



Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ACATLAN"

PROTECCION DE RIOS EN ZONAS URBANAS

T E S I S

Que para Obtener el Título de:

Ingeniero Civil

Presenta:

PORFIRIO PEÑA RUEDA

MEXICO, D. F.

1986





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

CI/087/1986.

SR. PORFIRIO PEÑA RUEDA
Alumno de la carrera de Ingeniería
Civil.
P r e s e n t e.


De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 18 de julio de 1983, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignar le el siguiente tema de tesis: "Protección de Ríos en Zonas Urbanas", el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción.
- I.- Antecedentes.
- II.- Estudios Hidrológicos.
- III.- Estudios Topográficos.
- IV.- Tipos de Obras Auxiliares.
- V.- Proyecto de Obras Auxiliares en el Río Tlalnepantla.
- Conclusiones y Recomendaciones.
- Bibliografía.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Salvador Acevedo Marquez, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especifica do en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicac ión deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 27 de mayo de 1986.


ING. HERMÉGILDO ARCOS SERRANO
Coordinador del Programa de
Ingeniería.

HAS'JAN/rca.

I N D I C E .

	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. ANTECEDENTES.	4
CAPITULO II. ESTUDIOS HIDROLOGICOS.	16
CAPITULO III. ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.	26
CAPITULO IV. TIPOS DE OBRAS AUXILIARES.	31
CAPITULO V. PROYECTO DE OBRAS AUXILIARES EN EL RIO TLALNEPANTLA.	65
COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	84
BIBLIOGRAFIA.	88

INTRODUCCION.

El desarrollo demográfico e industrial del área - Metropolitana que se contempla en el Valle de México ha -- creado la necesidad de resolver problemas de control de -- avenidas cada vez mayores y complejos.

El Valle de México esta rodeado por serranías al pie de las cuales se producen, en temporadas de lluvias extraordinarias, avenidas rápidas y gastos mayores que inundan áreas urbanas, esto es originado principalmente por las características que presentan los ríos y desforestación -- existente en la Cuenca del Valle de México.

Esta situación es notoria en algunos ríos del -- Sur y Oriente del Valle de México, principalmente en los -- del Poniente, siendo el desarrollo del tema a tratarse en -- el presente trabajo específicamente la Cuenca del Río Tlalnepantla.

•

Si las avenidas no son reguladas por medio de -- estructuras hidráulicas apropiadas y darles la capacidad -- necesaria para conducir el gasto máximo, se salen de su --

cauce original produciendo inundaciones a zonas pobladas.

Esta situación ha sido atacada tratando de proveer al Valle de México de la cantidad de volúmen regulador de avenidas; se han construido así una serie de Presas en la serranía del Poniente, que interconectadas, tienen su descarga final en el Emisor Poniente; si la regulación fuera completa se evitaría que los escurrimientos de la sierra pasara a las partes más bajas de la Ciudad de México y provocara inundaciones.

La interconexión es indispensable porque muchas Presas por separado no son de capacidad suficiente para regular las avenidas de su cuenca y porque el agua colectada debe ser conducida principalmente hacia el Emisor Poniente, Emisor Profundo o al Gran Canal del Desague.

Por otra parte los Emisores reciben aportaciones de las áreas urbanas en la parte plana de la Ciudad, que drenan los interceptores, y de otras cuencas que encuentran en su recorrido hacia la salida del Valle de México.

Las interconexiones descritas son convenientes -

ya que dan flexibilidad al sistema de drenaje cuando se --
presentan las lluvias extraordinarias, sin embargo su ope--
ración resulta compleja si no se tiene la información pre--
cisa de la situación real en cada elemento que integra el--
sistema en todo tiempo.

Lo anterior para el Poniente del Valle de México
puede extenderse a sus zonas Norte, Central y Sur Oriente -
con el consiguiente aumento en la complejidad del proble--
ma.

La seguridad de la población y sus graves daños--
e inconvenientes que ocasionan las inundaciones y la con--
taminación ambiental y ecológica, hacen necesario un mayor--
esfuerzo en la solución de los problemas utilizando las --
técnicas más avanzadas y confiables.

En el presente trabajo se hace un estudio en la--
cuenca del Río Tlalnepantla que es parte integrante de la--
cuenca del Valle de México en la Zona Poniente, se analizan
las obras auxiliares necesarias y adecuadas en los sitios--
más críticos para la protección de las Zonas urbanas, en -
cada una de sus tres partes en que se integra la cuenca --
del Río Tlalnepantla.

CAPITULO I

ANTECEDENTES.

I.- A N T E C E D E N T E S .

PRESA MADIN.

La boquilla Madín, situada al NW de la Ciudad de México e inmediatamente al Occidente de Ciudad Satélite, - donde se construyó sobre el cauce del Río Tlalnepantla la Presa Madín para control de avenidas y abastecimiento de - agua potable, se encuentra localizada entre las coordenadas $19^{\circ} 32'$ y $19^{\circ} 34'$ de Latitud Norte y $99^{\circ} 20'$ y $99^{\circ} 23'$ de Longitud al Oeste de Greenwich.

El acceso a la Presa Madín se efectúa por una -- desviación que se localiza a 3.00 kilómetros aproximadamente después del Centro Comercial Satélite, sobre la Supercarretera México - Querétaro y que conduce a los fraccionamientos de Fuentes de Satélite y Fuentes del Sol.

La antigua Presa Madín, fué construida en los --- años de 1950 a 1962, como una de las primeras etapas, los fines primordiales que se buscaban son para control de avenidas y parcialmente para riego con una Presa Derivadora denominada de Rancho Castro aguas abajo de la Presa Madín, - que desviaba las aguas almacenadas y las conducía a la zo-

na de riego utilizando el Canal de Santa Mónica, localizado en la margen Derecha del Río Tlalnepantla, todas estas --- obras complementarias fueron eliminadas al construirse el encauzamiento y revestimiento del río.

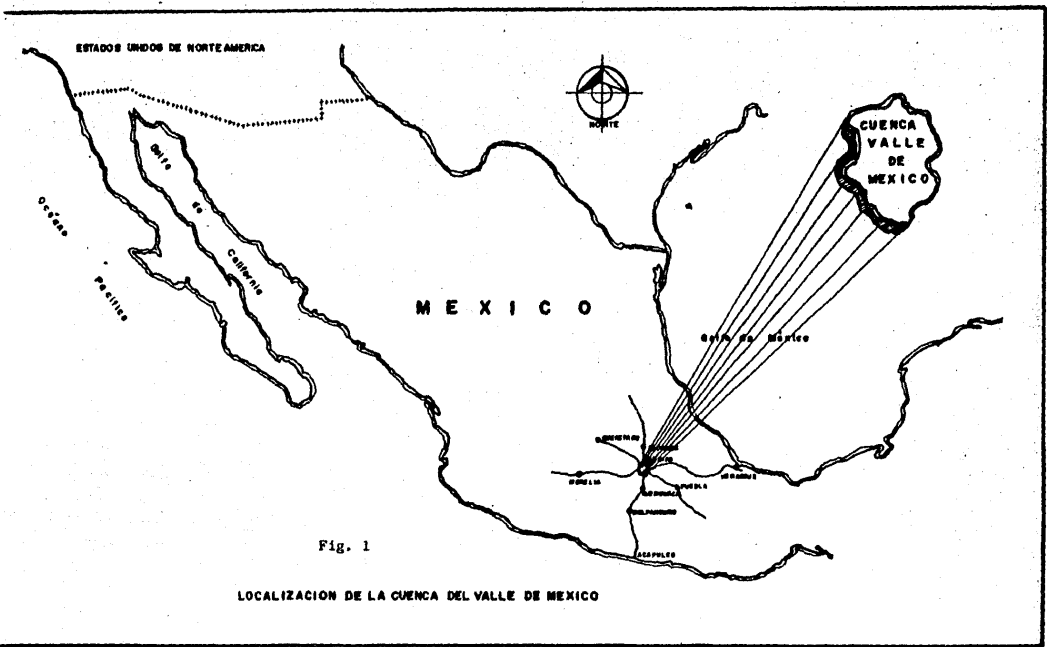
FISIOGRAFIA, CLIMA Y VEGETACION.

La zona en estudio se encuentra en la cuenca del Valle de México, al Sur de la zona volcánica que atravieza la República Mexicana de Oeste a Este ver fig. I

Los rasgos fisiográficos que dominan en la zona, han sido formados por agentes del volcanismo, modificados - suavemente por la erosión.

Se observan lomeríos de suave pendiente, consti-- tuidos por tobas limosas blandas en contraste con otros de relieve abrupto, formados por rocas ígneas ó por aglomera-- dos con interestratificaciones de tobas arenosas poco ce-- mentadas.

El drenaje es de tipo dentrífico y en la margen- derecha de la boquilla no existe a causa de posible infil- traciones.



El clima, según la clasificación de W.KOEPEN, es de invierno seco, no riguroso; típico en las zonas de pradera con una temperatura del mes más cálido inferior a los 22° y con una precipitación media anual de 600 mm.

La vegetación está representada principalmente por cactáceas y coníferas en las partes más altas de los lomeríos y sauces en las orillas de los arroyos y Río Tlalnepantla.

FINALIDAD DE LA OBRA.

Dentro del programa de obras de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, se encuentra incluida la construcción de la Presa Madín, que es parte integrante del programa de control de Ríos del Poniente del Valle de México.

Debido a que la construcción de la Presa Madín en su primera etapa fué insuficiente para el adecuado control de las fuertes avenidas del Río Tlalnepantla, fué necesario realizar la segunda etapa con mayor capacidad; se inició en el año de 1975 y se concluyó en el año de 1979.

Es un terraplén constituido por materiales graduados; un corazón impermeable formado por arcilla compactada, material de transición en ambos paramentos respaldados de rezaga y protección de enrocamiento selecto.

La corona está cementada sobre material de la formación tarango en la margen derecha y andesita en la margen izquierda.

Los objetivos principales son regularizar los escurrimientos de la cuenca alta del Río Tlalnepantla, almacenar las aguas para su utilización en abastecimiento de agua potable, así como el de proteger contra inundaciones a las Colonias y Poblaciones de los Municipios de Atizapan Naucalpan, Tlalnepantla y Norte de la Ciudad de México que se encuentran en las margenes del Río Tlalnepantla aguas abajo de la Presa Madín.

Con respecto a los fines de agua potable para la zona que no tiene otras fuentes para su abastecimiento por tal motivo el Gobierno Federal con ayuda del Estatal se construyó una Planta Potabilizadora denominada "Madín", que se localiza en la margen derecha del río, aguas arriba-

de la Presa Madín, con una extracción de $1.1 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Los Municipios de Atizapan de Zaragoza, Naucalpan y Tlalnepantla Estado de México, presentaron una posición muy especial con respecto a sus problemas de vialidad y que se integra a los de la Ciudad de México con este fin la S.O.P., solicitó a la extinta S.R.H., la ampliación de la corona de la Presa Madín de 10.00 a 18.00 metros, con el -- objeto de que sea utilizado para el paso del " Transmetro-politano vía rápida que circundará al Valle de México " y con esto se agilizará la circulación para esta zona densamente poblada.

Protección a poblaciones de dichos municipios -- mediante un control adecuado de las avenidas del Río Tlalnepantla, como se expresó se trata de proteger principalmente a las colonias localizadas aguas abajo de la Presa como son: Fuentes de Satélite, Vista Bella, Santa Mónica y Jaca--randas, pero complementariamente tiene otra finalidad, no -- menos importante, que es la protección de obras como el interceptor del Poniente, en el cual sin la debida regulación de las avenidas ocasionaría desastres aguas abajo del sitio, además como obras complementarias del Río Tlalnepan--

tla se contempla el encauzamiento y revestimiento que se encuentra localizada al pie de cortina inmediatamente de los tanques amortiguadores de la Obra de Toma y vertedor, hasta la incorporación con el Emisor del Poniente en sección trapecial de concreto armado proyectado para conducir un gasto de $20 \text{ m}^3/\text{seg.}$, y de este sitio hasta la confluencia con el Río de los Remedios, una sección cubierta tipo herradura y así lograr los objetivos siguientes:

a).- Eliminar el funcionamiento insalubre del cauce al cruzar la zona urbana e industrial de los Municipios de Naucalpan, Atizapan de Zaragoza, Tlalnepantla y Norte del Distrito Federal.

b).- Permitir la construcción de una avenida con vías de circulación rápida que permita descongestionar el tránsito y lento.

c).- Evitar problemas en el cauce, el cual se viene utilizando como tiradero formando tapones, ocasionando con esto la disminución del área hidráulica del cauce.

LOCALIZACION DE LA CUENCA.

La cuenca del Río Tlalnepantla se encuentra situada dentro del Estado de México en la parte Occidental - del Valle de México y corresponde a la Sierra de Monte Alto que es una prolongación de la Sierra de las Cruces.

El Río Tlalnepantla nace en la Sierra del Monte-Alto y esta limitada al Norte por las cuencas de los Ríos-Cuautitlán y San Javier; al Sur por las cuencas de los Ríos Totolica y Chico de los Remedios.

Se inicia con dirección Sur - Norte y más adelante la cambia hacia el Noroeste, cerca del Poblado de San - Luis Ayúcan llegando a unirse con el Emisor del Poniente; - dejando parte de su caudal en esta estructura, que se localiza antes de cruzar la Autopista a Querétaro; continuando su curso hasta la desviación Combinada ó Río de los Remedios sitio denominado Amealco a 15.7 kilómetros aguas abajo de la Presa Madín, para descargar sus aguas al Gran Canal del Desague de la Ciudad de México.

Teniendo un desarrollo el Río Tlalnepantla desde

su inicio hasta el sitio donde se encuentra construida la-Presa Madín, una longitud aproximada de 23.7 kilómetros.

La cuenca es alargada, con una área de captación de 105 kilómetros cuadrados, siendo sus afluentes muy accidentados de fuertes pendientes tanto longitudinales como transversales, es decir se trata de corrientes de régimen torrencial lo que determina que las avenidas sean bruscas que en muchos casos son peligrosos y se acentúa más debido a la deforestación existente en la cuenca.

La parte alta de esta cuenca es muy accidentada su parte aguas por el SW, tiene cerros con altitudes mayores de 3000.0 m.s.n.m., y además forma parte al Poniente de la cuenca del Valle de México.

Algunos de sus principales afluentes son los siguientes, por la margen derecha, Arroyo Tepatlaxco, Córdoba - San Luis Ayúcan y Chiluca, con respecto a la margen izquierda Arroyo Sifón y Madín.

El Río Tlalnepantla después con la confluencia con el Arroyo Madín continua encajonado en un tramo de 1.5 kilómetros sitio estudiado para la boquilla Madín.

La pendiente media de su cauce desde su nacimiento hasta la Presa Madín es de 0.045 y la pendiente de Madín hasta la Desviación Combinada, es de 0.0032 .

El río tiene un escurrimiento medio en temporada de estiaje de 0.450 m³/seg., el cual tiene su origen en numerosos manantiales que afloran a lo largo del río principalmente en sus partes altas, los manantiales más importantes son: Tepatlaxco, San José de la Montaña, Las Tinajas, -- San Luis Ayúcan, Agua Buena y Alameda.

A continuación se hace una descripción somera de las características principales de cada una de las estructuras que forman la Presa Madín, en su primera etapa y que fué utilizada como atagüía para la construcción de su segunda etapa.

CORTINA.- Formada por materiales graduados.

Capacidad de regulación	630,000.00m ³
Capacidad de azolve	20,000.00m ³
Capacidad Total	650,000.00m ³
Altura máxima de la cortina	12.00m
Longitud de la cortina en la corona	125.00m
Ancho de la corona	6.00m

OBRA DE TOMA.

Localización	Margen derecha
Tipo	De torre
Compuertas	Deslizantes (2 de emergencia y 2 de servicio)
Conducto	Túnel revestido de concreto, de sección circular de 2.5m de diámetro 303.23 m de longitud y una pendiente de 0.01.
Capacidad de descarga	34 m ³ /seg.

VERTEDOR DE DEMACIAS

Localización	Margen derecha.
Tipo	Canal lateral
Longitud de cresta	25.35 m
Capacidad de carga	60.00 m ³ /seg.

CAPITULO II

ESTUDIOS HIDROLOGICOS

II.- ESTUDIOS HIDROLOGICOS.

GENERALIDADES.

El agua es el compuesto químico más abundante en la naturaleza.

Se considera la precipitación como la fuente principal del agua, además es el elemento a partir del cual se inicia el ciclo hidrológico, generando con esto los escurremientos superficiales en arroyos y ríos, la evaporación y la infiltración al subsuelo.

Por tal razón para efectuar cualquier cálculo y análisis de los diferentes elementos que integran el ciclo hidrológico fig. 2, es primordial que se disponga de una amplia información referente a la precipitación tanto a lo que se refiere a su magnitud como a su distribución para aplicarla en los programas del aprovechamiento del agua y para prever y controlar las avenidas que producen las lluvias extraordinarias.

Los elementos que forman un aprovechamiento hi--

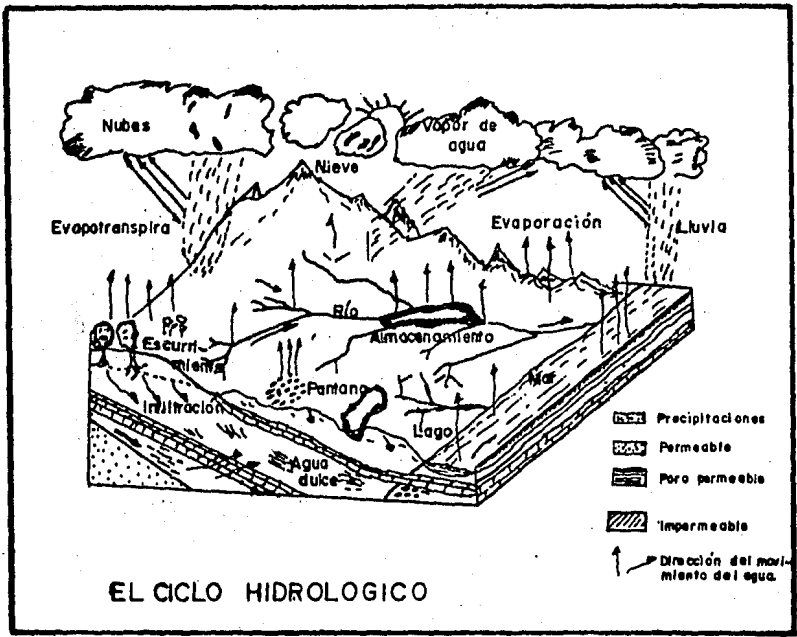


Fig. 2

dráulico superficial son siete los que se agrupan en la --
figura presentada posteriormente. Fig. 3

1.-AREA DE CAPTACION O CUENCA HIDROLOGICA EN UN-
RIO. Definida a partir del sitio de almacenamiento.

2.- ALMACENAMIENTO.

Formado por una Presa, en un sitio previamente --
escogido denominado boquilla, que es donde se cambia el ré-
gimen natural del escurrimiento, al régimen artificial de -
las demandas de acuerdo con los fines a que se destine.

3.- DERIVACION.

En donde através de una Presa, se deriva el escu-
rrimiento del río hacia el sistema de conducción, el que --
por conveniencia frecuentemente se localiza a niveles supe-
riores a los del lecho del río.

4.- SISTEMA DE CONDUCCION.

Se hace por conductos abiertos ó cerrados y va---
rias estructuras que conducen el agua desde el punto de --
derivación hasta la zona de aprovechamiento.

5.- SISTEMA DE DISTRIBUCION.

Se construye de acuerdo con el fin específico del
aprovechamiento. Por ejemplo: canales para riego, por grave-
dad, tuberías a presión para plantas hidroeléctricas, pobla-

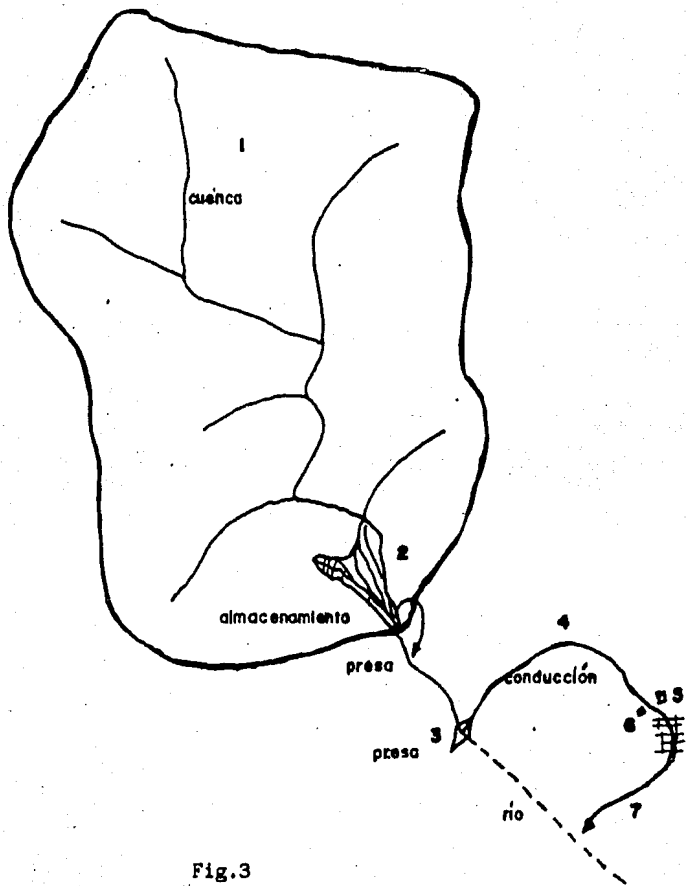


Fig.3

ciones y para usos industriales.

6.- UTILIZACION DIRECTA DEL AGUA.

En general son tres los usos específicos del -- agua:doméstico, agrícola e industrial.

7.- ELIMINACION DEL AGUA DESPUES DE SER USADA.

En caso de abastecimiento de agua potable a po-- blaciones despues de haberse usado en la variedad de ser-- vicios, se hace necesaria desalojarlas, ésto se hace por los sistemas de alcantarillado hasta el lugar designado para - desfogue. En general en todo el país se ha venido utilizan-- do para desfogar aguas residuales a los ríos, lagunas ó ma-- res, sin hacer un tratamiento primario a pesar de haber le-- yes y sus reglamentos, drenes para desalojar las aguas que-- tanto perjudican al desarrollo de los cultivos en un siste-- ma de riego.

La parte de la Ingeniería Hidráulica que propor-- ciona los métodos necesarios para resolver los problemas - anteriores es la hidrclogía aplicada.

2.1.2.- CONCEPTOS BASICOS DE LA HIDROLOGIA.

Es la ciencia natural que trata sobre el agua en-- la superficie de la tierra, es de importancia en todos los--

problemas que involucra el aprovechamiento, su disponibilidad, grado de control, distribución y utilización.

Los estudios hidrológicos persiguen una diversidad de fines que depende de la obra hidráulica que se va a ejecutar, en general consiste en:

Determinar la avenida máxima, la cantidad, naturaleza y la frecuencia con que se puede presentar en un sitio determinado. Esto es primordial para el diseño de obras en generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, control de avenidas, instalaciones de irrigación y drenajes en general, se puede decir que los resultados del estudio hidrológico son los que prácticamente definen la magnitud de la obra y de los diferentes tipos de obras --- auxiliares que se requieren en la cuenca.

2.1.3.-PROCEDIMIENTOS EN PREDICCIÓN DE AVENIDAS.

La predicción del escurrimiento de una corriente es uno de los aspectos más importantes de la hidrología -- aplicada que se hace necesaria conforme la economía de un país se expande y se incrementa la utilización de los recursos hidráulicos, la producción de energía eléctrica, rie-

go y abastecimiento municipal.

Una de las aplicaciones importantes en la predicción de avenidas es estimar aproximadamente, el tiempo y el nivel que alcanzarán los gastos máximos de una avenida, con lo cual nos permite dar los pasos necesarios para prevenir pérdidas de vidas y daños en propiedades, de tal manera que las destrucciones que causan estos fenómenos naturales pueden ser reducidos ó evitados. Se pueden estimar las entradas al almacenamiento, lo cual permite una operación más eficiente en el caso de control de avenidas.

Por último en los años recientes la tendencia ha sido desarrollar predicciones mas detalladas para obtener estimaciones de caudales.

Para desarrollar procedimientos de predicción de avenidas se requieren datos hidrométricos y climatológicos, que consisten de datos de escurrimiento y de elevaciones en las estaciones hidrométricas, así mismo de valores diarios y horarios de precipitación. En terminos generales, es necesario tener un mínimo de 10 años de información hidrológica básica para poder desarrollar procedimientos adecuados.

Para aquella cuenca donde se dispone de datos -- hidrométricos adecuados y para los cuales se requieren predicciones de avenidas, el WATHER BUREAU ha desarrollado un procedimiento razonable standar, en el cual se emplean relaciones, precipitación, escurrimientos, hidrogramas unitarios, procedimientos de avenidas, curvas de recesión y relación - gastos - elevaciones.

2.1.4.- TRANSITO DE AVENIDAS.

Tránsito de avenidas es la técnica hidrológica - que permite calcular el efecto del almacenamiento en un -- canal sobre la forma y el movimiento de una onda, en otra - forma este proceso es útil calcular el gasto en un sitio - aguas abajo cuando se conoce el gasto en otro sitio aguas-arriba.

El proceso de avenidas puede ser útil también pa -- ra calcular los efectos en un embalse sobre la forma de -- una onda creciente.

Los problemas que se pueden presentar son :

Dimensionar obras de desvío, tajos, túneles, tube--
rías.

Determinar la altura de ataguías para construir una cortina.

Dimensionar obras de excedencias y de control, y determinar el gasto máximo de salida y el nivel de aguas máximas extraordinarias.

Analizar y programar el cierre de cortinas.

Dimensionar obras complementarias como encauzamiento y revestimiento de canales.

CAPITULO III

ESTUDIOS TOPOGRAFICOS .

III.- ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.

GENERALIDADES.

El estudio topográfico de la cuenca de captación es importante, ya que por medio de él se pueden ubicar y diseñar las diferentes estructuras y obras complementarias -- que se vayan a proyectar, además es uno de los elementos -- que permite determinar la curva de elevaciones-capacidades y elevaciones-áreas, de tal modo que se puede conocer el -- embalse y el área inundada en cualquier elevación, con el -- fin de utilizar estos datos en la solución de problemas -- hidrológicos.

Al hacer el levantamiento de una cuenca, se recomienda usar una escala adecuada para la mejor interpretación de los datos topográficos.

Es por esto que, el Ingeniero que proyecte las -- diferentes estructuras de las obras, deberá obtener la información topográfica mediante métodos confiables que proporcionen una mayor seguridad, así mismo al tener errores -- en la topografía, se causaren cambios en el proyecto con un incremento en la inversión, por lo tanto es necesario tener

datos fidedignos del terreno para sustituir con criterio - las diferencias que puedan afectar las estructuras de las - obras.

El levantamiento topográfico que se efectúa en - un embalse, es generalmente por medio de Fotogrametría y -- los levantamientos terrestres, apoyándose con poligonales - en el vaso propuesto y configurándolo con tránsito, nivel y - plancheta.

La combinación de estos métodos, presenta algunas ventajas como:

Avance rápido del trabajo.

El menor costo del levantamiento.

El dibujo directo de los planos, en el campo -- plancheta.

Descubrir fácil e inmediatamente los errores con líneas de comprobación.

En las zonas extensas los levantamientos se realizan con fotografías aéreas (Fotogrametría) y como estudios complementarios se realizan la planimetría y altimetría simultáneamente de la zona, en una forma económica y -

rápida tiene la ventaja de tener una precisión uniforme - de toda la extensión del plano.

En algunos casos se combinan estos levantamientos con perfiles obtenidos mediante radar ó laser, debido a sus mediciones son muy precisas y tambien costosas.

Los levantamientos áereos donde se tienen zonas boscosas, normalmente están afectados por errores importantes en cuanto a la capacidad del vaso. Este error proviene generalmente de las correcciones que se hacen a estos levantamientos atendiendo a la altura media de la vegetación con la superficie estudiada.

Cabe recalcar, que para diseñar diferentes estructuras de una presa y demas obras complementarias, es necesario contar con la topografía detallada del sitio ó boquilla en un tramo que no solo abarquemos la cortina, obra de toma, Vertedor y el vaso, sino también los caminos de acceso, ataguías, túneles de desvío, zonas urbanas, zonas cultivadas, obras existentes y demás obras auxiliares.

Se necesitarán curvas de nivel a cada metro, ó-

en su defecto a cada 50 centímetros para diseñar las estructuras necesarias, dicho plano sirve también como referencia para estimar o cuantificar cantidades de obra en excavación y de relleno, al ejecutarse las obras proyectadas.

Es fundamental que estos levantamientos se ligen a una triangulación y se establezca una cuadrícula de apoyo para determinar la posición de las partes de cada estructura del proyecto, estos puntos deben tener la designación y sus tres coordenadas inscritas en una placa para su identificación a fin de facilitar las labores y evitar riesgos.

CAPITULO IV

TIPOS DE OBRAS AUXILIARES.

IV.- TIPOS DE OBRAS AUXILIARES.

GENERALIDADES.

La cuenca del Rfo Tlalnepantla se puede dividir en tres partes.

La primera parte comprende desde el nacimiento del Rfo Tlalnepantla hasta la Presa Madrn, donde la poblacin es dispersa y no existen industrias.

La segunda parte desde aguas abajo de la mencionada Presa hasta su cruce con el Emisor del Poniente.

La tercera parte desde el Emisor del Poniente -- hasta la confluencia con el Rfo de los Remedios en donde el cauce del Rfo Tlalnepantla funciona como canal a cieloabierto.

La anarqua en el desarrollo y crecimiento urbano e industrial de la cuenca del Rfo Tlalnepantla, han causado la contaminacin que sufre esta corriente.

Como consecuencia de lo anterior se ha desarro--

llado un estudio de manejo de la cuenca del Río Tlalnepan-
tla mediante el establecimiento de represas de gaviones en
los lugares críticos aguas arriba de la Presa Madín que --
comprende la primera parte de la cuenca.

Al respecto la S.A.R.H., ha estructurado un plan-
de contensión de azolves por medio de las mencionadas re--
presas.

Por tal motivo es de vital importancia mantener-
esta cuenca en condiciones adecuadas para el buen funciona
miento; para esto se realizan diversos tipos de obras hi--
dráulicas auxiliares en cada una de las partes en que se -
integra, con la finalidad de controlar el arrastre de sedi-
mentos, controlar las aguas para evitar inundaciones.

Asi mismo emprender las acciones de acuerdo a ca
da una de las áreas donde se efectuan los proyectos cons--
tructivos para el aprovechamiento óptimo de los recursos -
naturales y la protección de zonas Urbanas densamente po--
bladas, emprendiendo las actividades que persiguen la con--
servación, prevención y control del medio ambiente, asi como
tambien el aprovechamiento de aguas superficiales para im-

plantar métodos y procedimientos para el uso del agua en -
sus múltiples usos que simultaneamente prevean y combatan
la erosión de los suelos.

PRIMERA PARTE DE LA CUENCA.

(DEL INICIO HASTA PRESA MADIN)

REPRESAS DE GAVIONES.

Para controlar erosiones de los perfiles de las barrancas.

La construcción de una batería de presas de gaviones tiene por objeto evitar el transporte de los sedimentos de la cuenca, reducir la pendiente del cauce y bajar la velocidad del flujo evitando con este tipo de obras auxiliares reducir el azolvamiento de obras hidráulicas construidas en la cuenca, en este caso se trata de proteger la obra pivote que viene siendo la Presa Madin para prolongar la vida útil ó vida efectiva, y poder abastecer las extracciones deseadas de la planta Potabilizadora.

Las represas son estructuras filtrantes de gravedad formada con gaviones siendo un paralelepípedo rectangular elaborado con alambre galvanizado de triple torsión y tejido de malla exagonal de forma alargada unidos entre sí y rellenas con roca de ciertas características granu-

lométricas, quedando oquedades que funcionan en forma de --
filtro; se tiene conocimiento que estas estructuras tuvie--
ron su origen en Italia en el año de 1890.

CARACTERISTICAS GENERALES.

El conocimiento de las características de estas--
estructuras es fundamental para la proyección y construc--
ción de obras racionales y capaces del máximo efecto, las --
características más importantes son las siguientes:

a).- Son estructuras armadas capaces de resistir
todo tipo de esfuerzos y tambien tiene la particularidad --
de trabajar a la tensión.

b).- Siendo estructuras flexibles, la deformación
es un factor que tiene la función de aumentar la resisten--
cia de la estructura. Produciéndose así una actividad en --
todos los elementos de la obra; razón por la que pueden ade--
cuarse a los asentamientos del terreno.

c).- Siendo una estructura drenante, capaz de ha--
cer volver y expeler el agua que contamina el terreno, eli--

minando uno de los principales factores de la inestabilidad de los terrenos. El efecto drenante de los gaviones se manifiesta no sólo con la conducción al exterior del agua, sino también con la evaporación a través de la piedra de relleno quedando en el respaldo de la obra un estacionamiento de agua que mantenga al terreno saturado.

d).- Al ser una estructura de larga duración, ya que el alambre galvanizado en un ambiente normal, resiste a la oxidación el tiempo suficiente para que la piedra de relleno se cimente con los acarreo depositados en los vacíos y el crecimiento de vegetación, formando un bloque compacto y difícilmente erosionable.

e).- El tratarse de una estructura permeable, capaz de disipar la energía de impacto, presentando además a la corriente, una superficie suficientemente rugosa que reduce la velocidad de los filones líquidos que se ponen en contacto con su paramento.

VIDA UTIL DE LAS REPRESAS.

La vida útil de las represas de gaviones tiene -

un período de 20 años aproximadamente, se considera que después de 5 años pasan a formar parte natural del cauce formando un dique por el atrape y la cimentación de los sólidos en las oquedades que existen entre las rocas.

Las represas con gaviones metálicos ocupan un -- lugar importante, por las ventajas y usos que estos tienen como son:

Rapidéz de construcción.

Gastos relativamente bajos.

Ejecución en cualquier época del año.

Fácil transporte a lugares inaccesibles por el -- material de que está construido.

Su construcción no requiere de una mano de obra especializada; pero sí de una inspección técnica adecuada.

PRINCIPALES APLICACIONES.

Los gaviones rectangulares se emplean preferen-- temente en las obras siguientes:

CONSERVACION DE SUELOS. Presas filtrantes para la regulación y corrección de ríos.

ENCAUZAMIENTO DE RIOS. Obras de defensas y muros--

de contención en carreteras, vías ferreas, puentes y terrenos amenazados por la erosión del agua.

CONSERVACION DE SUELOS.

El proceso natural de la erosión de los suelos, ha sido incrementado por la mano del hombre, con la desforestación de grandes extensiones de bosques, permitiendo el avance de los desiertos o la aparición de otros nuevos.

Esta desforestación desmedida, aunada a las condiciones peculiares de nuestro clima, ha dado como resultado que el fenómeno torrencial adquiera proporciones considerables en el país; causando gravísimos perjuicios, pues además de provocar el empobrecimiento o la ruina de la tierra, el azolve amenaza la firmeza de las inversiones en grandes proyectos de irrigación, drenaje pluvial y presas de almacenamiento.

Con estos sobrios caracteres se presenta el problema de la erosión y su control puede lograrse por medio de la repoblación forestal, pero no en todos los sitios de la cuenca de un río pueden efectuarse trabajos de repobla-

ción; es preciso que el terreno se consolide previamente y esto exige la construcción de numerosas obras en las barrancas de la cuenca alta y en otras, en menor número pero más importantes, en la garganta del torrente, con el objeto de lograr su corrección, disminuyendo su pendiente y fijando las laderas que se han de repoblar.

La disminución de la pendiente y por tanto, del poder erosivo del agua, logrando con las obras, a través de algunos años el crecimiento y fijación de la repoblación, -pues de no ser así, sería incapáz de producir efectos sensibles sobre el torrente.

ENCAUZAMIENTO DE RIOS Y DEFENSA DE MARGENES.

Pueden considerarse tres tipos de obras.

A).- Diques longitudinales.

B).- Espigones.

C).- Diques transversales.

A.- DIQUES LONGITUDINALES.

Este tipo de obras se construye cuando se desea-

evitar que las zonas adyacentes a un río sean inundadas; - se ubican sobre el cauce de inundación en ambos lados y a lo largo de la zona que se desea proteger.

Se proyectan de tal manera que incluso los gastos máximos que se presentan durante la época de avenidas pasen entre los dos diques, sin que el agua derrame sobre ellos.

El problema principal que se plantea es el de -- estimar el ancho del futuro cauce, que debe calcularse en -- función de los datos del gasto de la avenida máxima extraordinaria y de la altura o velocidad más favorable.

Los diques se pueden hacer con el mismo material del río, protegido con gaviones, la cara en contacto con el agua, con el fin de evitar el arrastre del material del bordo.

Se recomienda que la parte superior del talud -- protegido así como, el talud exterior, esten cubiertos de -- vegetación.

B.- E S P I G O N E S .

Los espigones son estructuras que partiendo de la margen ó de un dique longitudinal, avanzan hacia el centro del río, desviando la corriente para que la orilla no llegue a erosionarse.

Parte de la obra esta en tierra y sirve de ligamento entre el terreno y el espigón mismo, mientras que el resto está dentro de la corriente.

Normalmente la protección con espigones es más económica que la protección longitudinal, dado que su construcción es menos complicada y su mantenimiento, además de ser más simple, disminuye con el tiempo.

Los espigones construidos con gaviones pueden clasificarse de la siguiente manera:

De acuerdo a su orientación:

- a.- Inclinaos o contra corriente.
- b.- Normales a la corriente.
- c.- Declinantes o a favor de la corriente.

De acuerdo a su forma.

- a).- Rectos.
- b).- Cabeza de martillo.
- c).- De bayoneta.

C.- DIQUES TRANSVERSALES.

Se consideran como otras obras de defensa de los cauces naturales, como son pequeños diques interpuestos a la corriente, que evitan la erosión del fondo y reducción de su pendiente, ya que permite el depósito del material de arrastre hasta la altura del dique.

MUROS DE CONTENCIÓN.

Un muro diseñado con el propósito de mantener una diferencia en los niveles del suelo de sus lados se llama de retención o contención.

La tierra que produce el mayor nivel se llama relleno y es el elemento generador de presión.

Los muros de contención construidos con gaviones, con una altura máxima cimentados en un terreno formado por arenas o gravas densas, pueden ser diseñadas con base al método semiempírico simplificado del Dr. TERZAGHI, ya que reúne las condiciones de aplicabilidad del mismo como son, el adecuado sistema del drenaje que la permeabilidad del gavión proporciona a la obra en toda su longitud así como la libertad para sufrir desplazamientos por traslación de conjunto, gracias a su estructura flexible.

Los gaviones instalados sobre el talud, enrasan al muro, apoyándose en él, por lo que al calcular el empuje estos deben ser considerados como parte del terreno y no como una sobre carga.

El empuje obtenido deberá aplicarse a la altura 1/3, contada del paño inferior del muro.

Conocido el valor de la componente E_v y E_h , deberá verificarse que la sección transversal propuesta para el muro, cumpla con las siguientes condiciones:

a) Volteo

$$F_{sv} = \frac{G_{sx} + E_{vy}}{E_H t} \geq 2$$

b) Deslizamiento

$$F_{sD} = \frac{(G_s + E_v) T_g \emptyset}{E_H + T_f A} \geq 1.2$$

En donde:

F_{sv} = Fuerza al volteo en condiciones sumergidas.

G_{sx} = Peso total sumergido de los gaviones en el punto X.

E_{vy} = Empuje vertical en el punto Y

E_H = Empuje Horizontal.

t = Fuerza componente tangencial.

F_{sD} = Fuerza al deslizamiento en condiciones sumergidas.

G_s = Peso total sumergido de los gaviones.

- E_v = Empuje vertical
- T_f = Esfuerzo cortante producido en el fondo del talud.
- θ = Angulo de fricción entre la superficie del gavión y la del terreno.
- A = Superficie total del muro en contacto con la corriente.

Verificada la estabilidad del conjunto y estructural del muro, deberá revisarse el factor de seguridad contra el volteo con respecto a cada una de las juntas,

CORRECCION DE TORRENTES.

Un torrente es una avenida natural que escurre por barrancas estrechas, posee una cuenca reducida y su caudal en época de estiaje es pequeño o nulo.

Una tormenta que descargue en su cuenca, puede producir una avenida de consideración, que crece repentinamente, pero dura poco tiempo.

Su pendiente es muy irregular y fuerte, generalmente arrastra grandes cantidades de material de azolve, producido por las lluvias extraordinarias o rápidos deshielos.

Si la corriente principal tiene suficiente fuerza de arrastre para llevarse los sedimentos que los afluentes le suministran, estos serán de-

positados en el vaso de alguna Presa de almacenamiento, localizado en su curso, en la cuenca del Río Tlalnepantla se encuentra ubicada la Presa Madín la cual se ve expuesta a quedar azolvada en pocos años.

Teóricamente la Presa quedaría inutilizada en el momento en que los azolves invadan la Obra de Toma, debido a que la cantidad del agua que se extraiga por ella no sería la prevista y sobre todo, a que la capacidad de regulación para aprovechamiento empezaría a disminuir, por lo que no se podrían obtener las extracciones deseadas.

En vista de que la erosión de la superficie de la cuenca, no puede evitarse en forma total, es recomendable efectuar alguna acción efectiva para disminuirla, lo cual se puede conseguir mediante una debida conservación de los suelos en la cuenca.

En otros casos, los materiales de azolve arrastrados por la corriente principal, se irán depositando en su propio cauce produciendo una disminución de su área hidráulica al disminuir su pendiente, provocando una elevación del lecho, lo cual traerá como consecuencia que en una avenida extraordinaria, la corriente socave las margenes para compensar la sección hidráulica perdida o se desborde inundando y destrozando los cultivos, vías terrestres y zonas urbanas localizadas en los terrenos aledaños al cauce.

SEGUNDA PARTE DE LA CUENCA.

PRESA MADIN - EMISOR DEL PONIENTE.

En esta parte de la cuenca del Río Tlalnepantla - se hará mención de las obras auxiliares necesarias y adecuadas para el mejor control y correcto funcionamiento de los escurrimientos tanto pluviales como de aguas negras - provenientes de la cuenca alta del Río Tlalnepantla, Lomas Verdes y del Nuevo Poblado Madín respectivamente, es importante aumentar la capacidad hidráulica aguas abajo de la - Presa Madín hasta su incorporación con el Emisor Poniente donde parte del gasto descarga en esta estructura.

Con respecto a la eliminación de las aguas negras de Lomas Verdes y el Nuevo Poblado Madín que se ubican aguas arriba de la cortina evitando la contaminación de las aguas del vaso de almacenamiento que se utiliza para agua potable fué necesario la instalación de una tubería de conducción de 60.0cms. de diámetro que descargara - aguas abajo de la Presa sobre el cauce del río.

Por invasión del cauce con instalaciones de zonas industriales, y urbanas ha quedado reducido su área --

hidráulica con una capacidad menor de $5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ en algunos tramos,

Caudales que excedan esta capacidad provocarán inundaciones en el área de estudio, con grave perjuicio para sus habitantes.

La ampliación y conservación del Río Tlalnepan - tla con el fin de aumentar su capacidad hidráulica en este tramo es necesario efectuar obras auxiliares que consisten en los siguientes:

- a).- Encauzamiento.
- b).- Desazolve y rectificación de cauces.
- c).- Revestimiento de concreto simple o armado.
- d).- Revestimiento con mampostería.

Dentro de las obras complementarias más importantes contempladas en este tramo se encuentra el encauzamiento y revestimiento de concreto armado localizado inmediatamente aguas abajo de la Obra de Toma y control de excedencias que consiste en un canal a cielo abierto tipo trapezoidal.

Estos aspectos de los problemas mencionados an-

teriormente asociados a un almacenamiento que tiene como función principal el control de avenidas, demanda la revisión total de las obras complementarias necesarias para cumplir con los objetivos mencionados en los párrafos -- antes mencionados.

TERCERA PARTE DE LA CUECA.

EMISOR PONIENTE - CONFLUENCIA RIO REMEDIOS.

CONDUCTO CERRADO.

Dentro de las obras auxiliares que se contemplan para el buen funcionamiento de una cuenca puede considerarse un conducto de concreto simple o armado y postensado de sección tipo herradura o a base de dovelas prefabricadas; para conducir gastos según las necesidades que sean requeridas.

Son obras de defensa contra inundaciones, evitar la contaminación ambiental de la zona que son producidos en la mayoría de los casos por las descargas de aguas negras y desechos industriales.

Cuando surge la necesidad de proyectar una conducción de agua existe infinidad de factores que intervienen en el diseño, estos factores deben estudiarse exhaustivamente por que directa o indirectamente afectan al diseño.

Los aspectos más importantes son:

- 1.- Topograficos.
- 2.- Geológicos.
- 3.- Finalidad.
- 4.- Hidráulicos.
- 5.- Estructurales.
- 6.- Sanitarios.
- 7.- Políticos.
- 8.- Económicos.

La solución más adecuada será la que, al combinar todos los factores anteriores produzcan mayores beneficios.

A continuación se hace una descripción somera de los aspectos más importantes.

ASPECTOS TOPOGRAFICOS.

Una vez conocidos el punto de partida y el destino final de la conducción, deberá recorrerse por diferentes rutas esa distancia.

En cada una de ellas, es necesario hacer levantamientos topográficos y formar un plano lo más extenso posible.

Procurar siempre que estos estudios topográficos sean los más apegados posibles de la realidad, porque si no toda la planeación resulta errónea.

FINALIDAD .

Es muy importante tener en mente la finalidad del conducto, porque habrá ciertos requisitos finales que no satisfagan cualquier sección.

Por ejemplo; cuando se conducen aguas negras exclusivamente no se pueden pasar por un conducto a cielo abierto dentro de una zona urbana.

ASPECTOS HIDRÁULICOS.

Los aspectos hidrúlicos son casi siempre bien definidos y cuidadosamente estudiarse con precisión.

Los aspectos que se deben tener en cuenta son:

- a).- El caudal o gasto.
- b).- Rugosidad.

c).- Pendiente.

d).- Velocidad.

e).- La forma del conducto que a su vez implica el estudio del área (a) y del radio hidráulico (h).

EL CAUDAL O GASTO .

Es necesario conocerlo lo más acercado de la realidad, sobre todo previendo posibles incrementos futuros para que la sección que se escoja, sea útil para mucho tiempo.

RUGOSIDAD .

Para conocer esto hay que tener cuenta al posible o los posibles materiales de que va ha estar construido el conducto y tener conocimiento de los valores empíricos - de que rugosidad se usen.

PENDIENTE .

Una vez concluidos los estudios topográficos y geológicos y habiendo escogido el perfil de la ruta, se define la pendiente a la que el líquido va a fluir.

VELOCIDAD .

Teniendo el gasto y los perfiles se puede encontrar varias velocidades para diferentes materiales de construcción, siempre y cuando estos no sean tan bajos que en aguas con sólidos produzcan azolves o que sean tan grandes y produzcan erosiones.

Los conductos que se usan y son recomendables para coleccionar, conducir y alojar aguas negras, pluviales, requieren un estudio detenido sanitariamente .

Un conducto llevando este tipo de fluidos es un foco de contaminación.

Es necesario, que este conducto este debidamente protegido, tanto interior como exteriormente.

Las aguas negras y pluviales deben procurarse conducirlos por gravedad, dando como resultado que el conducto más adecuado es uno que trabaje como canal, pero completamente cerrado.

APLICACIONES DE LOS CONDUCTOS CERRADOS

La forma de la sección transversal de un túnel -- con un espesor de concreto simple o armado, estará en fun--- ción de la presión de tierras tanto verticales como horizontales que soportará la capa y del fin para el que se cons-- truye.

Si el terreno es de roca sólida, puede seleccionar se cualquier tipo de conducto cerrado.

Para un acueducto, la forma puede ser circular, - mientras que para un túnel que servirá de viaducto la sec-- ción más aplicable es de paredes verticales con un domo ar- queado.

Si los suelos están formados por roca fragmentada sujeta a fuertes presiones horizontales la sección de pare-- des verticales de un túnel viaducto debe sustituirse con -- curvas de herradura para resistir esta presión y evitar la- falla.

Si atravieza terrenos altamente inestables como -

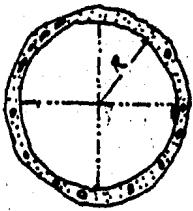
el del Valle de México; por ejemplo formaciones arcillosas o depósitos de aluvi6n es recomendable utilizar una secci6n de tipo circular de concreto armado, debido a su mayor resistencia a las presiones externas, independientemente del objeto para el que se vaya a utilizar el conducto.

Las secciones transversales m1s comunes que son aplicables pueden incluirse los tipos circular, el1ptico, herradura y de paredes verticales ver figura n^o. 4

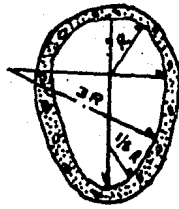
Los conductos circular y el1ptica son m1s aplicables como conductores de agua y aguas negras, mientras que las secciones de tipo herradura y vertical son m1s comunes como t1neles para viaductos en donde las condiciones del terreno permitan el empleo de estas secciones.

Para resolver el grave problema del drenaje del 1rea Metropolitana el Gobierno Federal efectu6 la construcci6n de obras auxiliares en la cual se utilizaron conductos cerrados de secci6n tipo circular de concreto armado con di1metro, longitud y profundidad variable seg1n las necesidades requeridas como ejemplo de estas obras tenemos:

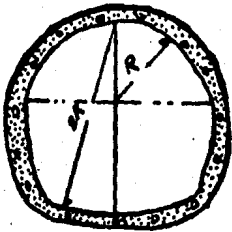
Los interceptores del Poniente, Oriente, Central y-



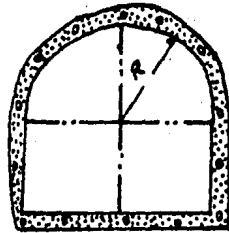
CIRCULAR



OVALADA



HERRADURA



PAREDES VERTICALES
DOMO ARQUEADO

Fig. 4

TIPO DE SECCIONES TRANSVERSALES

el Emisor Central, en la cual más de sus tres cuartas partes de su longitud atraviesan suelos arcillosos.

Se hace mención de la obra auxiliar el entubamiento arroyo "El Tornillo" como defensa contra inundaciones -- dentro del campo militar No. 1 en los límites del D.F. y estado de México y el Arroyo " El Cedazo" en Aguascalientes -- que es un conducto de concreto simple tipo herradura con un espesor de la capa superior de 40 cms. y conducir un gasto de $43 \text{ m}^3/\text{seg.}$ con este tipo de obras se evitan problemas de inundaciones de zonas urbanas producidos por las lluvias -- extraordinarias y las incorporaciones de aguas negras.

CARACTERISTICAS DE CONDUCTOS CERRADOS.

Con el objeto de mejorar algunas características de la sección típica para entubamiento de río, en forma de herradura, similar a la usada en los arroyos " El Tornillo" - en los límites del D.F. y del Estado de México y del Cedazo en Aguascalientes y poder aplicarla al entubamiento del Río Tlalnepantla, se estudio una sección a base de muros de arcos prefabricados, apoyados en la losa de fondo colada en el sitio.

Las ventajas que se pretenden son las siguientes:

- a).- Reducir los volúmenes de excavación y relleno al reducir la geometría general exterior.
- b).- Eliminar la inversión en cimbra y eliminar el riesgo de tener obstruída la sección en una avenida imprevista.
- c).- Reducir el tiempo de ejecución de la obra.
- d).- Disminuir el costo por metro lineal de conducto.

DESCRIPCION GENERAL.

Se pretende substituir la sección de concreto simple por otra de concreto armado y postensado, más esbelta - a base de dovelas prefabricadas, ligadas en obras entre sí - con mortero y cables de preesfuerzo y a la plantilla con - mortero y sello de neopreno.

Se considera para efectos de cálculo la envolvente de esfuerzos de las diferentes combinaciones de carga - entre el relleno y las condiciones de conducto vacío o lleno.

La estructura se considera como un arco de dos - articulaciones, las que forman en la liga de los muros a la losa de fondo.

La continuidad en la clave se logra mediante la prolongación del acero de ambas piezas con una longitud de 40 diámetros y colando dicha clave en el sitio.

La continuidad y el sello hidráulico longitudinal se da con cables de preesfuerzo que dan a la estructura un esfuerzo de compresión transversal de 10 kg./cm^2 , de manera que pueda absorber movimientos diferenciales y mantenga un esfuerzo residual de compresión que garantise éste sellado.

El sellado a la cubeta se logra con la presión del peso de la dovela y del relleno sobre una sección redonda de neopreno ubicada en la clave de liga muro-losa.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

La excavación, los drenes, los desvíos y el colado de la losa de fondo así como los demás trabajos se hacen en la forma tradicional.

La prefabricación de las dovelas se realiza por procedimientos industriales en la empresa especializada en este tipo de estructuras dejando preparados en la pie-

za los ductos para el cable de postenzado y los aceros para la continuidad de las ligas.

El montaje de las piezas desde el fondo del arroyo transitando sobre la plantilla, antes de éste se hará en campo un trazo preliminar y la preparación de la junta losa -mu- ro.

Cuando las condiciones de la obra no permitan el - montaje desde el fondo del cauce se podrán montar desde am - bas orillas o margenes con una grúa de mayor pluma y si por - condiciones de la zona tampoco es posible desde ambas marge - nes se hará desde una sola margen con la grúa de la capaci - dad que sea requerida.

Temporalmente las piezas se fijan con un puntal -- diagonal y con pernos en las costillas de la clave.

A continuación se colocarán los cables de prees -- fuerzo a la longitud que se determine entre dovelas de tensa do, la que por razones de manejo de cable y donde no haya cur

vas muy pesadas se recomienda sea del orden de 40 a 50 metros.

Posteriormente se colocarán juntas tanto entre dovelas como la de la clave; las piezas tienen de fabricación - las preparaciones necesarias para no requerir de cimbra adicional.

Una vez fraguado el concreto entre dovelas se puede realizar el tensado con el sistema utilizado por la empresa que fabrica estas estructuras controlando el alargamiento y la fuerza por la presión en el gato, de manera de dar una fuerza $T_i = 13.0 \text{ kg}$.

El relleno se deberá realizar posteriormente, por capas y simultáneamente en ambos lados, para evitar excentricidad de carga sobre las paredes del arco y evitar con esto la fractura o la falla.

CAPITULO V

PROYECTO DE OBRAS AUXILIARES EN EL RIO TIALNEPANTIA

V.- PROYECTO DE OBRAS AUXILIARES EN EL RIO TIAL-
NEPANTLA.

PROYECTO ENCAUZAMIENTO Y REVESTIMIENTO DEL RIO -
TLALNEPANTLA.

GENERALIDADES.

Para planear la construcción de un canal debemos -
contar con planos topográficos, hidrológicos e informaciones
geológicas de la región. Con el plano topográfico podemos -
indicar aproximadamente el curso del canal siguiendo una -
pendiente gobernadora.

Para el estudio de cualquier línea llevamos una -
poligonal preliminar en la cual apoyamos el levantamiento -
de la zona en que se va a construir el canal ya sea por --
secciones transversales tomadas a una equidistancia dada -
sobre la línea, o bien tomando las secciones donde los acci-
dentes del terreno nos lo indiquen.

Los datos geológicos sirven para la inclinación -

de los taludes con que deberá excavarse el canal ya que la inmensa mayoría de los canales excavados son de sección - trapezoidal.

Una vez que tenemos el gasto, para conocer la -- sección hidráulica de nuestro canal, debemos ver que la velocidad sea la conveniente; debe ser una velocidad tal que - ni erosione el canal ni lo azolve; esto depende tanto del -- tipo de suelos que atraviese, pues mientras en roca una gran velocidad no causa ninguna erosión, en terrenos blandos esa - misma velocidad causaría erosiones que en algunos casos de - canales mal diseñados los ha convertido en verdaderas barran- cas.

Elegida la velocidad adecuada, podemos definir el área hidráulica del canal dividiendo el gasto entre la ve- locidad.

$$A = \frac{Q}{V} .$$

Teniendo el área y los taludes podemos diseñar - la sección del canal; esta sección será la más conveniente - tanto desde el punto de vista del funcionamiento hidráulico como desde el punto de vista de las excavaciones.

TIPO DE SECCIONES EN CANALES.

Para seleccionar la forma más apropiada de la sección del canal, se deberá tomar en cuenta principalmente la clase de suelo en que se construirá el mismo y la disponibilidad que se tenga en la zona tanto de materiales como de mano de obra cuando se tenga que revestir el canal.

Las formas más comunes empleadas son : las rectangulares, circulares, triángulares y trapeziales siendo estas últimas las más usadas, porque según la experiencia indica que son las que mejor se adaptan a las características de los terrenos en donde van alojados los canales.

VELOCIDAD DEL AGUA ADMISIBLE EN UN CANAL.

Para el cálculo de la velocidad en un canal emplearemos la fórmula de Manning, la cual es :

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} S^{1/2}$$

Siendo:

V= Velocidad media en m/seg.

n= coeficiente de rugosidad.

r = radio hidráulico.

S = pendiente hidráulica.

Las velocidades límites, para que no provoquen -- erosiones el agua, están básicamente en función a diversos experimentos llevados a cabo en el laboratorio que se considera que, la velocidad máxima no sea mayor al 80% de la crítica, en seguida se muestra algunas velocidades permisibles en diferentes tipos de materiales.

Materiales	Velocidades	
	m/seg.	
	Agua clara	Agua en coloides
Arena fina coloidal	0.48	0.76
Limo arenoso no coloidal	0.53	0.76
Fango de sedimentos no coloidal	0.61	0.92
Sedimentos aluviales no coloidales	0.61	1.07
Limo firme ordinario	0.76	1.07
Ceniza volcanica	0.76	1.07
Arcilla consistente muy coloidal	1.14	1.52
Sedimentos aluviales coloidales	1.14	1.52
Guijarros y cascajos	1.52	1.68
Grava fina	0.76	1.68
Materiales graduados de limo a guijarros		

no coloidal.	1.14	1.52
Material graduado de sedimentos a		
guijarros coloidal.	1.22	1.52
Material grueso no coloidal	1.26	1.68
Pizarras y conglomerados	1.83	1.63

VELOCIDADES EN CANALES REVESTIDOS.

Concreto	2.0
Lozas de concreto	2.50
Mampostería	3.50

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n).

Este está en función de la mayor o menor difi-
cultad que tiene el agua para fluir en un canal.

Los valores más comunes de este coeficiente para
los materiales más usuales son los que a continuación se
enlistan :

TIPO DE SUPERFICIE.	COEF.DE RUGOSIDAD	
Revestimiento de losas de concreto pre- fabricado con superficie lisa.	0.012	0.015

Revestimiento de concreto con superficie rugosa.	0.015	0.020
Concreto lanzado neumáticamente	0.017	0.025
Revestimiento de ladrillo	0.020	0.025
Revestimiento de mampostería	0.017	0.025
Revestimiento de grava.	0.030	0.033
Excavados en tierra en buenas condiciones de conservación.	0.023	0.032
Excavados en roca usando explosivos	0.035	0.040
Excavación en roca con superficie rugosa	0.040	0.050
Excavados en tierra con depósito de azolves	0.028	0.035

PENDIENTE LONGITUDINAL (s) .

Es la relación que existe entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos del eje longitudinal de su plantilla.

Debe ser la pendiente máxima que permita dominar la mayor parte de la longitud del canal que va a construirse y que tenga valores tales que la velocidad con que fluya el agua sea la adecuada, para no producir depósito -

-de azolves ni erosiones.

En canales revestidos de concreto con gastos -- grandes como en esta caso el Río Tlalnepantla se deberán - adoptar valores máximos de 0.0005 llegando a veces a casos extremos con pendientes de 0.0003.

TALUDES.

Los taludes en cada caso donde se requiera pro--- yectar un canal independientemente del objeto para el que - se vaya a utilizar dicha estructura; serán determinados por el estudio correspondiente de mecánica de suelos, pero deben tomarse los siguientes valores como aceptables, para los diferentes tipos de materiales.

TIPO DE MATERIAL	TALUDES.
Corte en roca fina	0.25:1
Corte en roca más o menos desintegradas (tepetate resistente).	0.50:1,
Corte en conglomerados, terreno arcilloso ordinario	1:1 y 0.75:1

Corte relleno de tierra	1.5 : 1
Corte o relleno en magras arenosos sueltas	2:1
Corte o relleno en terreno muy arenoso	3:1
Construido de mampostería	0.4:1
Revestido de mampostería	1:1
Revestimiento de concreto	1:1 y 1.5:1

DATOS DE PROYECTO .

Descarga máxima del vertedor = $20 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Descarga máxima de la Obra de Toma = $15 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Gasto de diseño del encauzamiento = $20 \text{ m}^3/\text{seg.}$

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS UNIFORMES.

TRAMO	Q	n	s	b	t	H	αn	An	Vn	rn
km km	m^3/seg									
0+200-0+410	20	0.018	0.001	7.00	2	3	1.248	11.85	1.688	0.942
0+420-0+750	20	0.018	0.024	6.00	1.5	3	0.558	3.815	5.242	0.476
0+750-1+106	20	0.018	0.0003	6.00	1	3	2.06	16.59	1.21	1.403

CÁLCULO HIDRAULICO.

Una vez analizado y escogido el gasto de diseño, - el coeficiente de rugosidad, la pendiente hidráulica y los ta ludes, se procede a efectuar el cálculo hidráulico de la se - cción del canal, del encauzamiento y revestimiento del Rfo - Tlalnepantla, para lo cual se siguen los siguientes pasos.

1.- Se propone un ancho de plantilla y un valor - del tirante, procurando que la relación plantilla tirante en los casos que sea factible, sea $b/d = 0.606$ que es la rela - ción de máxima eficiencia; en ocasiones no es posible respe - tar este valor porque las secciones resultan tan esbeltas - que presentan dificultades de construcción y en ese caso se utilizará la relación b/d igual o mayor de uno.

Se propone b y d .

$$b = 7.00 \text{ m.}$$

$$d = 1.25 \text{ m.}$$

$$\frac{7}{1.25} = 5.6 \text{ la cual satisface la condición -}$$

anterior.

2.- Se procede a calcular el área hidráulica mediante la expresión siguiente :

$$A = bd + md^2 . \text{ en donde}$$

m = talud

$$b = 7.00 \text{ m.} \quad d = 1.25 \text{ m.} \quad m = 2$$

Sustituyendo tenemos:

$$A = 7.00 \times 1.25 + 2(1.25)^2 = 8.75 + 3.125$$

$A = 11.875 \text{ m}^2$ la cual cumple con la característica hidráulica propuesta en los datos del proyecto.

3.- Se calcula la velocidad mediante la fórmula de continuidad la cual es :

$$Q = VA \quad \text{por lo tanto} \quad V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 20 \text{ m}^3/\text{SEG.} \quad \text{gasto de diseño.}$$

$$A = 11.875 \text{ m}^2 \quad \text{Area hidráulica.}$$

Sustituyendo .

$$V = \frac{20 \text{ m}^3/\text{seg.}}{11.875 \text{ m}^2} = 1.68 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

4.- Se calcula el perímetro mojado mediante la -
expresión :

$$p = b + 2d \sqrt{1 + m^2} . \quad \text{Se tiene :}$$

$$b = 7.00 \text{ m} \quad d = 1.25 \text{ m} \quad m = 2$$

Sustituyendo .

$$p = 7 + 2 (1.25 \text{ m}) \times 2.236 = 7.0\text{m} + 5.59 \text{ m} .$$

$$p = 12.59 \text{ m} .$$

5.- Procedemos a calcular el radio hidráulico.

$$r = \frac{A}{p} \quad \text{donde} \quad A = 11.875 \text{ m}$$
$$p = 12.59 \text{ m} .$$

Sustituyendo.

$$r = \frac{11.875 \text{ m} .}{12.59} = 0.943$$

$$r = 0.943 .$$

6.- Se calcula la velocidad por medio de la -
fórmula de Maning.

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}. \text{ Se tiene}$$

$$n = 0.018 \text{ rugosidad.} \quad r = 0.943 .$$

$$s = 0.001 \text{ pendiente hidráulico.}$$

Sustituyendo.

$$V = \frac{1}{0.018} (0.943)^{2/3} (0.001)^{1/2}$$

$$V = 55.556 \times 0.961 \times 0.0316$$

$$V = 1.687 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Finalizando así el cálculo, si el valor del punto seis es igual al valor del punto tres; en caso contrario, se le asigna nuevo valor al tirante o a la plantilla y se repite este procedimiento hasta que coincidan los dos valores.

En este caso los valores del punto seis y tres ---
coinciden la cual nos indica que los valores propuestos de la
plantilla y el tirante son los correctos.

CARACTERISTICAS GENERALES.

Obra de control que se realiza al pie de la cortina de la Presa Madín, esta obra consiste en un canal a cielo abierto tipo trapecial de concreto armado para conducir un gasto de $20 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Para efecto de contar con las obras auxiliares -- de esta parte de la cuenca, es necesario la construcción de una obra que consiste en el encauzamiento del gasto de la obra de control y excedencias, así como de la Obra de Toma de la Presa Madín, que actualmente descarga a la elevación -- aproximada de 2,289.00 metros, en un tramo de 520.00 metros hasta el sitio de la atigua Presa denominada de " Rancho - Castro " .

Prosiguiendo con una pendiente variable hasta ligar con el tramo actualmente revestido en la zona del Fraccionamiento Bella Vista teniendo una longitud de 279.00 m.

El revestimiento y encauzamiento del Río Tlalnepantla el tramo a tratarse en este trabajo tiene una longitud de 520.00 m. que integrado al tramo revestido por el Club de Golf Bella Vista suman una longitud de 799.00m.

Esta obra auxiliar consta de tres tramos con diferentes secciones y con sus diferentes cambios, como a continuación se describen.

En su primer tramo consta de una transición de 82.00 metros de longitud, con plantilla variable de 31.90 m. a 7.00 m. y con un talud de 2:1 .

Su segundo tramo consta de 198.9 m. con una plantilla de 7.00 m. y taludes de 2:1, transición variable de 10.00 m. de longitud con plantilla de 7.00 m. a 6.00 m. y taludes de 2:1 a 1.5:1 .

El tercer tramo comprende una longitud de 229.10 metros hasta ligar con el tramo revestido en la zona del Club de Golf Bella Vista, con plantilla de 6.00 m. y talud de 1:1 .

El espesor del revestimiento es de 20.00 centímetros normales al talud de concreto armado con varilla de 1/2 " de diámetro con una separación de 25.00 centímetros en ambas direcciones; el talud de ambas margenes será apoyado sobre un relleno donde sea necesario con 3.00 metros horizontales, de material tarango compactado al 90% de la prueba PROCTER S.A.R.H .

Un puente de concreto de una sola banda de circulación con longitud de 25.00 m. localizado sobre la estación 0 + 340.00 .

Con objeto de aliviar la supresión en el revestimiento del canal, hubo necesidad de colocar un drenaje longitudinal .

Este drenaje esta alojado en una zanja paralela al eje del canal y a 3.50 y 3.00 metros del pie de cada uno de los taludes; el drenaje consistio en una zanja de 40.00 x 40.00 centímetros aproximadamente, zanja donde se colocó un tubo de concreto poroso perforado de 20 centímetros de diámetro, relleno con grava limpia y de granulometría controlada (3/4" a 1/2") .

Los resultados de este drenaje construido, son satisfactorios ya que funcionó correctamente antes y después de colocar el revestimiento debido a que las aguas del cauce como las incorporaciones se controlaron por medio de este drenaje.

Sobre la margen izquierda se efectuó , la construcción de un camino de acceso, revestido de material tarango -

con un espesor de 20.00 centímetros y pendiente variable - que conduce a la caseta de válvulas, con 7.00 metros de ancho de corona y talud izquierdo variable de acuerdo con -- las condiciones del terreno natural.

Con el fin de contar con la supervisión y control de las obras, durante su construcción y operación, fueron - - - - -
construidos sobre la margen derecha aguas arriba de la cortina, oficinas de residencia, laboratorio y tenencia de la --
tierra.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

El área en estudio es una de las más conflictivas dentro de la Cuenca del Valle de México específicamente la Cuenca del Río Tlalnepantla.

La obra de mayor importancia que se localiza en el cauce del Río Tlalnepantla se encuentra la Presa Madín considerada como obra pivote; siendo los objetivos principales regularizar los escurrimientos, almacenar las aguas para la utilización en abastecimiento de agua potable, proteger contra inundaciones a los Municipios de Atizapan de Zaragoza, Tlalnepantla, Naucalpan y Norte de la Ciudad de México.

La zona en estudio se localiza dentro de la cuenca hidrológica de los Ríos de los Remedios, San Javier y Totoliza; siendo estas corrientes las más importantes que se localizan dentro del área, se desarrollan paralelamente y unen sus aguas en las cercanías de la población de Amealco para des -

cargar sus aguas al Gran Canal de Disague de la Ciudad de México.

Actualmente la Cuenca del Río Tlalnepantla se encuentra bajo un proceso activo y acelerado de erosión en lo que respecta a la primera parte de esta Cuenca aguas arriba de la " Presa Madín " la incisión cada vez más profunda de los afluentes que lo drenan por la erosión laminar cuyo producto lo transportan los afluentes que llevan sedimentos en suspensión de toda el área de la Cuenca descargándolos en el Vaso de la " Presa Madín " .

Como se mencionó anteriormente, la importancia de mantener esta cuenca en buenas condiciones, proyectando la construcción de las obras complementarias necesarias para la protección contra inundaciones y del medio ambiente de las zonas densamente pobladas que se localizan en las margenes del Río Tlalnepantla principalmente aguas abajo de la " Presa Madín " y contra la erosión que es uno de los problemas graves a resolver.

RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones que se pueden hacer, derivadas de este estudio; son las siguientes:

Para el mejor desarrollo de la Cuenca del Río Tlalnepantla, se sugiere implantar métodos apropiados y la construcción de obras auxiliares necesarias en cada una de sus tres partes en que está integrada.

a).-En la primera parte se recomienda hacer un adecuado manejo de la cuenca mediante el establecimiento de represas de gaviones en los principales afluentes del Río Tlalnepantla y en los lugares más críticos, los cuales funcionarán como contenedores de azolves con la finalidad de controlar el arrastre de sedimentos, reducir la pendiente del cauce y bajar la velocidad del flujo con el objeto de prolongar la vida útil o vida efectiva de la "Presa Madín" para poder abastecer las extracciones de la Planta Potabilizadora denominada "Madín" que se localiza aguas arriba en la margen derecha.

b).-Con respecto a la segunda parte de esta cuenca, se sugiere establecer acciones de acuerdo a las necesidades prioritarias, para el mejor control y correcto funcionamiento de los escurrimientos pluviales como de aguas negras.

Los trabajos de mayor importancia que se pueden llevar a cabo para el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales y protección de zonas urbanas son:

- 1.-Encauzamiento.
- 2.-Desazolve y rectificación de cauces.
- 3.-Revestimiento de concreto simple o armado.
- 4.-Revestimiento con mampostería.

c).-En la tercera parte se recomienda que dentro de las obras auxiliares que se contemplan para el buen funcionamiento de una cuenca es necesario la construcción de un conducto de concreto armado, para evitar la contaminación ambiental.

Otros de los aspectos importantes que se hace notar es que los Ríos Remedios, San Javier y Totolica se encuentran demasiado contaminados y con gran cantidad de azolve que obstruyen el libre flujo del agua y para su mejor funcionamiento se requiere que se mantengan desazolvados continuamente para poder ofrecer seguridad a los habitantes de las colonias aledañas a estas corrientes y evitar con estos trabajos focos de contaminación.

BIBLIOGRAFIA GENERAL.

- 1.- Publicación Técnica No. 2 VOL.VII
Año de 1978. S.A.R.H.
- 2.- Estudio económico comprendido de
conductos cerrados de concreto Tesis Profesional.
Del Valle Prieto.
- 3.- Notas sobre Obras Hidráulicas Pri-
mera Parte. Fac.de Ingeniería. Francisco Torres H.
- 4.- Consideraciones sobre la estimación
de caudales máximos para el diseño
de algunas obras de Ingeniería. Tesis profesional.
Gonzalo López de Haro
- 5.- Analisis Hidrológico y Predicción
de avenidas. C.H.C.V.M. No.164.
- 6.- Presas de Gaviones. Tesis Profesional.
Ramón Adrian Sosa.

7.- Principales características
y aplicaciones del gavión.

Gaviones LEMAC S.A.

8.- Planeación y Proyecto de
zonas de riego.

Centro de actualización
Profesional E.S.I.A.