excavación de un túnel de casi 4 km y 5 m de diámetro y la construcción de 3 lumbreras. Actualmente se construye una estructura de captación para el colector 10, que beneficiará a varias colonias del centro de la ciudad.

El Interceptor Oriente, en su tramo sur, con longitud de 4.8 km y diámetro de 5 m, será construido a corto plazo desde la confluencia con el Interceptor Centro-Centro hasta la Lumbrera 1 en el río Churubusco, contando con cuatro lumbreras y tres captaciones de los colectores Plutarco Elías Calles, Apatlaco y río Churubusco.

El Interceptor Oriente-Sur, con una longitud de 14 km y un diámetro de 5 m, se inicia en la avenida de las Torres y Canal de Garay y continúa hacia el norte por la avenida Luis M. Rojas y Canal de San Juan hasta la avenida Ignacio Zaragoza, por donde continúa para beneficiar a gran parte de las delegaciones Iztapalapa e Iztacalco. Este conducto será evacuado, en una primera etapa, mediante una planta de bombeo hacia el río Churubusco y posteriormente se incorporará al Interceptor Oriente.

En relación a la construcción de túneles semiprofundos, se continúa la excavación del colector semiprofundo Canal Nacional-Canal de Chalco, en el tramo comprendido entre el río Churubusco y el canal de Chalco, con un diámetro de 3.10 m.

Este conducto beneficiará en forma directa a parte de las delegaciones Tlalpan, Iztapalapa, Xochimilco y Tláhuac.

2.- ACCIONES A LARGO PLAZO.

Para incrementar la capacidad del sistema de drenaje de la ciudad, será necesaria la realización de otras obras como el Interceptor Oriente en su tramo norte, desde el Interceptor Centro-Centro hasta la Lumbreira 8C del Interceptor Oriente, donde descarga la obra de toma del Gran Canal del Desagüe. Con este conducto se dará flexibilidad al manejo de las aguas que conduce el Interceptor Centro-Centro. Una vez terminado, su longitud será de 9 km y su diámetro de 5 m.

Por otra parte, se construirá el Interceptor Oriente-Oriente, que beneficiará principalmente a la delegación de Iztapalapa y al Estado de México.

Asimismo se contempla la construcción de un interceptor paralelo al Poniente, que ayudará al actual para servir de parteaguas entre la zona alta del poniente y la parte plana del Distrito Federal.

Además se ampliará el Interceptor Central desde la Lumbreira 4A hasta la 0, con una longitud de 6 km y diámetro de 5 m, aliviando parte de la zona sur del Distrito Federal.

En colectores semiprofundos se contemplan las siguientes acciones:

Se construirá el túnel semiprofundo Indios Verdes, de más de 2 km, que mejorará el drenaje de una zona de la delegación Gustavo A. Madero.

El túnel semiprofundo Anzaldo-San Buenaventura, que beneficiará la zona sur-poniente de la capital e intercomunicará las cuencas de los ríos Magdalena y Eslava con el río San Buenaventura, con una longitud aproximada de 13 km y 5 m de diámetro.

La prolongación del semiprofundo Canal Nacional-Canal de Chalco hasta la laguna de regulación de Tláhuac, en proyecto, con una longitud de 6 km.

El semiprofundo Cuauhtepac, de casi 2 km, para captar los ríos Cuauhtepac y Tecomulco, al norte de la ciudad.

Un túnel semiprofundo con trazo paralelo al Gran Canal del Desagüe, de 9 km y con 5 m de diámetro. Este descargará al Gran Canal mediante una planta de bombeo en la confluencia con el río de Los Remedios.

El colector semiprofundo Revolución-Guillermo Prieto tendrá una longitud de 7 km y aliviará al sistema de canales de la zona centro de Tláhuac, el cual desembocará su caudal en la planta de bombeo de San Lorenzo Tezonco. Con esta obra se beneficiará al 80% de los habitantes de la delegación Tláhuac, principalmente en las colonias Agrícola Metropolitana, Del Mar, La Conchita, La Nopalera, Miguel Hidalgo y La Turba.

De 7.5 km será la longitud del túnel semiprofundo Ermita, que descargará su gasto en la Lumbrera 2 del Interceptor Sur-Oriente. Además, aliviará el caudal de los colectores Pozos, Justo Sierra I y II, Cañas, Quetzalcóatl, Paraje San Juan y Luis Manuel Rojas. El beneficio será para el 40% de la delegación Iztapalapa.

Cuando esté en operación toda la infraestructura mencionada, será necesario construir un nuevo emisor paralelo al Central, con características similares al existente, y también un tercer túnel de Tequixquiac, que ayudará al desalojo de las aguas del Gran Canal del Desagüe.

Estas nuevas obras harán cada vez más compleja la operación del sistema de Drenaje Profundo, requiriendo más plantas de bombeo, lagunas de regulación, colectores semiprofundos, red primaria y, en síntesis, infraestructura complementaria.

Pero también serán necesarios sistemas de control de crecimiento de la mancha urbana (para que ya no quede rezagado con respecto a la población que tenga que servir), sobretodo en zonas de alta permeabilidad, evitando así el incremento de los volúmenes de escurrimiento. De esta manera se podrá asegurar la eficiencia del sistema. Por cierto que se puede decir lo mismo de los sistemas de control de ríos y del de drenaje.

CAPITULO V.

AREAS INUNDABLES EN LA
CUENCA DE MEXICO.

CAPITULO V.- AREAS INUNDABLES EN LA CUENCA DE MEXICO.

5.1.- ZONAS DE RIESGO.

SISTEMA GENERAL DE DRENAJE.

Las redes de drenaje primaria y secundaria se empezaron a desarrollar a principios de siglo. Desde aquel tiempo a la fecha, siempre se ha procurado construir las obras necesarias, pero el crecimiento anárquico de la ciudad ha jugado una desigual carrera con el crecimiento de la infraestructura de drenaje, y por si no fuera suficiente, al destinar los escasos recursos monetarios posibles al crecimiento de la infraestructura, se ha descuidado el mantenimiento de las instalaciones.

Otro factor que ha contribuido a la generación de inundaciones ha sido sin duda el asentamiento de la ciudad, ya que con ello se han deformado las tuberías, provocando azolvamientos en sus partes bajas, forzando a que el agua circule en contrapendiente, y exigiendo la existencia de plantas de bombeo, todo lo cual ha repercutido en la disminución de la capacidad hidráulica de las redes de drenaje.

A través del tiempo, las áreas expuestas a inundaciones han ido cambiando de lugar; por ejemplo, antiguamente, la zona centro era un área que continuamente se inundaba, pero con la construcción de grandes obras (drenaje profundo) ha dejado de ser una zona de encharcamiento.

Actualmente, por mal funcionamiento del drenaje, las áreas identificadas con probabilidades de inundación son:

En el sur de la ciudad, en la colonia Villa Coapa, en la prolongación de División del Norte, Cuemanco, algunos pasos a desnivel del Periférico, Av. Miramontes, Insurgentes, Calzada de Tlalpan y las ciénagas Grande y Chica de Xochimilco. En gran parte de Xochimilco y Tláhuac el riesgo de inundación ha disminuido con la introducción de la red secundaria de drenaje.

En la zona poniente, existe riesgo de inundación en las colonias Polanco, Tlatilco, Libertad, Obrero Popular, San Salvador Xochimeca, Escandón, Anáhuac y Popotla.

En el oriente, las colonias que están bajo riesgo son la Agrícola Oriental, Granjas México, Unidad Ejército de Oriente, Lunas Estrella, el pueblo, la colonia y la ampliación de Santa Martha Acatitla, Santa Isabel Industrial, Culhuacán, barrio de Santa Bárbara, el Manto y algunas colonias de Tláhuac que aún no cuentan con servicio de drenaje.

En la parte centro de la ciudad, las áreas que presentan un peor estado en el drenaje, y que por ende son más susceptibles de inundarse, son las colonias Del Valle y Portales.

En la zona Norte, hay riesgo en Cuauhtepac, en las colonias que se ubican al oriente del Gran Canal y las que se localizan en las faldas de los Cerros de Chiquihuite, Santa Isabel y Guerrero.

Se ha dicho que prácticamente la totalidad de la red secundaria y gran parte de la red primaria se haya en malas condiciones debido a los sólidos acumulados. Así, gran parte de la Ciudad de México se encuentra bajo el riesgo de inundaciones -o al menos de encharcamientos-.

Por tanto, es conveniente aclarar que las colonias mencionadas anteriormente son únicamente las que presentan una situación más crítica.

Hablando específicamente de la red primaria, a base de colectores, la zona Centro es la de mayor riesgo. Ciertamente, cuenta con suficiente infraestructura; no obstante, los colectores tienen enormes longitudes antes de conectarse con los drenes principales (se inician en el poniente y terminan en la parte oriente de la ciudad, descargando en el Gran Canal o en el río Churubusco). El hecho de que descargan por bombeo hace aún más complicado su funcionamiento.

El caso más crítico se manifiesta en el colector que descarga en la planta de bombeo de Aculco. Dicho colector es el de Apatlaco, el cual recibe las aportaciones de los colectores Ejido Ixtacalco Sur y Ejido Ixtacalco Norte. La confluencia de estos dos últimos colectores es perpendicular al colector Apatlaco, lo que provoca un remanso de agua y ocasiona problemas en el funcionamiento de los colectores 14, 16, 18, 20 y 22 (que corresponden al área comprendida entre el Viaducto Miguel Alemán y la colindancia entre las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán).

Por si esto fuera poco, esta deficiencia se agrava a causa de los sifones que existen en los colectores 14, 16, 18 y 22 en el cruce con la línea 3 del Metro. Consecuentemente, esta situación genera encharcamientos de consideración en la delegación Benito Juárez, sobretodo en la colonia del Valle.

SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.

En el sistema de control de ríos, las áreas que se tienen identificadas como peligrosas o de riesgo, son las siguientes:

1.- CUENCA DEL RIO SAN JOAQUIN.

Sobre este cauce se asientan tres importantes presas: La de San Joaquín a la altura del hipódromo de Las Américas; aguas arriba, la presa el Capulín, en la colonia La Herradura; por último, la presa San Fernando, en la parte alta de la cuenca de este río, en el municipio de Huixquilucan.

Esta zona se considera de riesgo por diversos aspectos:

Sobre las márgenes del río se tienen asentamientos irregulares, lo que ha provocado el estrangulamiento del cauce con casas y estacionamientos privados. Por tanto, al presentarse una avenida, el río no tiene capacidad de conducción suficiente y el agua desborda afectando las casas inmediatas.

El tramo entubado dentro del Hipódromo de las Américas se ve bloqueado por azolves varias veces durante la temporada de lluvias, por lo que se pierde la capacidad de desfogar el agua de la presa San Joaquín.

La presa San Joaquín tiene mecanismos muy antiguos y en malas condiciones, lo que hace que operen deficientemente al presentarse una emergencia, situación que hace aún más grave el problema.

En la presa el Capulín, la capacidad de regulación se ha visto muy diezmada por los sólidos arrastrados de la parte alta de la cuenca. En vista de esto, el sistema de control combinado de las tres presas resulta poco efectivo, ya que prácticamente San Joaquín es el único vaso regulador.

Esta última situación se ha vuelto más crítica en los últimos años debido al proceso de urbanización que sufre la parte alta de la cuenca, fenómeno que aumenta los coeficientes de escurrimiento y disminuye los tiempos de concentración, lo que finalmente provoca mayores avenidas.

2.- CUENCA DEL RIO HONDO.

Este río presenta fuertes riesgos de inundación, debido a los siguientes aspectos:

La derivadora Hondo-Sordo (localizada en Bosques de La Hacienda) está totalmente azolvada, lo que ha nulificado su capacidad de control.

El túnel de comunicación con el río el Sordo está parcialmente azolvado en su interior; de las dos compuertas de acceso, sólo una funciona, y ésta lo hace en condiciones precarias. Así, la desviación combinada podría quedar cortada en este punto, lo que haría que el sistema operara defectuosamente y no realizara su función de control.

Aguas abajo de la derivadora, el río Hondo, a consecuencia de la gran cantidad de azolve que arrastra, ha reducido sensiblemente su capacidad, principalmente en el tramo de las colonias La Cañada, San Antonio Zomeyucan y El Molinito, áreas donde cada temporada de lluvia hay problemas de inundación.

Esto además se complica porque las márgenes del río se encuentran totalmente invadidas y por tanto, cualquier avenida puede causar serios daños.

3.- CUENCA DEL RIO LOS CUARTOS.

Sobre este río se localiza la presa del mismo nombre, enfrentando problemas en su operación debido a que se encuentra parcialmente azolvada, por lo que si recibe en su vaso aguas en exceso, hay peligro de que tanto los asentamientos humanos que se encuentran en la zona de protección de la presa como los que están en las orillas del río, aguas abajo, se inunden.

4.- CUENCA DEL RIO TOTOLICA.

La presa Totolica carece de capacidad de regulación por la gran cantidad de azolves que contiene. De hecho, la obra de toma está 8 m abajo del nivel que han alcanzado los sólidos. La situación es tan crítica, que existen 3 canchas de fútbol dentro del vaso de la presa.

5.- CUENCA DEL RIO TLALNEPANTLA.

El punto de riesgo en esta corriente lo representan dos puentes con sección hidráulica reducida, lo que estrangula grandemente al río. Dichas estructuras se localizan en la colonia Santa Mónica, en el cruce de las avenidas Adolfo López Mateos y Exconvento del Carmen.

6.- CUENCA DEL RIO SAN JAVIER.

El río San Javier, durante los últimos 4 años ha estado provocando problemas de inundación, principalmente en las colonias Arboledas y Bosques de la Hacienda. Se ha insistido en que las presas San Juan y Las Ruinas, localizadas en la parte alta de este río, son las que han provocado, por azolvamiento y mala operación, las inundaciones (esto ha obligado a que se destinen muchos recursos al desazolve de estas estructuras).

A decir verdad, el problema real de este cauce radica en el tramo embovedado localizado a la salida del Club de Golf Hacienda, tramo que carece de la capacidad necesaria; así, aunque se hayan hecho trabajos de limpieza aguas arriba de este punto, el agua seguirá saliendo de cauce mientras no sea rectificado el tramo en cuestión.

7.- EMISOR DEL PONIENTE.

Durante la época de estiaje, con el propósito de almacenar agua en el cauce para riego, los usuarios cierran las compuertas de la estructura de Santo Tomás, impidiendo que el lodo mantenga una evolución normal. Esto hace que el emisor se azolve y presente problemas de incapacidad durante la temporada de lluvias.

Otro factor de riesgo lo constituye el que no exista ninguna persona en el campamento de la estructura de Santo Tomás que se haga responsable de los mecanismos. En efecto, se ha dado el caso de que manos extrañas han cerrado las compuertas hacia el tajo de Nochistongo, en plena temporada de lluvias, provocando que el agua remanse aguas arriba, afectando hasta la derivadora de San Andrés, pasando por San Martín Obispo.

8.- RIO DE LAS AVENIDAS DE PACHUCA.

Pueden presentarse desbordamientos del río de las Avenidas de Pachuca en el tramo comprendido entre la Presa El Manantial y la Laguna de Zumpango, por la escasa capacidad del cauce.

9.- RIO SAN BUENAVENTURA.

El principal escurrimiento pluvial del sur de la cuenca se genera en la cuenca de este río, y las pendientes pronunciadas ocasionan que los cauces se concentren rápidamente en las partes bajas, las cuales son difíciles de drenar por falta de pendiente y porque en algunos lugares el hundimiento del suelo alcanza valores muy altos.

El río San Buenaventura termina en su confluencia con el Canal Nacional, y frecuentemente se desborda por falta de pendiente y capacidad del cauce.

Esto implica, desde luego, riesgo de inundación en la zona en cada temporada de lluvia.

10.- GRAN CANAL EL DESAGUE.

Sabemos que el Gran Canal recibe agua de la zona Norte-Oriente mediante plantas de bombeo, así como a través de colectores, por gravedad, en su parte septentrional. Además le llegan descargas de los ríos de los Remedios, Tlalnepantla y San Javier, y durante el estiaje desaloja las aguas residuales de gran parte de las zonas centro y norte de la ciudad.

Las áreas cuyas aportaciones descargan con plantas de bombeo al Gran Canal han sido afectadas por los hundimientos del terreno; por esta razón el agua no llega a las bombas, lo que ha su vez ocasiona inundaciones.

Además, cuando en época de lluvias los niveles del canal son altos, el agua regresa por los colectores que deben descargar en el conducto por gravedad, afectando a los drenajes conectados con dichos colectores.

11.- REGION DE CHALCO.

En el poblado de Xico se estima que seguirán presentándose problemas de inundación, específicamente en la zona localizada entre el cruce de la carretera Tláhuac-Chalco y el Ferrocarril del Sur, abarcando la parte denominada Xico nuevo, en virtud de que las aguas pluviales que se precipitan en la zona de los lagos de Xochimilco y Tláhuac ocurren hacia la parte más baja de lo que era la antigua laguna de Chalco, ocupada hoy por el poblado de Xico. El problema se agudiza por el hundimiento continuo del terreno en el área.

SISTEMA DEL DRENAJE PROFUNDO.

En realidad, sólo una estructura del drenaje profundo provoca riesgo de inundación: el Interceptor Poniente. Esto se debe a que es el componente más antiguo de este sistema (y por ende, el más azolvado); además, como parte del sistema de control de ríos, recibe descargas de la zona poniente, que se caracteriza por la gran cantidad de sólidos que arrastra.

El riesgo que representa se debe a que al reducirse la capacidad del Interceptor Poniente (se encuentra azolvado al 40%), los ríos entubados de Churubusco, La Piedad y Consulado se ven afectados con aportaciones constantes, las cuales originalmente no estaban consideradas, ya que cuando se construyó esta obra se propuso que solamente gastos extraordinarios que rebasaran las obras de excedencias internas, pasarían a los ríos mencionados.

Lo anterior origina que al pasar esos caudales en forma permanente, todos los drenajes conectados a esos ríos no trabajen eficientemente, lo cual en muchas ocasiones hace brotar el agua por las alcantarillas.

5.2.- POSIBLES FALLAS EN LAS ESTRUCTURAS.

Desde luego, cualquier riesgo debido a las malas condiciones de mantenimiento de los sistemas de desagüe, principalmente del sistema de control de ríos, es mínimo comparado con el riesgo de falla en alguna estructura, situación que verdaderamente sería catastrófica.

Desafortunadamente, este peligro no es quimérico, pues existen algunas estructuras dentro del sistema que podrían fallar en un momento determinado.

SISTEMA DE CONTROL DE RÍOS.

Las estructuras que presentan riesgo de falla son:

1.- GRAN CANAL DEL DESAGÜE.

El riesgo de inundaciones atribuibles al Gran Canal del Desagüe aún persiste, tanto por incapacidad de conducción como por inestabilidad en sus márgenes.

La primera de estas situaciones se debe al hundimiento del terreno en sus primeros kilómetros, lo que va aminorando progresivamente su capacidad de conducción; por otra parte, el aumento constante de las tributaciones de aguas negras y pluviales, originado por el rápido crecimiento urbano, agrava este problema.

La segunda causa de riesgo se presenta por las oscilaciones bruscas en los niveles de agua a que está expuesto el Gran Canal del Desagüe en la temporada pluvial. Estas oscilaciones han agrietado los taludes del canal en un tramo de varios kilómetros, comprendido entre el km 10 y el km 15.

Las fallas antes indicadas pueden provocar deslizamientos de las márgenes, con el consiguiente riesgo de una obturación parcial o total del mismo canal, precisamente en la época de lluvias, cuando es más necesario su servicio. La obturación podría ocasionar una grave inundación en el primer cuadro de la Ciudad de México.

Antiguamente, el río de Los Remedios cruzaba sobre el Gran Canal del Desagüe a la altura del km 9 + 500 de este último, por la estructura denominada Puente Canal.

En la década de los setentas, el Puente Canal fue sustituido por un conducto denominado Canal de Conexión Río Remedios-Gran Canal; por tanto, el Puente Canal dejó de funcionar.

Actualmente, aún existen restos de dicha estructura, abandonados, de modo que en cualquier momento pueden sufrir un colapso y caer sobre el Gran Canal, obstruyéndolo fuertemente, con consecuencias idénticas a las descritas antes.

2.- RIO SAN BUENAVENTURA.

Los bordos marginales de este conducto están hechos de material arenoso que, debido a la falta de mantenimiento y al proceso de intemperismo al que están sometidos, presentan fuertes problemas de erosión.

Si la situación no se remedia con trabajos de mantenimiento, dichos bordos podrían presentar problemas durante la temporada de lluvias, obstruyendo parcialmente al río.

De presentarse dicho fenómeno, la obturación del San Buenaventura provocaría inundaciones de consideración en el tramo final del Periférico Sur y colonias adyacentes.

3.- RIOS DE LOS REMEDIOS, TLALNEPANTLA Y SAN JAVIER.

El río de Los Remedios, el Tlalnepantla y el tramo del río San Javier a partir de la incorporación del río Cuauhtepac, corren el grave riesgo de taponarse por deslizamiento de los bordos artificiales en sus márgenes.

Estas estructuras presentan problemas de tubificación y constantemente están expuestas a sobrecargas provocadas por remansos, ya que el agua no puede fluir libremente por taponamientos en las alcantarillas y puentes existentes.

4.- PRESAS DEL PONIENTE.

En la zona poniente de la ciudad existen 32 pequeñas presas con capacidad conjunta de 7 000 000 m³; sin embargo, poco puede aprovecharse de esa capacidad de regulación porque prácticamente todas las presas se encuentran en mal estado.

Es importante aclarar que en el caso de las presas del poniente, el término "falla" no implica un colapso estructural, sino que se utiliza aquí para indicar que varias presas han perdido su capacidad de control.

Ciertamente, varias presas tienen problemas estructurales leves, y sus mecanismos de operación no funcionan a causa de su mantenimiento precario. Pero el problema principal es que la deforestación, el manejo inadecuado de los suelos y la acumulación de basura ocasionan que los vasos pierdan capacidad y que el azolve se acumule año con año.

Además, por el continuo proceso de urbanización, muchos vasos han sido invadidos por asentamientos humanos, lo mismo que buena parte de los cauces.

De modo que de continuar el fuerte decremento de capacidad que sufre esta zona, existirá un gran riesgo de que las avenidas simplemente no se regulen, lo que provocará fuertes inundaciones en el área.

Desgraciadamente, una prueba de esto ya se presentó. Se recordará que en esta temporada lluviosa de 1992, la fuerte inundación de la colonia Atlamaya (Del. Alvaro Obregón) se debió al desbordamiento de la represa la Mina, una de muchas estructuras que ha perdido gran parte de su capacidad de regulación.

SISTEMA GENERAL DE DRENAJE.

Sabemos que el proceso de consolidación del subsuelo de la Ciudad de México ha hecho que tramos de las redes de drenaje sufrieran deformaciones, e incluso que se tuvieran rupturas.

Pues el fenómeno del hundimiento aún continúa, por lo que las redes continúan sufriendo colapsos más o menos severos. Este hecho, aunado a los azolves provocados por el arrastre del suelo y la basura, ocasiona una disminución considerable de la capacidad original de los conductos, que existan fugas en el sistema de drenaje, lo que es un problema de sanidad y, finalmente, encharcamientos.

En un caso extremo, de continuar el proceso de deformación de las redes, éstas llegarían a sufrir dislocaciones graves, lo que conduciría a que los encharcamientos y las inundaciones en toda la ciudad incrementarían su intensidad.

Por otra parte, las estructuras complementarias a la red también corren el riesgo de falla. Las plantas de bombeo son elementos indispensables para el sistema de drenaje; operan todo el año para desalojar las aguas residuales y durante la época de lluvias para desalojar las aguas pluviales de las zonas bajas. AÚN después de que se termine el drenaje profundo, dichas plantas seguirán operando en el estiaje para desalojar las aguas residuales y en época de lluvias para dar mayor flexibilidad a la operación del desagüe general.

Basta describir algunos problemas originados por el precario mantenimiento y por el hundimiento del subsuelo en las plantas más grandes, para ejemplificar lo que ocurre en las demás.

La planta N^o 2 del Gran Canal, con capacidad de 50 m³/s, es la más grande del sistema de drenaje y su función es drenar buena parte del centro de la ciudad y recibir agua de la prolongación sur del Gran Canal. Esta estructura es un ejemplo típico del sistema hidráulico de la ciudad; es decir, es una planta a la que con el tiempo se le fueron aumentando módulos de bombeo, de tal manera que la entrada y la distribución del agua a los cárcamos se ha vuelto muy ineficiente.

En el extremo norte de la planta, donde se construyó el último módulo, el agua prácticamente no llega a las bombas, con la consiguiente baja en la eficiencia del bombeo y el riesgo de descompostura; además, esto produce niveles altos de agua en todos los colectores tributarios, que sufren el peligro de sobrepasar su capacidad y provocar inundaciones.

La planta Aculco, con una capacidad instalada de 40 m³/s, descarga al río Churubusco. Hace algunos años, su diagnóstico indicó la necesidad de impedir los hundimientos que se registran en el cárcamo de descarga, y de rehabilitar sus bombas, motores, sistema eléctrico y generadores. Como esto no ha sido posible, la planta se ha seguido deteriorando y ahora trabaja aún en condiciones más desfavorables.

SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO.

El drenaje profundo es actualmente un componente esencial para el desalojo de las aguas de la Ciudad de México. Si por algún motivo presentara problemas de obstrucción o falla, la seguridad de la capital se vería seriamente comprometida.

Afortunadamente, esto es muy improbable, por no decir imposible. En primer lugar, dado que todos los conductos que lo constituyen están ubicados en estratos duros del subsuelo, libres de hundimientos, no se corre el riesgo de deformaciones.

El sistema trabaja totalmente por gravedad, eliminando las plantas de bombeo y los problemas que conllevan.

Además, su estructuración a base de un revestimiento primario de dovelas de concreto ha demostrado ser lo suficientemente resistente. El diseño y la construcción del drenaje profundo sufrieron su prueba más severa en los sismos de 1985; el sistema no resultó con daños de consideración.

5.3.- PROBLEMAS CONEXOS A LOS DE INDOLE HIDRAULICA.

Además de las situaciones de orden técnico que se han analizado, existen algunos fenómenos de carácter administrativo que están íntimamente relacionados con el problema de las inundaciones en la Cuenca de México, y que de hecho, han contribuido para que dicho problema sea todavía más complicado. Así, a continuación se hablará un poco a este respecto.

INTERACCION DE DEPENDENCIAS.

Es evidente que los problemas del sistema hidráulico de la Cuenca de México han rebasado las fronteras políticas definidas dentro del Valle -y aún las que se encuentran fuera de él-. De hecho, la Ciudad de México es un claro ejemplo de lo anterior.

Por ello, la solución a dichos problemas ha requerido de la intervención de distintas dependencias del gobierno federal, así como de los gobiernos estatales y municipales involucrados. Esto ha traído como consecuencia una disociación de funciones que sólo ha logrado impedir la operación y el mantenimiento eficientes de los sistemas.

La Comisión Nacional del Agua es responsable del control de ríos y de la conservación de cuencas, y ambas funciones son realizadas también por el Departamento del Distrito Federal, a través de la D.G.C.O.H. Esta situación impide la operación eficiente y el mantenimiento adecuado de los sistemas de aprovechamiento y control de las corrientes superficiales que afectan a la Ciudad de México.

En efecto, la existencia de diversos organismos (CNA, DGCCH, CEAS), que intervienen en el manejo de las aguas residuales y pluviales, implica necesariamente la existencia de diferentes tendencias de operación, ya que cada institución cuenta con sus propios intereses y necesidades.

Esta problemática, además, adquiere un mayor relieve, si se considera que entre las distintas instituciones no existe la coordinación adecuada para lograr un manejo eficiente del drenaje de la cuenca.

Los recursos que la C.N.A. destina a la conservación de cuencas en la Ciudad de México son insuficientes, debido principalmente al sistema de prioridades nacionales con el cual opera dicha dependencia.

Por otro lado, muchas de las acciones tendientes a evitar el deterioro de cuencas y cauces de la ciudad, podrían implementarse con mayor facilidad a través de normas de carácter local. Por ejemplo, las asociadas a la regulación del uso de suelo; o bien, el destino de recursos administrativos y de vigilancia con los que cuentan las distintas dependencias.

En suma, esta confusión alrededor de las fronteras entre las funciones de una y otra dependencia ha complicado el funcionamiento del sistema hidráulico e hidrológico, y conducido inevitablemente a conflictos entre las instituciones involucradas.

FRONTERA CON EL ESTADO DE MEXICO.

La existencia de esta frontera administrativa ha tenido un impacto importante en el manejo de las aguas de la Ciudad de México. En efecto, las obras de drenaje, que requieren desagües comunes, y que por tanto deben ser concebidas bajo la perspectiva de un solo sistema, son diseñadas, construidas y operadas en forma independiente, lo cual incrementa los costos económicos y sociales para la región.

Por otra parte, al buscar soluciones locales y no considerar el efecto que éstas puedan tener sobre otras regiones, se pierde eficiencia en el sistema, ya que lo que una red municipal puede beneficiar a una zona y provocar problemas en otra.

PRESIONES EXTERNAS.

Es necesario enfrentarse al hecho de que el agua -y el control de ella- no es simplemente un satisfactor, sino que también tiene un alto valor psicológico, social y político. Dentro de esta concepción de los servicios hidráulicos, las deficiencias en el drenaje, o la falta de capacidad para controlar inundaciones, son interpretadas por los ciudadanos como una evidencia tangible de un gobierno despreocupado.

Por estas razones, la tarea asignada al sistema hidráulico ha dejado de ser únicamente la de proporcionar un control de las inundaciones, ya que implícitamente sirve también su labor ha sido también la de prevenir el descontento público.

Esta función política ha sido un factor en el desarrollo defectuoso de todo el sistema y en su situación financiera. En efecto, las presiones originadas por demandas populares han tenido que ser resueltas rápidamente, muchas veces con acciones extemporáneas o con decisiones que han desviado los objetivos de ordenar el crecimiento de la ciudad y de su sistema hidráulico. Estas decisiones, válidas desde el punto de vista social y político, han influido desfavorablemente en los niveles de eficiencia técnica y económica del sistema hidráulico.

ASPECTOS FINANCIEROS.

Cuando se habló de los problemas en el estado de los sistemas, y ahora, al tratar los asuntos administrativos, los aspectos financieros del sistema hidráulico aparecen como causa y efecto de muchos de los problemas descritos.

Históricamente, los egresos de la ciudad con relación al sistema hidráulico han sobrepasado los ingresos por el cobro de los servicios correspondientes.

Como consecuencia, la conservación y el mantenimiento de redes y equipos se han visto limitados, por lo que los distintos elementos tienen una vida útil menor a la prevista.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1.- CONCLUSIONES.

Todos los años, al aproximarse la temporada de lluvias, surge siempre la inquietante posibilidad de que viene acompañada: la probabilidad de que existan inundaciones graves que provoquen pérdidas humanas o materiales.

Después de realizar en este trabajo el estudio de las inundaciones en la cuenca de México, y de la infraestructura hidráulica necesaria para limitar los efectos de aquellas, es posible resaltar algunas situaciones importantes.

En el primer capítulo se estudiaron las características físicas de la cuenca, y pudo observarse que varias de estas características son favorables a la formación de inundaciones, sobre todo en la Ciudad de México:

- a).- Las lluvias suelen presentarse en forma brusca y rápida, lo que complica el control de las aguas, ya que los escurrimientos se caracterizan por avenidas de picos altos y corta duración.
- b).- Las mayores precipitaciones se dan en la parte suroeste de la cuenca, es decir, sobre la Ciudad de México.
- c).- La ciudad de México, además, ocupa la parte más baja de la cuenca, en el sitio de lo que antiguamente eran lagos; por tanto, es a la ciudad hacia donde confluyen la mayoría de los ríos.
- d).- Por otro lado, el fenómeno que representan los altos niveles de azolve en los ríos del poniente se explica en cierta forma por la composición geológica de las serranías de la región (depósitos sedimentarios fácilmente erosionables sobre formaciones volcánicas).

Al realizar el estudio histórico de las inundaciones y de las obras que fueron necesarias para controlarlas, es posible notar que:

- a).- Las inundaciones en la Ciudad de México siempre han alcanzado altos niveles de daños, sobretodo por la importancia económica y social de la región.
- b).- La sucesión de inundaciones en la ciudad ha determinado el desarrollo del drenaje general de la cuenca, así como de toda la infraestructura necesaria para controlar las inundaciones.

- c).- Es posible advertir que ya desde entonces, el drenaje general de la cuenca presentaba los problemas que hoy sufre el actual sistema. En efecto, el desagüe por Huehueloca, en su forma original, de túnel, dejó de ser utilizable por falta de mantenimiento. Asimismo, el Gran Canal del desagüe y el primer túnel de Tequixquiac, diseñados para cubrir las necesidades de la época, dejaron pronto de tener suficiente capacidad por el continuo crecimiento de la población, que producía más aportaciones.

Según están conformados los diferentes sistemas, de los que se hizo la revisión en el cuarto capítulo, hay que remarcar los siguientes aspectos:

- a).- La mayoría de los vasos reguladores existentes en el Valle de México se constituyen como protección del área metropolitana de la ciudad, y son pocas las estructuras de protección en el resto de la cuenca. Esto tiene una doble justificación: por un lado, es en el área ocupada por la capital mexicana donde se registran las mayores precipitaciones de la cuenca y, por ende, donde se tienen los mayores escurrimientos; además, una inundación resulta mucho más catastrófica en la Ciudad de México que en otra región de menor desarrollo económico.
- b).- Actualmente, las corrientes que pudieran llamarse más peligrosas, y en general, toda la cuenca, cuenta con un sistema de control suficiente, en cuanto al número de estructuras; sin embargo, la eficiencia de dicho sistema deja mucho que desear por el precario estado en que se encuentra. En efecto, la mayoría de los vasos han perdido capacidad por los sólidos acumulados -principalmente las presas del poniente-, llegando a tal extremo la falta de mantenimiento, que algunas estructuras corren el riesgo de ser ya inservibles.
- c).- En cuanto al sistema de drenaje, es posible decir que su mal estado se debe tanto a falta de mantenimiento, que ha provocado un elevado porcentaje de azolvamiento en los conductos, como a deformaciones y dislocamientos en las redes, debido al continuo hundimiento. Este problema se ve agravado porque las mismas deformaciones han provocado la necesidad de utilizar plantas de bombeo, con la consiguiente pérdida de eficiencia.

En síntesis, podemos decir que la problemática del drenaje en la cuenca -y de las inundaciones- se conforma no sólo por sus características fisiográficas sino por una serie de factores que vuelven sumamente complejo el manejo de los escurrimientos, entre los que destacan por su importancia los siguientes:

- 1.- La falta de recursos para dar un mantenimiento conveniente a la infraestructura hidráulica, ha provocado que los sistemas de control y drenaje tengan un bajo nivel de eficiencia y capacidad de control, pero hay que insistir que esto no se debe a que la infraestructura sea insuficiente, sino al mal estado de conservación.
- 2.- El acelerado crecimiento del área urbana, que por un lado produce un aumento de los escurrimientos al disminuir la infiltración, y por otro, implica una creciente demanda de servicios que sólo es posible satisfacer mediante la construcción de grandes obras de infraestructura, a costos muy elevados, con la consiguiente disminución de recursos para mantenimiento.
- 3.- La interacción entre los distintos sistemas y subsistemas dentro de la cuenca, que no permiten su manejo independiente, aunado a la relación directa con otras cuencas, como el distrito de riego 03, que implica compromisos de entrega de aguas residuales, lo que limita las posibilidades de operación.
- 4.- El hundimiento del subsuelo debido a la extracción de agua subterránea, lo que produce deformaciones y dislocamientos en las redes de drenaje, lo que limita la capacidad de conducción y favorece la retención de sólidos.
- 5.- La existencia de diversos organismos que intervienen en el control de las aguas de la cuenca, y entre las cuales no existe la coordinación adecuada para lograr un manejo eficiente del régimen hidráulico del Valle de México.

Hasta aquí, hemos tratado sobre los sistemas de protección del Valle de México en cuanto a su evolución y su estado actual. Las conclusiones a las que se han llegado se refieren exclusivamente -hay que recalcarlo- a este análisis.

A continuación se hablará un poco del desarrollo futuro de la infraestructura hidráulica de la cuenca. Ciertamente, ya se habló de planes y proyectos aprobados por las distintas autoridades, pero dichos planes, a decir verdad, sólo complementan a los sistemas ya existentes.

Al mencionar un desarrollo futuro, nos referimos no sólo a nueva infraestructura, sino también a nuevas formas de estudio y nuevas maneras de plantear los problemas.

De continuar el crecimiento de la ciudad -cosa que, desafortunadamente, es bastante factible-, las estructuras ya existentes no serán suficientes, principalmente en cuanto a vasos reguladores se refiere, pues actualmente existe un fuerte proceso urbanizador en las partes altas de las subcuencas, especialmente en el poniente.

Las presas y vasos existentes fueron construidos, en general, a partir de la tercera década del siglo, por lo que, evidentemente, los criterios hidrológicos e hidráulicos usados en aquella época no son ya aplicables. La misma urbanización de las cuencas exige nuevos estudios.

Dichos estudios hidrológicos e hidráulicos (que en una cuenca urbanizada interaccionan de una manera muy especial), deben considerar las nuevas características de las cuencas, las características de las estructuras ya existentes, el efecto de éstas en la cuenca, etc.

Así también, deben prestar una atención muy fuerte al efecto que provocará cualquier nueva modificación, considerando dicho efecto de una manera local, y al mismo tiempo, su repercusión en el resto del sistema (para ello, los modelos físicos podrían resultar una herramienta muy conveniente que resultaría interesante considerar).

Los últimos párrafos no tienen más finalidad que dejar claro que si bien consideramos que en su estado actual la protección a la cuenca es suficiente (en un sentido cuantitativo, al menos), de continuar creciendo la ciudad hará falta nueva infraestructura, que deberá basarse en proyectos congruentes con lo ya existente y fundamentados en exhaustivos y muy particulares estudios hidrológicos e hidráulicos.

Por lo demás, dichos estudios no son el objetivo fundamental de este trabajo, y salen del alcance del mismo. Sin embargo, resulta conveniente hablar de ello -al menos mencionarlo- para tener un fundamento que podría servir de base para estudios posteriores.

6.2.- RECOMENDACIONES.

SISTEMA DE CONTROL DE RIOS.

Las inundaciones más intensas en cuanto a niveles alcanzados y daños provocados son, como ya se ha visto, las debidas a desbordamientos de cauces y vasos. Desbordamientos que, en general, son producto de escurrimientos no controlados por falta de capacidad de las estructuras.

Es ya muy necesario establecer programas de mantenimiento y limpieza de las estructuras, y para esto, destinar todos los recursos posibles para llevar a cabo dichos programas.

Por otro lado, la necesidad de mantenimiento puede reducirse un tanto si se consigue disminuir los caudales que entran a los vasos. Estos escurrimientos se han visto aumentados por las crecientes aportaciones de aguas negras, dado que, en algunas partes de la cuenca, existe la costumbre de realizar las descargas de aguas residuales a cauces y vasos. Por otra parte, se ha insistido en el hecho de que el aumento de la mancha urbana conlleva un crecimiento de los coeficientes de escurrimiento, es decir, de mayores aportaciones a las estructuras reguladoras.

Asimismo, también es posible disminuir los efectos de los desbordamientos, restringiendo los asentamientos irregulares en las márgenes de los ríos, en antiguos cauces, en vasos, -en general, en la zona federal- que normalmente son los sitios más afectados; y aprovechar los sitios propicios para estructuras de regulación sólo para este fin, sin permitir asentamientos humanos.

Por lo tanto, ya es indispensable disminuir la urbanización de las partes altas de las zonas poniente, sur y norte, que actualmente atraen población. También urge desalentar los asentamientos humanos en cauces, barrancas y vasos de presas y, como se mencionó, los terrenos propicios para la construcción de presas y lagunas de regulación debe reservarse exclusivamente para esos fines.

SISTEMA GENERAL DE DRENAJE.

Como ya se ha dicho, la mayoría de las inundaciones ocurridas en la Ciudad de México se deben a fallas en el drenaje. Actualmente, las redes primaria y secundaria se encuentran en pésimas condiciones, y una de las causas es su crecimiento desordenado.

Es evidente que sólo existe una forma de desarrollar lógicamente las redes de drenaje: es necesario aceptar lo urgente que es lograr una mayor congruencia entre el crecimiento urbano y el desarrollo del sistema de drenaje.

Ciertamente, Las autoridades han empezado a tomar medidas para reducir la anarquía en el crecimiento de la ciudad. Sin embargo, conviene aclarar que la congruencia no sólo implica un crecimiento al mismo ritmo, sino un análisis real de la posibilidad de ofrecer el servicio.

En este sentido, por ejemplo, hay que considerar que varias partes del Distrito Federal no están completamente urbanizadas, pero en las cuales ya existe infraestructura de drenaje cercana; así, podría pensarse que dichas zonas son favorables. No obstante, debe pensarse también que los colectores ya trabajan saturados en la época de lluvias y no admiten caudales adicionales.

Por lo tanto, si bien es importante reglamentar estrictamente el uso de suelo, es más necesario definir las áreas a las que sí se les podrá dar servicio conforme se complete la infraestructura de drenaje.

En síntesis, mientras más pueda reducirse el caos con que crece la ciudad, menos desorbitada será la demanda del servicio de drenaje. Mientras más pueda reducirse la sobreexplotación de los acuíferos, más durables serán las soluciones que se apliquen a los problemas de drenaje. Asimismo, no debe olvidarse que la demanda de nueva infraestructura también se reducirá si se cuida la existente.

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS.

Uno de los problemas de la cuenca es la forma de analizar las situaciones y plantear los problemas, que se estudian de manera muy localizada, sin considerar los entornos globales.

Es necesario eliminar las soluciones locales. Conforme la ciudad se ha ido desarrollando, las soluciones de tipo integral se han reducido ante la complejidad que ha adquirido el sistema, y por el contrario, se han dedicado numerosos estudios a la solución de problemas locales, ignorando el contexto local en el que se encuentran.

Esta forma de plantear los problemas del drenaje de la cuenca tiene la siguiente limitante: no se consideran los efectos -los cuales en muchas ocasiones son desfavorables- que tendrá la solución de problemas de una zona en el resto del sistema. Esta es una de las principales causas del crecimiento anárquico de la red (ya que se incrementan los sistemas de colectores, aun cuando el colector o dren principal sea incapaz de conducir un volumen mayor) y de la compleja operación del control de ríos (realizando descargas en vasos que ya no tienen capacidad y que por tanto tienen que conectarse con el drenaje o con otros vasos).

El sistema de control de ríos y el sistema general de drenaje presentan un problema común: altos niveles de azolve. En realidad, esta situación, que crea graves problemas, es fácil de eliminar. Sólo se requiere de programas constantes de mantenimiento.

Lo que no es sencillo es establecer dichos programas, porque no se cuenta con los recursos económicos suficientes. En efecto, históricamente, los egresos en relación con el sistema hidráulico han sobrepasado los ingresos obtenidos por el cobro de servicios. La diferencia entre ingresos y egresos se ha cubierto con impuestos locales y federales y con créditos nacionales e internacionales.

La dispersión de funciones (entre la C.N.A. y el D.D.F.) en la prestación de servicios hidráulicos no posibilita la existencia de un sistema contable eficiente; por las mismas razones también es difícil conocer con certeza los ingresos totales, lo que implica una mala utilización de recursos.

Así, resultaría conveniente que una sola institución se hiciera cargo de los sistemas existentes -y no sólo por lo que se refiere a aspectos administrativos, sino por conveniencia de operación-.

Finalmente, conviene recalcar que son muchos los millones de pesos necesarios para desazolvar la red de drenaje, y muchos también los miles de millones que hacen falta para rehabilitar los conductos naturales y artificiales, estructuras de control e instalaciones electromecánicas, muchos los recursos que hay que destinar al mantenimiento preventivo, muy grande el esfuerzo de organización y de ingeniería para lograr todo lo anterior; pero es todavía mayor el costo de no hacerlo.

BIBLIOGRAFIA.

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- Comisión Hidrológica de La Cuenca del Valle de México.
Lineamientos Generales del Plan Hidráulico para La Cuenca del Valle de México.
México, 1966.
- 2.- Comisión Nacional del Agua.
Diagnóstico del Sistema Valle de México.
Publicado por la Gerencia de Aguas del Valle de México.
México, 1987.
- 3.- Comisión Nacional del Agua.
Plan de Emergencias por temporada de Lluvias.
Publicado por La Gerencia de Aguas del Valle de México.
México, 1992.
- 4.- Comisión Nacional del Agua.
Sistema Hidrológico del Valle de México.
Publicado por La Gerencia de Aguas del Valle de México.
México, 1990.
- 5.- Departamento del Distrito Federal.
El Sistema de Drenaje Profundo de La Ciudad de México.
Publicado por La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.
Segunda Edición.
México, 1990.
- 7.- Departamento del Distrito Federal.
El Sistema Hidráulico del Distrito Federal.
Publicado por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.
México, 1982.
- 8.- Departamento del Distrito Federal.
Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal.
Publicado por la Secretaría de Obras y Servicios.
México, 1975.
- 9.- Departamento del Distrito Federal.
Plan Maestro de Drenaje.
Publicado por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.
Segunda Edición.
México, 1982.

- 10.- González Aparicio, Luis.
Plano Reconstructivo de la región de Tenochtitlan.
Publicado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.
México, 1973.
- 11.- Guerra, Luis Manuel y Mora Rodríguez, Judith.
Agua e Hidrología en la Cuenca del Valle de México.
Publicado por la Fundación Friedrich Ebert.
México, 1989.
- 12.- Junta Directiva de las Obras del Desagüe del Valle de México.
Memoria Histórica, Técnica y Administrativa de Las Obras del Desagüe del Valle de México.
Reproducción fotostática de la edición original de 1902.
- 13.- Levi Lattes, Enzo.
Historia del Desagüe del Valle de México.
Publicado por la revista Ingeniería Hidráulica en México.
Vol. III, Num. 3, II Epoca, Sep.-Dic. 1988.
- 14.- Levi Lattes, Enzo.
Problemas Hidrológicos del Valle de México a mediados del siglo XVIII.
Ponencia expuesta durante el Noveno Congreso Nacional de Hidráulica.
Publicado por la Asociación Mexicana de Hidráulica.
México, 1986.
- 15.- Peña Santana, Patricia.
Obras Hidráulicas en la Cuenca del Valle de México en la Época Prehispánica.
Ponencia expuesta durante el Noveno Congreso Nacional de Hidráulica.
Publicado por la Asociación Mexicana de Hidráulica.
México, 1986.
- 16.- Ramírez, José Fernando.
Memoria acerca de las Obras e Inundaciones en la Ciudad de México.
Publicado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.
México, 1976.

- 17.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
Información sobre los posibles problemas que se presentarán en la temporada de lluvias.
Publicado por la Representación General en el Valle de México.
México, 1977.
- 18.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
Instructivo de Control Regional para el Valle de México.
Publicado por la Representación General en el Valle de México.
México, 1982.
- 19.- Torres Feria, Jesús Humberto.
Obras Hidráulicas en la Nueva España (Siglos XVI, XVII, XVIII).
Ponencia expuesta durante el Noveno Congreso Nacional de Hidráulica.
Publicado por la Asociación Mexicana de Hidráulica.
México, 1986.