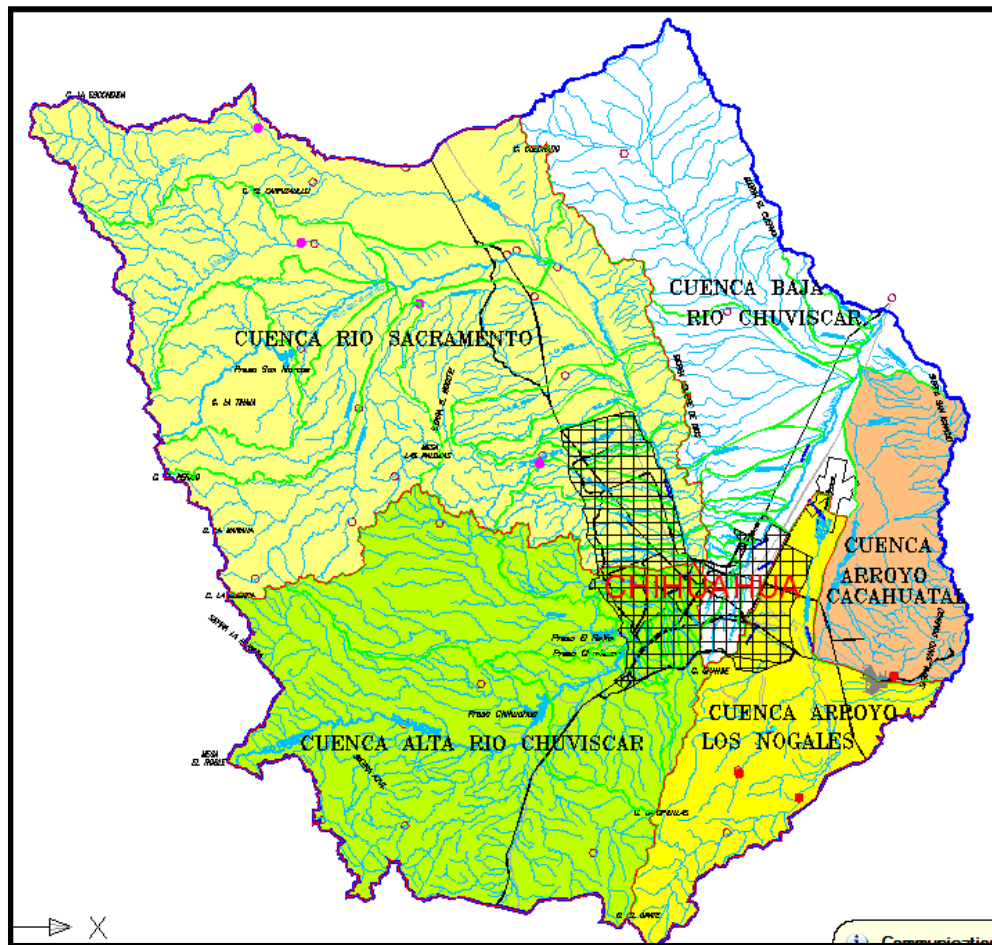


INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEACIÓN DE CHIHUAHUA

PLAN SECTORIAL DE AGUA PLUVIAL EN LA CIUDAD DE CHIHUAHUA. (TERCERA ETAPA) NORMATIVIDAD



PLAN SECTORIAL DE AGUA PLUVIAL EN LA CD. DE CHIHUAHUA. (TERCERA ETAPA)

NORMATIVIDAD

VIII.- NORMATIVIDAD

El propósito de establecer lineamientos técnicos es fundamentalmente para que se conozcan los criterios mediante los cuales se deben de regir las obras en materia de control y manejo de las aguas pluviales en la ciudad, esto con el fin de proteger y dar seguridad a la población y en el caso de los aprovechamientos, mejorar las condiciones de calidad requeridas para su infiltración o bien para su uso directo, procurando siempre el bienestar general, la seguridad de quienes tienen que convivir con este tipo de estructuras en su entorno inmediato y generar el mínimo de impactos adversos que pudiesen estar asociados a la captación, almacenamiento, vertimiento, encauzamiento y procesos de infiltración.

Así mismo se describen algunas medidas que deben ser tomadas en cuenta para llevar a cabo las prácticas de infiltración de agua pluvial, con objeto de que quienes diseñen estos procesos puedan contar con información básica, que permita prever los potenciales problemas que se pueden presentar en la operación de estos sistemas.

Respecto a las prácticas de infiltración, se presentan también los lineamientos en materia de calidad del agua que deben ser observados, ante la importancia de mantener la calidad del agua por lo menos en las condiciones actuales que se presenta en el acuífero del bolsón del hueco.

VIII.1.- Normatividad en México para el Control de los Escurrimientos Pluviales

En México se tiene claramente definido el manejo del agua tanto a nivel federal como en cada uno de los Estados mediante Leyes que surgen desde de Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Las Leyes federales que tienen que ver con el manejo del agua son las siguientes:

- 1.- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- 2.- Ley de Aguas Nacionales
- 3.- Ley de Desarrollo Rural Sustentable
- 4.- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas
- 5.- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- 6.- Ley General de Desarrollo Social
- 7.- Ley General de Protección Civil
- 8.- Ley General de Vida Silvestre
- 9.- Ley General de Equilibrio Ecológico

En lo que referente a la legislación estatal y municipal, las normas y leyes que impactan directamente a la planeación del control y manejo del agua son las siguientes:

- 1.- Ley del Agua del Estado de Chihuahua
- 2.- Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua
- 3.- Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente del Estado de Chihuahua
- 4.- Reglamento de Protección al Ambiente en el Municipio de Chihuahua
- 5.- Reglamento de Construcción del Municipio de Chihuahua.

La normatividad que aquí se propone tiene la finalidad de cumplir con lo establecido en las leyes y reglamentos antes descritos, siendo un complemento para el caso específico para el control y manejo del agua en las cuencas hidrológicas que afectan a la ciudad de Chihuahua.

VIII.2.- Normas Generales para las Acciones Urbanas.

En materia de diseño de **Estructuras Hidráulicas**, es obligatorio de acuerdo con la normatividad establecida por la Comisión Nacional del Agua¹, que para la determinación del gasto máximo de diseño en encauzamiento de corrientes para protección a las poblaciones, se debe adoptar un periodo de retorno entre 500 y 1000 (Quinientos y Mil) años.

De la misma manera se deben satisfacer los siguientes requisitos técnicos:

- I. Todo proyecto en materia de control, retención o almacenamiento, infiltración y encauzamiento de aguas pluviales, debe ser avalado por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación, con el objeto de que cumpla con las previsiones que se tienen en materia de planeación del desarrollo urbano y de la congruencia con los programas que se encuentra desarrollando el Instituto con otras instancias de gobierno.

Cuando se trate de obras de retención y encauzamiento para control de avenidas o protección contra inundaciones, y cualesquier obra hidráulica ó de otro propósito en cauces o zonas federales, este deberá ser sometido para aprobación ante la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR) de la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional del Agua, La Comisión Nacional del Agua es quien finalmente recibe y autoriza los proyectos de las obras hidráulicas. Dicha autorización se hace desde el punto de vista hidráulico e hidrológico.

En las zonas urbanas la parte estructural y de construcción de la obra, es responsabilidad exclusiva del municipio autorizar los proyectos ejecutivos de diseño y cálculo estructural, así como de la programación de la construcción de la obra. En estos casos se requiere

¹ "Procedimiento para la Atención y Autorización de Obras de Protección contra Inundaciones" elaborado por la Comisión Nacional del Agua.

que dichos proyectos ejecutivos se verifiquen así mismo por la CNA, debido a que se encuentra implícito la seguridad y protección a la población.

II. Para cumplir con todo el procedimiento, los proyectos serán presentados a la Delegación Estatal de la CNA, quien revisará que el proyecto contenga todos los documentos y estudios que a continuación se enlistan y se describen, debiendo para ello integrar un expediente que cuente con los siguientes elementos:

- 1) Solicitud
- 2) Plano de Localización
- 3) Memoria de cálculo
 - 3.1) Antecedentes
 - 3.2) Topografía (Archivo Autocad, entregar en medio magnético)
 - 3.2.1) Sistema planialtimétrico de apoyo
 - 3.2.2) Configuración topográfica
 - 3.2.3) Secciones transversales
 - 3.3) Geotecnia
 - 3.3.1) Sondeos
 - 3.3.2) Pruebas de Laboratorio
 - 3.3.3) Especificaciones
 - 3.4) Hidrología (Archivos del Estudio en medio magnético)
 - 3.5) Hidráulica (Archivos de tránsitos en medios magnéticos)
 - 3.6) Estructural
 - 3.7) Catalogo de conceptos
 - 3.8) Programa de ejecución
- 4) Planos de Proyecto (Archivos en Autocad en medio magnético)
 - 4.1) Plano General y de Localización
 - 4.2) Planos Particulares

1) Solicitud. Es un escrito firmado por la persona física o moral, o su representante legal en el que, en forma sucinta, hace una exposición de los motivos y objetivos que se persiguen con el proyecto que pretende llevar a cabo con sus propios recursos, en ella, se hará una descripción de las condiciones actuales del cauce y del sitio en particular, así como de las finales, que se espera tener con la construcción de las obras del permiso solicitado; se hará una descripción de su localización, en la que se detallará nombre de la corriente, lugar, Ejido o Colonia, Municipio y Entidad Federativa; se relacionarán los anexos que deben acompañar a la solicitud y que se describen en este documento, los cuales varían en alcance y detalles en función del tipo y magnitud del proyecto y deberán ser fijados finalmente por la Comisión Nacional del Agua.

Adicionalmente deberá presentar, en el caso de dependencias estatales y municipales, documento que acredite que le han sido delegadas atribuciones para llevar a cabo trámites, como los de los permisos y documentos con que los servidores públicos acrediten que tienen capacidad para representar a los Gobiernos Estatales o Municipales, en el caso de particulares, fotocopia del acta constitutiva de las empresas permisionarias y del poder que otorguen a su representante.

- **Persona Físicas Privadas:**

- Fotocopia del registro Federal de Contribuyentes
- Identificación con foto y firma
- Domicilio (el que debe ir en el permiso), en caso de ser diferente al de la identificación.

- **Personas Morales Privadas:**

- Acta Constitutiva de la Empresa
- Poder Notarial del Representante Legal para Actos Generales de Administración

- Identificación con foto y firma del representante
- Registro federal de causantes

▪ **Gobiernos Federal Estatal y Municipal:**

- Reglamento Interior
- Ley Orgánica o Acuerdo Delegatorio
- Identificación del Servidor Público que hace la solicitud
- Nombramiento Oficial
- Registro Federal de Causantes y domicilio

2) Plano de localización. Mapa de INEGI, escala 1:50,000 o menor, en el que se localizará el sitio en cuestión, circunscribiéndolo de tal forma que sea fácilmente identificable.

3) Memoria de cálculo. Este documento, contendrá los detalles y criterios adoptados en los estudios previos para el proyecto ejecutivo de las obras motivo de la solicitud; así como, de las revisiones, que por causa de las mismas, tuvieron que hacerse al entorno, desde los puntos de vista hidrológico, hidráulico, estructural y ecológico. La memoria deberá contener los siguientes aspectos: antecedentes, estudios y trabajos de campo y gabinete como: topografía, geotecnia y mecánica de suelos, estudio hidrológico, cálculos y dimensionamiento hidráulico, revisión de hidráulica fluvial, dimensionamiento estructural, especificaciones técnicas, cantidades de obra, programa de ejecución y estudio de impacto ambiental.

3.1) Antecedentes. Se hará una descripción de la zona, de la corriente y del sitio o tramo de cauce en el que se pretende llevar a cabo las obras; así como, de la necesidad de realizar el proyecto en cuestión. Se indicarán las causas o motivos que le dieron origen.

3.2) Topografía. Este capítulo, incluye los siguientes aspectos, cuya presentación y grado de precisión dependerá de la magnitud del proyecto, de acuerdo con el criterio de la Gerencia Estatal de la C. N. A. Deberá hacerse acompañar a la solicitud, de las libretas de campo y los cálculos de gabinete correspondientes, que posteriormente serán devueltos al solicitante.

3.2.1) Sistema planialtimétrico de apoyo. Deberán establecerse en el campo los monumentos o puntos de apoyo y referencia correspondientes, que servirán para la configuración topográfica, la construcción de las obras y los levantamientos de verificación. Los datos relativos a este sistema deberán aparecer en los planos de proyecto respectivos. Este consistirá en cualquiera de los siguientes sistemas: Triangulación geodésica, cuadrícula, poligonal de apoyo y bancos de nivel; y podrá ser arbitrario o referido a las coordenadas geográficas U. T. M. y al nivel medio del mar.

3.2.2) Configuración topográfica. Podrá efectuarse por cualquiera de los métodos convencionales terrestre o aéreo. Los planos correspondientes, se presentarán en escalas que varían, según las dimensiones del proyecto, desde 1:1000 hasta 1:5000 con equidistancia vertical entre curvas de nivel de 50 cm o 1.00 metro. Se consignarán: división catastral, linderos, infraestructura existente, toponimia, referencias del propio levantamiento.

3.2.3) Secciones transversales. Se levantarán secciones transversales a cada 10 m en proyectos pequeños y a cada 20 m en general para cualquier proyecto, que se dibujarán en papel milimétrico a escala 1:100 en sentidos vertical y horizontal, o mayor esta última, de acuerdo con su longitud, misma que abarcará todo el cauce y zona del proyecto. En ellas se consignarán: el eje de la poligonal de apoyo, cercos, muros, kilometrajes, escala de dibujo, distancias y elevaciones.

3.3) Geotecnia. En este renglón, se presentará un resumen de las conclusiones derivadas de los análisis y pruebas de laboratorio, efectuados a los suelos que alojarán las obras, a los materiales de construcción de las mismas y a los que conforman el cauce, según se requiera en cada caso, de tal forma que se asegure la estabilidad funcionamiento y permanencia de las obras. En general abarcarán los siguientes aspectos:

3.3.1) Sondeos. Se presentará un plano general que ubique los ejes de las obras y los bancos de materiales, con los sitios de los sondeos y sus denominaciones correspondientes. A la memoria de cálculo se agregarán los croquis de cada uno de los sondeos, en los que se marcarán los diferentes estratos y sus clasificaciones correspondientes, de acuerdo al USCS; se determinarán las propiedades índice y mecánicas de cada estrato o tipo de suelo. Los sondeos podrán hacerse con pozos a cielo abierto, pala porteadora, tubo Shelby o penetración estándar, ello dependerá del tipo de obra y suelo, y de acuerdo con el criterio de la Gerencia Estatal de la CNA.

3.3.2) Pruebas de laboratorio. En el capítulo correspondiente de la memoria de cálculo, se agregarán los registros, gráficos y tablas de cada una de las pruebas de laboratorio y campo efectuadas a las muestras, consignándose:

- a)** Sondeo
- b)** Estrato
- c)** Tipo de muestra
- d)** Prueba
- e)** Secuencia de la prueba
- f)** Resultados y conclusiones.

3.3.3.- Especificaciones. Para cada tipo de material en que se desplantarán las obras, y que se utilizará para su construcción, se formularán

las especificaciones para su obtención, tratamiento y colocación, que además de consignarse en los planos respectivos, se integrarán al capítulo de la memoria denominado “Especificaciones Técnicas”.

3.4.- Hidrología. En este capítulo, se presentará el desarrollo de los análisis hidrológicos encaminados a obtener los parámetros de diseño, ya sea por métodos directos e indirectos más usuales, principalmente aquellos basados en la estadística de los registros hidrométricos y climatológicos, y dependerá de que se trate de cuencas aforadas o no y de la utilización de modelos de simulación para precipitación y escurrimiento. En análisis deberá realizarse por lo menos con tres métodos, mediante los cuales se seleccionará el gasto de diseño. El periodo de retorno correspondiente deberá ser acorde con el tipo de obra y los riesgos máximos que pueden permitir según la cuenca, determinación de sus características fisiográficas, datos de las estaciones hidrométricas y climatológicas utilizadas, secuencia de la aplicación de los distintos métodos, tablas, gráficas y conclusiones.

3.5.- Hidráulica. El solicitante presentará en este capítulo los cálculos hidráulicos para cada uno de los tramos de encauzamiento o entubamiento de tal forma que facilite seguir la secuencia del cálculo. Los encauzamientos estarán proyectados para alojar el gasto de diseño mas un bordo libre, que asegure su seguridad contra efectos de oleaje o turbulencias por obstáculos en su cubeta; cuando se trate de secciones sin revestir, se incluirán los cálculos de hidráulica fluvial para el diseño de la sección estable, protección marginal, y estabilidad de estructuras alojadas en los cauces (pilas y estribos de puentes). En los entubamientos, su funcionamiento será libre de presiones mayores que la atmosférica. Y las estructuras de cruce respetarán un espacio libre vertical mínimo de un metro sobre el nivel de las aguas correspondientes al gasto de diseño, además de su cimentación requiere quedar protegida de los efectos de la socavación.

3.6.- Estructural. La memoria, en este aspecto, contendrá los cálculos y dimensionamiento de los elementos de las estructuras u obras, o las especificaciones del fabricante, que garanticen su estabilidad, permanencia y seguridad, ya que su falla o colapso puede representar la obstrucción de la corriente en consecuencia, una amenaza para la seguridad de las personas y sus bienes, localizada en sus inmediaciones aguas abajo.

3.7.- Catalogo. Se agregará un catálogo de conceptos principales de trabajo y sus correspondientes cantidades de obra, que servirá de base para la aprobación del programa de ejecución.

3.8.- Programa de ejecución. Este programa se requiere para coordinar la duración de las obras con respecto a la temporada de escurrimientos, ya que en caso de incluirse ésta, se deberá requerir un proyecto de desviación, manejo y control del gasto correspondiente a un periodo de retorno de por lo menos cinco años; el que dependerá de las características y magnitud de las obras. El programa se presentará en forma de diagrama de barras o ruta crítica, en el que se señalarán: Fecha de inicio, duraciones y fecha de terminación.

4.- Planos de proyecto. Entre la documentación que acompañará a toda solicitud, se incluirá una relación de los planos constructivos que integran al proyecto y que en general son los siguientes:

4.1.- Plano general de localización. Incluirá en su esquina superior derecha una copia del mapa de localización; en el espacio superior restante se presentará la planta topográfica a escala, desde 1:1000 hasta 1:10,000, la que dependerá del tamaño de la obra, con curvas de nivel a cada 10 metros con intervalos auxiliares a cada 2 m. o menos, si el terreno es sensiblemente plano; en dicha planta se dibujará: el sistema de coordenadas adoptado, las trazas de las obras del proyecto, y se registrarán la poligonal de apoyo y los bancos de nivel. En sendas tablas, se consignarán los datos de la poligonal de apoyo y de los ejes de proyecto, referidos

a un sistema cartesiano de coordenadas planas. En este plano se presentará la o las secciones típicas del proyecto y se consignará la lista de los planos complementarios y de detalles.

4.2.- Planos estructurales. Se formulará el proyecto en planta, perfil, por el eje y secciones transversales, sobre las condiciones naturales del terreno, con acotaciones horizontales y verticales en centímetros; elevaciones en metros sobre el nivel del mar o arbitrarias, lo cual se aclarará; estaciones del perfil a cada 20 metros; especificaciones de materiales y de construcción. Por separado, o si fuera posible en el mismo plano, se incluirán los dibujos de los detalles; por ejemplo; de estructuras, mecanismos, filtros, sellos, etc. Se consignarán los datos de localización del tramo, datos de proyecto, especificaciones particulares de los materiales y procedimientos de construcción y las notas aclaratorias que sean necesarias. Se integrarán tantos planos particulares como sean necesarios; pero su escala, en perfil no será mayor que 1:2000 horizontal con estaciones a cada 20 m y 1:100 vertical.

VIII.3.- Lineamientos Generales para la Conducción de Drenaje Pluvial en Vías Urbanas

Diseño de Encauzamientos

Los proyectos deben ser concebidos tomando en cuenta los siguientes datos básicos:

- Área de influencia.- Zonas que drenan o aportan agua al canal pluvial, definidas por las micro-cuencas hidrológicas, incluyendo los cauces de los arroyos
- Gastos de proyecto.- Caudal en m³/seg el cual es variable incrementándose conforme el canal reciba aportaciones de agua pluvial.
- Tipo de superficie de flujo.- Puede ser terreno natural o algún tipo de revestimiento. Esta información tiene que ver con el coeficiente de rugosidad, fundamental en el dimensionamiento del canal.
- Criterios de velocidad máxima y mínima del agua.- Tiene que ver con el tipo de superficie de flujo, pendiente y radios de curvatura mínimos.
- Tipo de sección hidráulica.- Queda determinada por el espacio disponible a lo largo del trazo y en cruces con vialidades, cruce con zonas comerciales o posibles usos actuales y futuros del suelo

Cada uno de estos parámetros será definido durante el desarrollo de este proyecto, tomando como base principal los estudios y proyectos realizados por el IMIP.

Gastos de diseño

El gasto de proyecto para cada tramo se determinará mediante el modelo de simulación HEC-HMS, considerando las áreas de aportación de agua hasta el tramo que se pretenda encauzar, para lo cual se aplicará el periodo de retorno que corresponda de acuerdo al tipo de estructura y las características del área a proteger.

Los gastos que se adopten deberán tomar en cuenta los siguientes criterios:

Cunetas y Contra Cunetas en Caminos y Carreteras

El periodo de retorno para las estructuras hidráulicas en Caminos, Carreteras y Cunetas y Contra cunetas debe ser de $TR=5$

▪ **Estructuras de Cruce**

| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Caminos Locales | $TR=25 - 50$ |
| Caminos Regionales | $TR=50 - 100$ |
| Carretera que comunican a poblados | $TR=500 - 100$ |
| Vialidades primarias | $TR=500$ |
| Vialidades secundarias | Lo que indique el estudio hidrológico |

▪ **Puentes de Ferrocarril**

Para este tipo de estructuras hidráulicas, se atenderá a los siguientes periodos retorno:

| | | |
|----|---------------------------------|-----------------|
| a) | Vías locales aisladas (Desvíos) | $TR=50 - 100$ |
| b) | Vías Secundarias regionales | $TR=100 - 500$ |
| c) | Vías primarias | $TR=500 - 1000$ |

- **Puentes, canales o tuberías en conducción de agua**

Los periodos de retorno que deben ser considerados son los siguientes:

- | | | |
|----|---|------------|
| a) | Para riego área menor de 1,000 Has. | TR=10-25 |
| b) | Para riego área menor de 1000 – 10,000 Has. | TR=25-50 |
| c) | Para riego área mayor de 10000 Has. | TR=50-100 |
| d) | Abastecimiento industrial | TR=50-100 |
| e) | Abastecimiento de agua potable | TR=100-500 |

- **Puentes para tuberías de petróleo y gas**

Los periodos de retorno se deben dar de acuerdo con el tipo de abastecimiento:

- | | | |
|----|---------------------------------|--------|
| a) | Abastecimiento secundario local | TR=50 |
| b) | Abastecimiento regional | TR=100 |
| c) | Abastecimiento primario | TR=500 |

- **Alcantarillas para paso de pequeñas corrientes**

- | | | |
|----|---------------------|--------------------|
| a) | Caminos locales | Como mínimo TR=25 |
| b) | Caminos secundarios | Como mínimo TR=50 |
| c) | Caminos Regionales | Como mínimo TR=100 |

- **Delimitación de Zonas Federales**

Corrientes libres

- | | | |
|----|--|---------------|
| a) | Zonas semiáridas a húmedas | TR=5 |
| b) | Zonas áridas con régimen de escurrimiento errático | TR=10 ó Mayor |

- c) Zonas de desbordamiento Con base en la capacidad
del cauce natural cavado

Corrientes con Obras de Control

Además del gasto libre debe tenerse en cuenta el gasto regulado.

TR=10, ó el regulado de diseño de la obra, si es superior.

- **Delimitación de Zonas de Protección en Obras
Hidráulicas**

A juicio de la Comisión Nacional del Agua

VIII.4.- Cauces e infraestructura para Control de Avenidas

▪ Encauzamiento de Corrientes

Corrientes Libres en Zona:

- | | | |
|----|---|--------------------|
| a) | Agrícola de pequeña extensión, menor a 1,000 Has. | TR=10-25 |
| b) | Agrícola de extensión mediana, de 1,000 a 10,000 Has. | TR=25-50 |
| c) | Agrícola extensión grande, 10,000 Has. en adelante | TR=50-100 |
| d) | Para protección a poblaciones pequeñas | TR=50-100 |
| e) | Para protección a poblaciones medianas | TR=100-500 |
| f) | Para protección a poblaciones grandes | TR=500-1000 |

Corrientes Controladas

- a) Cuando existe un tramo libre:

- | | | |
|-----|--|--------------|
| (1) | Agrícola de pequeña extensión, menor a 1,000 Ha | TR=10-25* |
| (2) | Agrícola de extensión mediana, de 1,000 a 10,000 Has. | TR=25-50* |
| (3) | Agrícola de extensión grande, de 10,000 Has. en adelante | TR=50-100* |
| (4) | Para protección a poblaciones pequeñas | TR=50-100* |
| (5) | Para protección a poblaciones medianas | TR=100-500* |
| (6) | Para protección a poblaciones grandes | TR=500-1000* |

*Más gasto regulado para ese periodo de retorno ó gasto de diseño del control si es superior

- b) Cuando no existe tramo libre. Igual a gasto de diseño del control

▪ **Presas Derivadoras**

- a) Zona de riego pequeña, menor a 1,000 Has. TR=50-100
b) Zona de Riego mediana, 1,000 a 10,000 Has. TR=100-500
c) Zona de Riego grande más de 10,000 Has. TR=500-1000

Obras de Desviación Temporal

Presas pequeñas TR=10-25

Presas medianas TR=25-50

Presas grandes TR=50-100

Cauces de alivio en corriente, TR=25-50 ó mayor según importancia.

Presas de Almacenamiento e Infiltración

- a) TR=100 ó 500 -1,000 (En los casos que se considere prudente, se podrá utilizar una TR=25 y bordo libre para aportaciones iguales a TR=100)

Criterio para Construcción de Diques

Para el caso de los Diques se ha venido proponiendo que se construyan* con:

- Taludes 2.5:1
- Ancho de Corona 3.0 m
- Bordo Libre 1.0 m

- Alturas máximas 2.0 a 8.0 m
- Caja de desfogue
- Vertedores
- Todos con protección en los taludes con grava y piedra de 0.5m de espesor.
- Compactación de taludes y corona.
- Compactación en el vaso de precipitación de sólidos (En estructuras con dos o más vasos conectados).
- Se debe incluir estudio de mecánica de suelos.

*Estos criterios que se describen, se dan solo como referencia, ya que los diseños de las estructuras de diques y bordos de contención y almacenamiento de aguas pluviales, deben sujetarse a las medidas de seguridad aprobadas por la Comisión Nacional del Agua y los requerimientos de tratamiento del agua pluvial para los procesos de infiltración y/o recarga.

VIII.5.- Lineamientos Técnicos para el Desarrollo de Proyectos en Materia de Estructuras Hidráulicas para Conducción, Captación, Almacenamiento y Regulación

Método de cálculo hidráulico

Se seleccionó el método de cálculo hidráulico elaborado por Manning, en donde la velocidad de flujo se calcula con la siguiente ecuación

$$V = 1/n * S^{(1/2)} * R^{(2/3)}$$

Donde: V = Velocidad media del agua

n = Coeficiente de fricción de Manning. Se asigna un valor de 0.015 que corresponde a concreto liso sin acabados finos.

S = Pendiente de la rasante de plantilla del canal.

R = Radio hidráulico en la sección determinado por A_h/P_m

A_h = Área hidráulica (Área de agua en la sección transversal del canal).

P_m = Perímetro mojado (Longitud perpendicular a la sección transversal del canal que tiene contacto con el agua).

Una vez obtenida la velocidad, se calcula la capacidad de conducción de agua representada por el gasto que la estructura pluvial puede desalojar, dependiendo de la sección hidráulica y la pendiente de la plantilla del canal.

$$Q_d = A_h * V = \text{Gasto de diseño}$$

La sección hidráulica puede ser variable dependiendo de las condiciones físicas de cada tramo, sobre todo de la disponibilidad de superficie de terreno, tomando en cuenta los cruces con vialidades. La rasante de la plantilla de las obras tiene que ver con la

topografía levantada en campo y en algunos casos de las obras de infraestructura existentes tales como viviendas, bardas, calles pavimentadas, colectores, líneas de agua potable, tuberías de gas natural, ductos de teléfono, ductos de líneas eléctricas subterráneas entre otras

Apoyo para el análisis hidráulico

Los Cálculos de la sección hidráulica se obtienen mediante la aplicación de los modelos de simulación de canales de conducción de agua denominados HEC-RAS y FLOW MASTER.

En todos los casos se considera la necesidad de que el Dren de proyecto sea revestido dentro de las zonas que se consideran urbanas o que en un corto plazo son susceptibles de urbanizarse, pudiendo ser de concreto tipo rectangular, trapecial o ducto, o mediante la instalación de tuberías, cumpliendo con las normas técnicas para ambos casos.

Para cada sección de proyecto, calculada de acuerdo al gasto máximo, pendiente de plantilla y tipo de superficie de flujo, se determinan costos índices. Los cuales son obtenidos para realizar evaluaciones económicas que ayudan a seleccionar la mejor alternativa, de esta manera, se va conformando el proyecto desde su inicio hasta la descarga en el Dren 2-A

Criterios de proyecto

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Velocidad máxima | 5.00 m/seg |
| Velocidad mínima | 0.60 m/seg |
| Coeficiente de Manning | 0.015 Para canales revestidos |
| Coeficiente de Manning (Se ampliara) | 0.030 Para canales de tierra |

| | |
|-----------------------------|---|
| Tipo de cauce (Se ampliara) | Cauce recto en tierra o revestido, sin vegetación y paredes con poca variación, fondo parejo y relativamente limpio |
|-----------------------------|---|

| | |
|-----------------------------|---|
| Tipo de canal (Se ampliara) | Canal trapecial revestido en zonas urbanas y de tierra en zonas suburbanas o fuera de la ciudad |
|-----------------------------|---|

| | |
|-------------|----------------------------|
| Taludes (m) | 1: 1 En canales revestidos |
|-------------|----------------------------|

| | |
|-------------|-----------------------------|
| Taludes (m) | 1.5: 1 En canales de tierra |
|-------------|-----------------------------|

Condición de máxima eficiencia:

(Hidráulica; Samuel Trueba Coronel; 22a edición 1984; Pág. 187)

$$r = d/2$$

$$B/d = 0.828 \text{ Para talud } 1:1 \text{ en canal revestido}$$

$$B/d = 0.605 \text{ Para talud } 1.5:1 \text{ en canal de tierra}$$

$$\text{Tirante para sección mas eficiente } d = (A/(2*\tan(\text{ang}/2)+\cot(\text{ang})))^{.5}$$

VIII.6.- Lineamientos para Procesos de Recarga Artificial de Acuíferos

Normatividad en México

Como ya se ha mencionado, la utilización del agua pluvial y las aguas tratadas para recargar los acuíferos, son un elemento adicional que puede favorecer la conservación de los almacenamientos existentes en el subsuelo y un recurso natural que debe ser utilizado de manera más eficiente en las épocas de sequía.

El almacenamiento de agua de lluvia en el subsuelo es en la actualidad una de las prácticas más deseables desde el punto de vista del uso racional del agua en las cuencas hidrológicas de baja disponibilidad de agua, sobre todo cuando se tienen características de zonas muy áridas, topografía con pendientes fuertes, zonas con un estructuras hidráulicas de control que pueden contener almacenamientos importantes, áreas de escurrimiento con grandes superficies o escurrimientos con volúmenes de flujo importantes, o donde las aguas captadas por los diques o los bordos no tienen capacidad de infiltración adecuada y generan zonas de riesgo para la salud pública. Sin embargo, es también una práctica que exige cuidados especiales para los acuíferos respecto a la calidad del agua presente y la potencial contaminación que puede ser inducida hacia estos sistemas, de ahí que la recarga artificial con aguas no potables requiera de lineamientos que normen las prácticas de recarga artificial, a fin de proteger la integridad de las aguas en las fuentes de abastecimiento.

Dado que en nuestro país el agua pluvial al igual que las aguas del subsuelo y los procesos de infiltración son facultad de la federación, se hizo conocimiento de las autoridades correspondientes, es decir de la Comisión Nacional del Agua, sobre los propósitos de establecer este tipo de prácticas en nuestra ciudad, siendo de gran interés para la propia Comisión, el desarrollo de las técnicas y criterios que pueda ser implementados para efecto de las prácticas de infiltración, almacenamiento y

recuperación para aprovechamiento en actividades consuntivas. Como parte del esquema de recarga artificial, también se ha planteado la posibilidad de establecer a manera de proyecto piloto el agua tratada mediante un proceso secundario con desinfección terciaria y una fase final de pulimento mediante sistemas de lagunas o bien de humedales.

Debido a esta carencia de reglamentación en nuestro país, se ha considerado recurrir a la utilización de los criterios internacionales y los que de manera preliminar se han plasmado en el proyecto de Norma actualmente en elaboración por la Comisión Nacional del Agua.

Experiencias en Otros Países

Varios países están aprovechando el agua pluvial, para fines de recarga al acuífero, irrigación, y potabilización. Para esto generaron sus propios lineamientos de calidad de agua pluvial para inyección en acuíferos, almacenamiento, y uso directo.

Existe una gran cantidad de ejemplos en el mundo sobre la recarga de acuíferos con agua potable, sin embargo ha llamado la atención internacional los estudios e investigaciones realizadas en Australia, ya que sus esfuerzos se han enfocado en la utilización de las aguas no-potables como una fuente adicional para almacenamiento y recarga. Las investigaciones realizadas por los científicos Australianos, se han centrado en el conocimiento a mayor profundidad de los efectos hidrogeoquímicos y biológicos del uso de aguas no potables, con el fin de desarrollar lineamientos que permitan el almacenamiento en el subsuelo con distintas calidades, dependiendo del tipo de aprovechamiento. Como resultado de estas investigaciones, se generaron los lineamientos básicos que se encuentran contenidos en el documento denominado “National Water Management Strategy (NWMQS).

Los lineamientos para el manejo de agua pluvial fueron establecidos en el año 1994 por parte del *Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand* (ARMCANZ) y del *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC) (ANZECC and ARMCANZ, 2000) para promover el valor potencial del agua pluvial en recarga de acuíferos de áreas urbanas ubicadas cerca de un acuífero (manteniendo la integridad de éste). Los lineamientos antes mencionados incluyen compilación de medidas para el mejoramiento de la calidad de agua pluvial urbana, así como para la implementación, monitoreo y revisión, dentro de una *estrategia general de manejo del agua pluvial*

Con respecto a la calidad del agua pluvial, la asociación de investigación del agua urbana de Australia publicó en 1996 los lineamientos para la calidad de agua pluvial y agua residual tratada para la inyección en acuíferos y así mismo para el almacenamiento y reuso (UWRRA, 1996). Estos lineamientos son diferentes a los utilizados en otras partes del mundo, como los correspondientes a los Estados Unidos o Europa, porque no presumen obtener potabilidad como un objetivo esencial, y permiten procesos naturales en los acuíferos como lo es el tratamiento del agua aprovechando la capacidad auto depuradora del subsuelo. Los lineamientos generados por el gobierno Australiano, incluyen licencia, pre-tratamiento, monitoreo, guía para las concentraciones máximas de contaminantes en el inyectado, tiempo de residencia antes de la recuperación y en manejo de sistemas de almacenamiento y recuperación del agua infiltrada al acuífero (ASR²).

En Estados Unidos, la EPA (*Environmental Protection Agency*) desarrolló lineamientos para la re-inyección de agua recuperada, manteniendo presente la protección de la salud humana y la calidad del agua subterránea. En estos lineamientos de reuso del agua (USEPA, 1992) la prioridad es la inyección del agua en acuífero para uso potable, aunque el uso no potable no es excluido). Las formas de recarga involucran el paso del agua por el suelo, debido a la gran atenuación de contaminantes orgánicos e inorgánicos en la zona no saturada. Lamentablemente existen muy pocas investigaciones relacionadas a

² (ASR) Aquifer Storage Recovery

cantidades de atenuación de contaminante en la zona saturada en un medio poroso y los lineamientos de la EPA ignoran los procesos de tratamiento natural que ocurren en los acuíferos. Posterior a la inyección, el reuso indirecto para agua potable está permitido basándose en la evaluación del impacto para la salud de un esquema de reuso establecido en Whittier Narrows, California (State of California, 1987) en el cual el abastecimiento (acuífero) contenía cantidades significativas de agua recuperada con tratamiento terciario (ANZECC and ARMCANZ, 2000).

Los Estados Unidos tienen su enfoque para ASR de agua recuperada con niveles estándares de calidad para agua potable, por lo que existen muy pocos ejemplos de recarga de agua pluvial para uso no potable (Johnson y Pyne, 1995). En resumen, mientras el aprovechamiento de agua pluvial en Australia permite tratamientos naturales por medio del acuífero, para cumplir con los lineamientos de calidad de inyección en acuíferos los Estados Unidos exigen tratamientos que implican obras de ingeniería avanzada, sofisticada y extremadamente cara.

Métodos de Recarga Artificial

De acuerdo con el método que sea utilizado para llevar a cabo la recarga artificial de las aguas, estos pueden ser clasificados como:

- A. Infiltración superficial,
- B. Subsuperficial
- C. Directa.

- Recarga de tipo superficial: Incluye cualquier otra obra en la que no exista conexión hidráulica entre el agua de recarga y el nivel freático del acuífero. Incluye, piletas o estanques de infiltración, inundación del terreno, rectificación de cauces, zanjas o surcos, fosas, galerías filtrantes y sobre-riego o las combinaciones de éstos.

- Recarga de tipo sub-superficial: incluye introducción directa del agua de recarga a la zona comprendida por debajo de la superficie del terreno y el límite superior del nivel freático, mediante pozos secos, zanjas o estanques profundos.
- Recarga de tipo directo: incluye introducción directa del agua de recarga al acuífero mediante pozos y oquedades naturales.

Según el uso final del agua recargada artificialmente, esta puede ser utilizada para consumo doméstico, agrícola, en servicios municipales, irrigación y uso industrial.

Criterios y Requisitos para la Construcción y Operación de Obras Hidráulicas para Infiltración de Agua Pluvial y Tratada

El establecimiento de los criterios para llevar a cabo las operaciones de aprovechamiento de las aguas pluviales, tiene que ver con la utilización de las estructuras hidráulicas y no solo como sistemas de control y almacenamiento, sino también como sistemas auxiliares para mejorar la calidad del agua pluvial, mediante los esquemas denominados como de Mejores Prácticas de Manejo (MPM).

Quien pretenda construir y operar infraestructura en materia de encauzamientos, captación, manejo y recarga artificial de aguas pluviales y residuales tratadas, deberá seguir los criterios las *Mejores Prácticas de Manejo* y desarrollar el proyecto ejecutivo en coordinación con el Instituto Municipal de Investigación y Planeación para que este sea presentado para su revisión y autorización correspondiente ante la Comisión Nacional del Agua:

Se deberán tomar en cuenta para la elaboración del Proyecto Ejecutivo los siguientes conceptos:

- A. Factibilidad
- B. Requisitos para Proyecto Ejecutivo
- C. Canalización y Conducción
- D. Pre-tratamiento
- E. Tratamiento/Geometría
- F. Mantenimiento

A. Factibilidad

- 1) De acuerdo con nuestro propósito, los diques y vasos que se diseñen con procesos complementarios de infiltración, deben ubicarse en sitios en donde las condiciones del subsuelo y los volúmenes captados, representen una opción viable, tomando en cuenta:
 - a. Las condiciones del entorno y la disponibilidad del agua destinada a la recarga
 - b. La topografía de la zona
 - c. Las características hidrogeológicas
 - d. Mapas de:
 - Elevación y profundidad del nivel freático
 - Distribución del espesor
 - Porosidad y conductividad hidráulica de las rocas que conforman el acuífero a recargar y de la zona no saturada.

- Los sondeos eléctricos verticales indicando las unidades geoeléctricas detectadas, espesores y litología probable, definiendo el perfil estratigráfico detallado de la zona no saturada y la zona saturada.
 - Perfil estratigráfico detallado de la zona no saturada y la zona saturada, obtenido mediante perforaciones exploratorias con recuperación de muestras de canal
 - Características fisicoquímicas del agua de recarga y del agua subterránea nativa
 - Determinación de la posible conexión hidráulica entre acuíferos.
 - Distancia y posible conexión hidráulica entre las obras de recarga y aprovechamientos hidráulicos subterráneos en un radio de un (1) km con respecto a las obras de recarga;
 - Fuentes activas o potenciales de contaminación al subsuelo en un radio de un (1) km;
- 2) El tratamiento del agua pluvial debe estar concebido como para obtener un agua que cumpla con los criterios de calidad exigidos para ser infiltrada.
- 3) Las estructuras para propósito de infiltración de agua pluvial, no deben ser ubicadas en áreas en donde se encuentren fuentes de abastecimiento del subsuelo para uso de agua potable, en un radio no menor a 400 m partiendo del eje del pozo; aguas abajo de rellenos sanitarios y plantas químico-industriales, en un radio de influencia de 1000 m o donde los estudios de la estructura del subsuelo no presente condiciones aceptables para la infiltración del agua pluvial.

Para la Ciudad de Chihuahua

El caso de Cd. Chihuahua, mismo que nos ocupa, fue evaluado desde el punto de vista de la constitución del subsuelo y las características propias del acuífero. Para ello se recurrió a la información geohidrológica que posee la Comisión Nacional del Agua. Este análisis previo y otras consideraciones de índole económico y social, nos llevó a considerar que la normatividad Australiana puede ser una interesante aportación para definir los criterios a seguir para fundamentar la propuesta para promover los procesos de recarga artificial del acuífero.

Los escurrimientos generados por las lluvias en la Cd. De Chihuahua representa una fuente alterna de recarga a los acuíferos. Hasta el momento las escorrentías solamente están retardadas por diques ubicados en su mayoría en arroyos de la zona poniente de la ciudad, dado que el sistema que opera fue concebido para que los escurrimientos se den con volúmenes y velocidades mas o menos controladas y por entre las calles de la ciudad, sin embargo la aportación de recarga de estas estructuras hidráulicas es mínima, debido a que los diseños favorecen el azolvamiento y la concentración de basura y otro tipo de arrastres, situación que se hace crítica ante la falta de mantenimiento de los diques.

En zonas destinadas para nuevos desarrollos urbanos, existe la posibilidad y es recomendable, el incluir sistemas de recarga. Previo a la construcción de tales instalaciones es necesario conocer la calidad físico-química de las escorrentías en zonas urbanas con características distintas y, en función de ello, diseñar y construir el sistema de tratamiento adecuado para infiltrar al acuífero de una manera eficaz y segura.

La experiencia obtenida en otros países y transferida a nuestras condiciones presentes y ante la necesidad de establecer mecanismos que nos permitan el aprovechamiento del agua pluvial, se ha procedido a proponer que se integren a las estructuras de control, sistemas de tratamiento primario que nos sirvan para acondicionar el agua a infiltrar y las bondades que ofrece el propio medio natural a través del acuífero.

El contemplar el aprovechamiento mediante el procesos de infiltración al subsuelo, nos obliga a que se incorporen a este documento los criterios a seguir, de tal manera que podamos proteger la calidad del agua de los acuíferos y reducir los abatimientos que ya muestra el acuífero profundo debido a la indiscriminada sobre-explotación a que es sometido.

Infiltración

Los sistemas de infiltración de agua pluvial se están convirtiendo gradualmente en una parte integral de las medidas para la preservación del agua en las regiones con baja disponibilidad, independientemente de su grado de urbanización. Durante los últimos años se han incorporado estructuras de infiltración a las estructuras hidráulicas para el control de avenidas (escurrimientos pluviales) y preservación del ciclo hidrológico. Como una consecuencia del desarrollo urbano, se han modificado los patrones y tendencias para el manejo de los escurrimientos pluviales, pasando de acciones de control y desalojo, a esquemas de control, almacenamiento, infiltración y su posterior aprovechamiento.

Este nuevo esquema reduce la escorrentía directa de los eventos de lluvia, acelerando las infiltraciones y al mismo tiempo aumentando la recarga freática, que a su vez mejora la disponibilidad del agua en las zonas áridas. Durante muchos años, la investigación experimental y teórica ha sido llevada a cabo para aclarar los problemas prácticos asociados con la aplicación de los sistemas de infiltración en zonas urbanas y sub-urbanas.

Métodos de Recarga Artificial

De acuerdo con el método que sea utilizado para llevar a cabo la recarga artificial de las aguas, estos pueden ser clasificados como:

- D. Infiltración superficial,
- E. Subsuperficial
- F. Directa.

- Recarga de tipo superficial: Incluye cualquier otra obra en la que no exista conexión hidráulica entre el agua de recarga y el nivel freático del acuífero. Incluye, piletas o estanques de infiltración, inundación del terreno, rectificación de cauces, zanjas o surcos, fosas, galerías filtrantes y sobre-riego o las combinaciones de éstos.
- Recarga de tipo sub-superficial: incluye introducción directa del agua de recarga a la zona comprendida por debajo de la superficie del terreno y el límite superior del nivel freático, mediante pozos secos, zanjas o estanques profundos.
- Recarga de tipo directo: incluye introducción directa del agua de recarga al acuífero mediante pozos y oquedades naturales.

Según el uso final del agua recargada artificialmente, esta puede ser utilizada para consumo doméstico, agrícola, en servicios municipales, irrigación y uso industrial.

- **Criterios y Requisitos para la Construcción y Operación de Obras Hidráulicas para Infiltración de Agua Pluvial y Tratada**

El establecimiento de los criterios para llevar a cabo las operaciones de aprovechamiento de las aguas pluviales, tiene que ver con la utilización de las estructuras hidráulicas y no solo como sistemas de control y almacenamiento, sino también como sistemas auxiliares para mejorar la calidad del agua pluvial, mediante los esquemas denominados como de Mejores Prácticas de Manejo (MPM).

Quien pretenda construir y operar infraestructura en materia de encauzamientos, captación, manejo y recarga artificial de aguas pluviales y residuales tratadas, deberá seguir los criterios las *Mejores Prácticas de Manejo* y desarrollar el proyecto ejecutivo en coordinación con el Instituto Municipal de Investigación y Planeación para que este sea presentado para su revisión y autorización correspondiente ante la Comisión Nacional del Agua:

Se deberán tomar en cuenta para la elaboración del Proyecto Ejecutivo los siguientes conceptos:

- ❖ Factibilidad
- ❖ Requisitos para Proyecto Ejecutivo
- ❖ Canalización y Conducción
- ❖ Pre-tratamiento
- ❖ Tratamiento/Geometría
- ❖ Mantenimiento

B. Factibilidad

- 4) De acuerdo con nuestro propósito, los diques y vasos que se diseñen con procesos complementarios de infiltración, deben ubicarse en sitios en donde las condiciones del subsuelo y los volúmenes captados, representen una opción viable, tomando en cuenta:
 - a. Las condiciones del entorno y la disponibilidad del agua destinada a la recarga
 - b. La topografía de la zona
 - c. Las características hidrogeológicas
 - d. Mapas de:

- Elevación y profundidad del nivel freático
 - Distribución del espesor
 - Porosidad y conductividad hidráulica de las rocas que conforman el acuífero a recargar y de la zona no saturada.
 - Los sondeos eléctricos verticales indicando las unidades geoeléctricas detectadas, espesores y litología probable, definiendo el perfil estratigráfico detallado de la zona no saturada y la zona saturada.
 - Perfil estratigráfico detallado de la zona no saturada y la zona saturada, obtenido mediante perforaciones exploratorias con recuperación de muestras de canal
 - Características fisicoquímicas del agua de recarga y del agua subterránea nativa
 - Determinación de la posible conexión hidráulica entre acuíferos.
 - Distancia y posible conexión hidráulica entre las obras de recarga y aprovechamientos hidráulicos subterráneos en un radio de un (1) km con respecto a las obras de recarga;
 - Fuentes activas o potenciales de contaminación al subsuelo en un radio de un (1) km;
- 5) El tratamiento del agua pluvial debe estar concebido como para obtener un agua que cumpla con los criterios de calidad exigidos para ser infiltrada.
- 6) Las estructuras para propósito de infiltración de agua pluvial, no deben ser ubicadas en áreas en donde se encuentren fuentes de abastecimiento del subsuelo para uso de agua potable, en un radio no menor a 400 m partiendo del eje del pozo; aguas abajo de rellenos sanitarios y plantas químico-industriales, en un radio de influencia de 1000 m o donde los estudios de la estructura del subsuelo no presente condiciones aceptables para la infiltración del agua pluvial.

- 7) Evitar el establecimiento de cualquier estructura en superficies o áreas que hayan sido abandonadas por instalaciones industriales, salvo que exista el análisis de abandono de sitio y que se encuentre limpio de contaminación.
- 8) El diseño y construcción de las estructuras hidráulicas de almacenamiento, control o infiltración, debe estar sustentados en los estudios hidrológicos de la cuenca que se trate, por lo que su diseño corresponderá a una TR=25 años como mínimo y con capacidad de diseño estructural para manejar adecuadamente escurrimientos de hasta TR=100 años. El diseño estructural de los diques tiene que ver con las fuerzas de empuje del agua, el oleaje, el gasto pico en el vertedor, condiciones geotécnicas, etc. Debe dejarse especificado los elementos que den seguridad a la estabilidad del dique y de las personas que viven alrededor del mismo, principalmente aguas abajo. En este caso el diseño de las estructuras hidráulicas debe ser específico de cada sitio, debiendo quedar abierto al criterio del proyectista pero siguiendo los métodos de cálculo aceptados por la CNA.
- 9) Cuando existan condiciones del subsuelo y volúmenes importantes de escurrimiento proporcionados por el área de captación que favorezcan la implementación de estructuras de infiltración, es conveniente que los diques o presas para el control de avenidas, sean complementados con sistemas de tratamiento de agua pluvial y estructuras para su infiltración.
- 10) En el caso de las estructuras de almacenamiento y control que en los cuales se considere la infiltración, es recomendable se diseñen con uno o más vasos de sedimentación, y cuya capacidad de almacenamiento se encuentre calculada para alojar y/o permitir el desalojo adecuado para una TR=100. El mismo vaso de almacenamiento puede ser el de sedimentación y control, los cuales se proponen para un TR = 25 años, si el dique vierte, deberá ser por una estructura de desalojo (vertedor y desfogues) que tenga una capacidad al menos de 1,000 años. El manejo de la sedimentación se podrá manejar más

bien por tiempos de retención y gasto de flujo hacia los sitios de infiltración, los cuales son específicos para cada caso en particular.

- 11) La base del vaso de sedimentación, debe ser compactado de manera tal que permita el desalojo de los sólidos que se acumulen y deberá estar separado del almacenamiento principal por una barrera filtrante, que permita el desalojo como mínimo del 80% del volumen que capte, con periodos de retención no mayores a 72 horas y el gasto diseñado a ser infiltrado debe desalojar el agua en este mismo periodo para una tormenta con TR=5 años.
- 12) En aquellos casos en que solo se considere pozo de absorción, la obra de ingeniería debe ser diseñada para facilitar la infiltración de manera natural, requiriéndose una separación mínima entre el nivel del agua freática y el material filtrante de por lo menos 1.2 m.
- 13) Las estructuras deberán contar con una estructura de maniobras que permita el acceso directo al equipo que proporcione el mantenimiento.
- 14) La construcción de estructuras hidráulicas de control e infiltración en áreas con pendientes fuertes favorecen el asolvamiento y reducen la capacidad de remoción de partículas por parte del sistema de tratamiento, por lo que deben ser localizadas en zonas con pendientes mínimas.

C. Requisitos para Proyecto Ejecutivo del Sistema de Recarga

- a) Ubicación
- b) Diseño y tipo de obras de recarga propuestas (superficial/ subsuperficial/ directa/)
- c) Programa de operación y de mantenimiento de las obras de recarga
- d) Técnica de tratamiento propuesta para alcanzar la calidad el agua de recarga requerida, de acuerdo con la técnica y el uso destinado de la recarga

e) Propuesta de diseño y operación de la red de monitoreo y la frecuencia de medición

- Canalización y Conducción

- 1) Se requiere que las conducciones o encauzamiento de los afluentes al punto de ingreso de las estructuras hidráulicas (Diques, bordos, presones, etc. cuenten con paredes revestidas y diseñadas para avenidas de una $TR=1000$) y con aditamentos de control de sólidos gruesos y medios, así como estructuras para reducir la velocidad erosiva de los caudales que ingresan.
- 2) Se establezca un derecho de vía de por lo menos 16 m a cada lado a partir del eje del encauzamiento en el punto de ingreso y el diseño de áreas de maniobra para mantenimiento y desalojo de arrastres.
- 3) Los vertedores deben contar con una estructura de disipación de energía para prever daños en la estructura o en el punto de descarga.
- 4) Para todos los encauzamientos de los arroyos, se tomará siempre un $TR= 1000$ años como mínimo.

- Criterios y Geometría de las estructuras de almacenamiento con procesos de infiltración

- 1) Se prevé que este tipo de estructuras pueden tener cualquier forma y deben ser calculadas para que el patrón de flujo a partir del punto de ingreso hasta su punto de salida o descarga, presente los tiempos de retención requeridos en el acondicionamiento del agua a infiltrar, sin

menoscabo de su capacidad máxima de diseño de almacenamiento y de las medidas de seguridad que les sean requeridas por la autoridad.

- 2) Las lagunas de infiltración pueden ser diseñadas en combinación con los vasos de contención para regular los flujos pico. Su tamaño dependerá del volumen total de diseño para la escorrentía a concentrar, del grado de tratamiento que se debe alcanzar y la velocidad con que se desarrolle el proceso de infiltración, utilizando para ello la tasa de infiltración del suelo en condiciones de saturación. Esto determinará la superficie requerida para la base de piso para infiltrar la escorrentía captada en 24 horas:

$$(A_R = V / 72 \times I_{SAT})$$

Donde:

A_R = Área del vaso de infiltración requerido

V = Volumen de diseño de tormenta (m³)

I_{SAT} = Tasa de infiltración para suelo saturado, m/hr.

72 = Tiempo requerido por el vaso para su vaciado (hrs)

- 4) Tiempos de retención mayores a 72 horas no se aconsejan debido a la generación de mosquitos y otros insectos
- 5) Es necesario que se evite el uso de grava con diámetros gruesos o material poco permeable que no permite la remoción de contaminantes y si favorecen la contaminación del acuífero o bien el colmatamiento de la superficie filtrante. El suelo para infiltración en los vasos preparados

para infiltración del agua pluvial no deben rebasar el 30% de contenido de arcilla y un mínimo de capacidad de intercambio catiónico de 5 meq.

- 6) La construcción de estas estructuras de control e infiltración requieren ubicarse como mínimo a 20 m después de cualquier edificación y 100 m cuando se encuentre aguas arriba. Los materiales que constituyen los taludes y la corona o berma deben ser estabilizados y compactados con materiales que prevengan la erosión y asentamiento de la estructura.

VIII.6.1.- Criterios de calidad del agua pluvial y tratada a infiltrar

Los criterios relacionados con la calidad del agua para la infiltración y/o inyección de agua pluvial en acuíferos para el almacenamiento y recarga están basados en los siguientes principios:

- La calidad del agua pluvial y la capacidad del subsuelo para mejorar la calidad del agua que ingrese
- Para el agua tratada producto de un tratamiento terciario o bien de un secundario combinado con sistemas de pulimento debe alcanzar la norma de agua potable o en su defecto la norma para calidad de irrigación, en el caso de esta última, siempre y cuando no se propicie la degradación con una calidad menor que no pueda ser mejorada al interior del subsuelo o del acuífero.
- El tratamiento primario otorgado a las aguas pluviales para mejorar su calidad y cumplir con los parámetros de calidad para infiltración y prevención del colmatamiento (Clogging) del pozo.

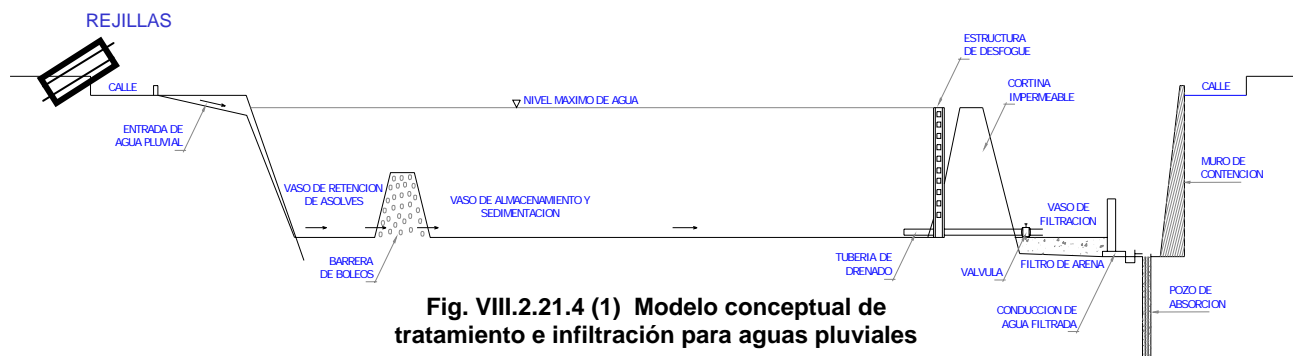
- Manejo del efecto de Colmatamiento (Clogging) y el desarrollo de los pozos de absorción
- Protección o mejoramiento de la calidad del agua subterránea, mediante la atenuación de los componentes químico y microbiológicos en el acuífero
- Aseguramiento de que la calidad del agua recuperada coincide con los límites máximos permisibles de acuerdo con el uso propuesto.

Permiso Temporal para Recarga al Acuífero

Se recomienda que en el sitio en que se llevará a cabo la infiltración por medios inducidos de recarga acelerada, se proceda a un periodo de prueba de aproximadamente tres años de inyección o el tiempo promedio necesario desde que el agua fue inyectada y llegue al acuífero. La licencia o permiso temporal debe ser otorgada por la Comisión Nacional del Agua, y preferentemente contar con un plan de manejo ambiental para poder evaluar los impactos ambientales posibles y riesgos asociados.

Pre-tratamiento

El mínimo nivel de pre-tratamiento requerido para llevar a cabo la infiltración depende del uso final que se otorgue al agua y de la calidad del agua almacenada en el acuífero en que se pretende llevar a cabo la infiltración, Los métodos de pre-tratamiento son preferentemente sistemas pasivos, debiéndose tomar en cuenta la calidad obtenida por el sistema previo a la infiltración (Figura VIII.2.21.4) y la valoración del proceso de autodepuración proporcionada por el subsuelo en un tiempo determinado, y en relación directa con las características propias de la constitución del acuífero, así se podrá tener un proceso con la combinación de ambos.



Cuando el agua que se almacene, lleve el propósito de recuperarse con extracciones posteriores, esta debe cumplir con los criterios de calidad en el punto de extracción, de acuerdo con el uso previsto. Si el agua recuperada no alcanza la calidad que se requiere para el uso destinado, es necesario un tratamiento previo a su utilización, adicional al tratamiento proporcionado por el subsuelo, esto determinará si la desinfección o el tratamiento adicional, se requiere después de que el agua infiltrada ha pasado un tiempo en el seno del acuífero y extraída posteriormente, asumiendo que en esta fase se cumpla con los parámetros Máximos Permisibles que establezca la Comisión Nacional del Agua. Si el agua no será recuperada, es necesario que cumpla con el control de monitoreo para verificar que no exista impacto adverso al acuífero que sirva de fuente de abastecimiento cualquiera que este pueda ser su uso final.

Uno de los principales problemas que se tienen con los escurrimientos pluviales que se originan en las zonas urbanas es el denominado “*Lavado Inicial*” o “*First Wash*”, y que corresponde al primer flujo de escurrimiento al inicio de la lluvia. Este primer escurrimiento denominado como *flujo de lavado inicial*, tiene la característica de integrar en la esorrentía todos aquellos materiales y contaminantes que encuentren a su paso, esta situación obliga a que este primer bloque de agua contaminada y saturada de diversos materiales que fueron arrastrados, al ingresar en los vasos de contención, se depositen y generen condiciones adversas en la calidad del agua de

lluvia y que es captada en las estructuras hidráulicas de control y almacenamiento temporal.

Para evitar este tipo de problemas en las estructuras de captación que cuenten con sistemas infiltración, se recomienda que los sistemas de tratamiento cuenten no solo con rejillas para eliminación de sólidos gruesos y medios sino también con cajas de partición de flujo (Fig. VIII.2.21.4.(2)) para el caso de vasos pequeños utilizados en áreas de estacionamiento, bulevares, centros comerciales, etc., lo que permite que el 50% del volumen inicial sea descartado y se asegure que muchos de los contaminantes, como son las grasas y aceites, restos de vegetación y otros materiales de menor tamaño sean eliminados de una manera sencilla, para que los escurrimientos con aguas más limpias sean los que ingresen a los vasos de captación y no obturen las estructuras de filtración y de infiltración al subsuelo.

Velocidad de la Infiltración

La velocidad de infiltración se vuelve un factor clave en las estrategias de manejo de las aguas pluviales. La captación de los volúmenes escurridos en las estructuras de control combinado con la capacidad del suelo de absorber agua, nos ofrece la oportunidad de utilizar las aguas pluviales como elemento de recarga y de reuso. Sin embargo la capacidad de absorber o infiltrar el agua de lluvia depende de la composición propia del suelo, de la calidad del agua en función de sus características fisicoquímicas, de los materiales agregados durante su recorrido por la superficie hasta llegar a los vasos de captación.

Esta agua para que se pueda enviar al subsuelo, requiere además de una calidad determinada en el punto de infiltración, con objeto de que no inhiba el proceso de ingreso al subsuelo y mantenga una velocidad de penetración constante o sea la *Velocidad de Infiltración*. De manera general se presenta una tabla que permite estimar esta velocidad de infiltración de acuerdo con el tipo de suelo presente:

| VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN | |
|---------------------------|------------|
| MUY ARENOSO | 20-25 mm/h |
| ARENOSO | 15-20 mm/h |
| LIMO-ARENOSO | 10-15 mm/h |
| LIMO-ARCILLOSO | 8-10 mm/h |
| ARCILLOSO | < 8 mm/h |

Existen varios métodos para efectuar la estimación de la capacidad de infiltración, a continuación se da como ejemplo el método de Katsumi Musiake, S. Herat y S. Hironaka³:

En el diseño de sistemas de infiltración, es necesario poder estimar la capacidad de infiltración de una instalación de ciertas dimensiones para un sitio específico. El flujo de tales estructuras puede ser descrita por la ecuación de Richard que se muestra a continuación:

$$c(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial t} = V \cdot [k(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z}] \quad (1)$$

donde, $c(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial t}$, θ : succión de agua de suelo, θ : contenido de humedad del suelo y $K(\theta)$: la conductividad del suelo en sección θ .

Usando la simulación numérica para la distribución de succión para una condición dada, esta puede ser calculada y entonces el flujo estimado puede calcularse usando la ecuación de Darcy para computar el efluente de las instalaciones de infiltración.

³ Efectos de los Sistemas de Infiltración de Agua Pluvial y su Evaluación, Katsumi Musiake, Srikantha Herat y Sadayuki Hironaka, Instituto de Ciencia Industrial, Universidad de Tokio, Minato-ku, Tokyo, Japón

El mecanismo de infiltración se muestra en la Fig. VII.2.4.5. Al principio de la infiltración, el frente de agua se encuentra muy cerca de las estructuras de infiltración y a medida que los gradientes hidráulicos crecen, la tasa de infiltración se hace muy alta.

Conforme pase el tiempo el frente de agua se mueve de la superficie de infiltración, reduciendo el gradiente hidráulico y reduciendo también la tasa de infiltración. El agua que se mueve consiste en un frente saturado y un frente móvil insaturado. El frente saturado se vuelve más lento con el tiempo y en algún punto alcanza un perfil estacionario. La tasa de infiltración de ahí en adelante llega a ser casi constante, aunque el proceso de infiltración en sí es inestable y la corriente insaturada continua, fuera del frente saturado.

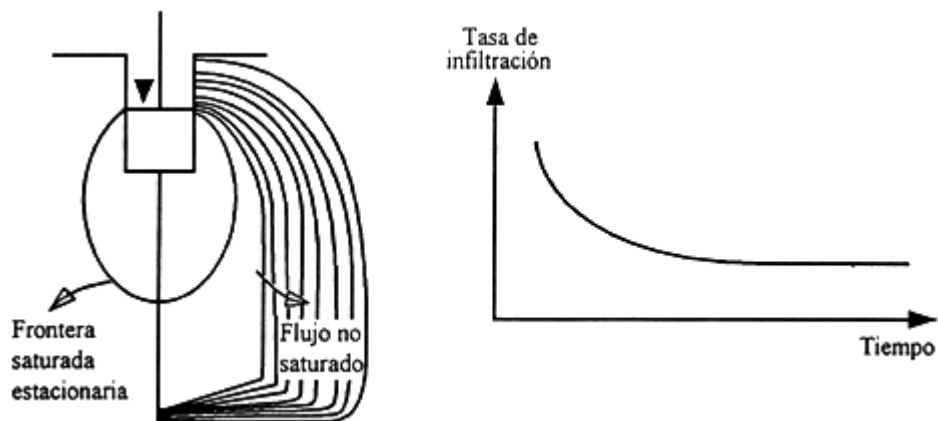


Figura VIII.2.4.5

Bosquejo conceptual de infiltración de cepa

En la estimación de la capacidad de infiltración desde una zanja o pozo, es suficiente estimar la capacidad de infiltración final.

Para suelo con una conductividad bastante alta, este estado cuasiestacionario es alcanzado en un corto período de tiempo. Para estimar esta tasa constante, se simplifica la ec (1) como sigue:

La función de conductividad $K(\theta)$ está expresada como

$$k(\theta) = k_0 K_r(\theta) \quad (2)$$

donde K_0 : conductividad saturada del suelo, $K_r(\theta)$: conductividad relativa.

A continuación consideramos el estado estacionario de la ec (1) obtenida por imposición de condiciones de un límite artificial fuera de la superficie de infiltración. Ya que $\partial \theta / \partial t = 0$, substituyendo la ec (2) en la ec (1) y gradualmente con respecto a la K_0 , se obtiene la ecuación gobernante para la zanja y el pozo de infiltración:

$$\nabla \cdot [k(\theta) \nabla (\theta + z)] = 0 \quad (3)$$

Como la corriente puede ser considerada simétrica, solamente se requiere un análisis de dos dimensiones. La ec (3) se resuelve dependiendo del tipo de instalación para infiltración por un límite dado y las condiciones iniciales y la solución final, la capacidad de infiltración de la instalación se estima usando la ley de Darcy por lo que:

$$Q / K_0 = f \cdot r \cdot k_r(\theta) \nabla (\theta + z) \quad (4)$$

donde r denota la superficie de infiltración. Para este procedimiento es necesario conocer de antemano la relación de conductividad del suelo.

Estimación de Parámetros del suelo

Como se mencionó anteriormente, la conductividad hidráulica del suelo $K(\theta)$ se requiere para las simulaciones. Esta relación entre la conductividad hidráulica y la humedad del suelo puede ser estimada mediante la estimación de K_0 tomada de las pruebas de campo

siendo suficiente para obtener una relación de conductividad confiable (Herath ⁴*et al.*, 1987). La $k_r(\theta)$ puede ser medida, ya sea de pequeñas muestras o es generada de la relación succión-húmeda $[F-\theta]$ del suelo, usando un modelo como el de Mualem⁵ (1976).

Para estimar confiablemente la conductividad hidráulica de campo se deben llevar a cabo pruebas en el sitio. La prueba más adecuada para esto es la de perforación de carga constante, donde una perforación se hace en el suelo y la tasa de infiltración se mide por carga constante. La tasa de infiltración se monitorea continuamente hasta que se convierte en constante para que el análisis del estado estacionario arriba mencionado pueda aplicarse. Usando la conductividad relativa estimada de acuerdo al procedimiento discutido, la tasa de infiltración final se estima simulando el experimento de campo de acuerdo al procedimiento esquematizado en la sección anterior, como el efluente estimado es expresado como Q/K_o , y ya que Q está disponible como una observación, la conductividad saturada K_o puede ser definida.

VIII.6.2.- Monitoreo

Debe considerarse un procedimiento de control, con objeto de evaluar de manera periódica la evolución de la calidad del agua al interior del acuífero, por lo que es necesario contar con un pozo de observación como mínimo, sobre todo cuando se lleven a cabo acciones tipo ASR (Recuperación de Almacenamientos Temporales). Los parámetros necesarios de control son los mismos que los preestablecidos para el uso potencial del agua. Las frecuencias de monitoreo se deben basar en las proyecciones generadas para las características de cada sitio en lo particular, por lo que se considera indispensable la participación normativa en materia de aguas subterráneas de la CNA.

⁴ HERATH, S. y MUSIAKE, K., Análisis del comportamiento de una instalación de infiltración basada en las pruebas de permeabilidad in situ. Memorias 4a. Conferencia Internacional sobre Drenaje de Temporal Urbano, Lausana, 1987, pp. 61-66.

⁵ Mualem, Y. (1976) A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resour. Res.*, 12: 513-522.

La operación del proyecto piloto debe tener una duración suficiente para alcanzar un equilibrio hidráulico que permita analizar en forma continua:

1. La calidad del agua de recarga, la calidad del agua subterránea nativa, y la derivada de la recarga, así como la interacción de éstas con el subsuelo y el método de recarga;
2. Las variaciones en la tasa de infiltración y en la elevación de niveles piezométricos.

Es necesario que se presente un informe final que incluya conclusiones para evaluar el proyecto de recarga en términos de:

- Su factibilidad técnica,
- Su posible impacto en la calidad el agua subterránea nativa, al medio ambiente o en aprovechamientos hidráulicos subterráneos de terceros.

Lineamientos para Concentraciones Máximas de Contaminantes

Las fuentes potenciales de contaminantes en los escurrimientos pluviales de origen urbano son extremadamente variados, y tiene que ver con los procesos de arrastre de una gran variedad de compuestos, sustancias y elementos orgánicos y minerales en las áreas de captación pluvial, como pudiera la deposición de materiales con origen atmosférico, arrastres eólicos, acumulaciones en carreteras y calles, desechos orgánicos de origen animal y vegetal, grasas y aceites, compuestos químicos, basuras, aguas residuales etc.

Los principales contaminantes en las aguas pluviales son los siguientes:

- Sólidos Suspendidos
- Demanda de oxígeno de los materiales

- Nutrientes
- Metales pesados
- Microorganismos
- Compuestos orgánicos
- Sólidos gruesos

Las superficies en la zona de captación o tributaria es otro factor, que determina la tasa de acumulación que se tiene de estos contaminantes. Los principales factores son:

- El uso y manejo del suelo
- El arrastre y lavado de las escorrentías
- Clima
- Hidrología
- Topografía
- Tipo de suelo
- Y la geología superficial

En esencia la calidad del agua pluvial se encuentra determinada fundamentalmente por los procesos que se dan en el área de captación o tributaria, y que exhiben importantes variaciones en el tiempo (eg. Cordery, 1977 Sidney., Australia) y en el espacio (Gutteridge *et all.*, Melbourne, Australia), Las concentraciones de cada parámetro se determinan en función de la calidad del agua requerida y de la eficiencia de tratamiento mostrada al interior del acuífero.

Se ha considerado que los parámetros para un proceso eficiente de funcionamiento de infiltración y en su caso para sistemas de recuperación de agua mediante almacenamientos temporales (ASR) deben ser consensuados con el área correspondiente de la Comisión Nacional del Agua, sin embargo se han considerado como fundamentales los siguientes:

- **Sólidos Disueltos.**

- Cuando se trata de efectuar recargas para uso de agua potable, es recomendable un máximo de 500 mg/l de SDT
- Para el uso en actividades que no requieren agua potable se recomienda valores menores a 1000 mg/l.
- Concentraciones mayores pueden ser manejadas localmente para el uso en sistemas irrigación, pero sin sobrepasar las concentraciones de Sólidos Disueltos Totales del agua del subsuelo del acuífero de que se trate (somero y/o profundo).

- **Coliformes**

- Se recomienda un máximo de 10,000 colonias por 100 ml, permitiendo una remoción de 1 log en 10 días (lo cual es un valor conservador), se asume que las colonias de coliformes serán abatidas en 10 días, tomando en cuenta las concentraciones permitidas para lineamientos de calidad de agua para uso en irrigación, si el tiempo de residencia es mayor a 50 días en el acuífero se ha demostrado que las concentraciones esperadas se encontrarán cerca de los límites permisibles para agua potable.

- **Grasas y Aceites**

- Este parámetro se encuentra directamente relacionado con las zonas urbanas, por lo que su presencia es importante dado la correlación que tiene con productos derivados del petróleo, aún cuando también puede tener una relación estrecha con grasas de origen animal o vegetal. Debido

a que es un material que se concentra por lo general en la superficie de los almacenamientos, implica que para la infiltración deben manejarse prácticas que eviten la toma de agua de la superficie, evitando con ello concentraciones inadecuadas en el proceso de infiltración. Para espacios como estacionamientos de centros comerciales y en aquellas áreas en que se concentran una gran cantidad de vehículos, es necesario que se asegure el ingreso del agua libre de materiales flotantes y contaminantes arrastrados y disueltos durante los primeros minutos de lluvia, para ello es necesario que se consideren estructuras de derivación y/o de partición de flujos, Ver ejemplo en el Gráfico VII.2.21.7.3

Tiempo Mínimo de Residencia

- Es recomendable un tiempo mínimo de residencia de 70 días⁶ para que el agua pluvial no desinfectada, pueda obtener un grado de protección aceptable a la salud. Si el agua recuperada se ha designado para áreas verdes o irrigación en campos agrícolas, los tiempos de residencia pueden ser menores y permitidos, siempre y cuando el agua infiltrada sea de mayor calidad. Los protozoarios y virus pueden tener mayores tiempos de sobrevivencia en algunos acuíferos, por lo que deben efectuarse los análisis correspondientes previos a su utilización, si se identifica que no satisface los valores en materia de coliformes, el agua recuperada no debe ser utilizada hasta en tanto, se le dé un tratamiento que permita su utilización.

⁶ Van Waegening, 1985, Overview of the Protection of the Groundwater Quality In: Theoretical Background, Hydrology and Practice of Groundwater Protection Zones, Chapter 6. Int. Contributions to Hydrogeology, Vol. 6 Int. Assoc. Hydrogeology.

Criterios y Límites Máximos Permisibles

Como ya se mencionó al inicio de este capítulo, en México no existe una normatividad que establezca límites máximos permisibles para la infiltración de aguas pluviales, lo cual pone en peligro la calidad del agua en el subsuelo si no son reguladas las operaciones que se lleven a cabo para la recarga del acuífero y/o bien para el almacenamiento temporal de agua de lluvia en el subsuelo.

En el caso de Australia y Nueva Zelanda como ya se ha mencionado, han derivado la investigación científica predominantemente hacia el conocimiento más profundo de los procesos de almacenamiento temporal en el subsuelo y la recarga de acuíferos, mediante la utilización de las aguas pluviales.

De las experiencias obtenidas, se generaron criterios y lineamientos que han permitido mitigar al máximo los efectos negativos que pueden causar la introducción de contaminantes al subsuelo y su exposición con los acuíferos.

Estos lineamientos o estándares generados en otras partes del mundo, son considerados como lineamientos producto de una basta investigación, por lo que su aplicación para el municipio de Juárez, Chihuahua, resulta procedente, de acuerdo con el análisis realizado y descrito en este mismo documento.

Se considera que el contar estos lineamientos mínimos que se presentan como criterios, permitirá habilitar las prácticas de infiltración sin perjuicio del sistema acuífero, hasta en tanto sea publicada la Norma Oficial Mexicana para la recarga artificial de acuíferos.

Tabla VIII.6.8 Criterios de Calidad de Agua Pluvial en Obras de Recarga Artificial

| Criterios de Calidad del Agua Pluvial en Obras de Recarga Artificial destinada para Uso Doméstico y No Doméstico | | | | |
|---|---|--|---|--|
| Tipo de Contaminante | Recarga para Uso Doméstico | | Recarga para uso no Doméstico | |
| | Superficial/Subsuperficial | Directo | Superficial/Subsuperficial | Directo |
| Microorganismos Patogénicos | Presentes | Presentes | Presentes | Presentes |
| Sólidos Totales en Suspensión y Materia Orgánica | Eliminación del 80% de sólidos suspendidos totales (SST) y del 90 % de materia orgánica | Eliminación del 100% de sólidos suspendidos totales (SST) y del 90 % de materia orgánica | Eliminación del 80% de sólidos suspendidos totales (SST) y del 90 % de materia orgánica | Eliminación del 100% de sólidos suspendidos totales (SST) y del 90 % de materia orgánica |
| Contaminantes Regulados por Norma | Límites permisibles NOM-127-SSA-1994. | Límites permisibles NOM-127-SSA-1994. | Límites permisibles NOM-003 ECOL-1997 | Límites permisibles NOM-003 ECOL-1997 |
| DBO | ≤ 60 mg/l, | ≤ 30 mg/l, | ≤ 80 mg/l, | ≤ 60 mg/l, |
| COT | ≤ 30 mg/l | ≤ 16 mg/l | ≤ 60 mg/l | ≤ 45 mg/l |
| Condiciones Adicionales | | | | |
| Tiempo mínimo de residencia en el acuífero | 6 meses | 12 meses | 3 meses | 3 meses |
| Distancia horizontal entre el sistema de recarga y el punto de extracción. | 300 m. | Mismo pozo (ARA) | 50 m) | Mismo pozo (ARA) |
| Tipo de acuífero | Granular | Granular | Granular | Granular |

IX.- INSTRUMENTACION DEL PLAN SECTORIAL

IX.1. INTRODUCCIÓN

El manejo de las aguas pluviales en cualquier parte del mundo es siempre un reto, al cual los gobiernos y la sociedad en su conjunto deben ser corresponsables. Las precipitaciones pluviales en las zonas semidesérticas y desérticas, han sido por lo general, vistas con un dimensionamiento de importancia mucho menor del que en realidad tienen. Esta baja apreciación de los eventos de tormenta característicos de las zonas desérticas, tiene como principal causa el escaso número de lluvias que se observan durante el año, sin embargo debido a lo torrencial de los mismos (chubascos), son causa de grandes problemas y en ocasiones de desastres. El caso que nos ocupa de Cd. Chihuahua, reviste un particular interés dado que a pesar de las previsiones tomadas en el pasado, con la construcción de estructuras de control, como son los diques y otras obras de encauzamiento de los escurrimientos, se han llegado a tener que lamentar pérdidas de vidas y en el menor de los casos, daños cuantiosos en perjuicio de los habitantes de esta ciudad. Las instituciones dedicadas al manejo de las aguas pluviales en las ciudades modernas, han aprendido con el tiempo, que no es posible enfrentar los problemas ocasionados por los escurrimientos de agua durante las lluvias, sin contar con planes y programas.

La implementación de estos planes y programas requieren de personal técnico calificado, sistemas de evaluación y modelación que permitan hacer un análisis de los diferentes escenarios de riesgo. Para ello es necesario fortalecer los sistemas de captura de información y la adecuada operación de las estaciones climatológicas, contar con una actualización permanente de la dinámica de los asentamientos urbanos y las acciones de mantenimiento a la infraestructura hidráulica existente, sin desestimar la construcción de nuevas estructuras. Sin embargo la incorporación formal de acciones permanentes para resolver y prevenir inundaciones en las ciudades, va más allá de las decisiones técnicas, la construcción y cuidado de la infraestructura, es decir que requiere del establecimiento

de una reglamentación acorde con las características fisiográficas e hidrológicas en que se encuentra ubicada la población y de los aspectos socio- culturales prevalecientes.

La promulgación de reglamentos municipales son solo una etapa de transición entre las acciones propuestas de cómo debe operar un sistema de control de aguas de lluvia, la aceptación de los articulares para observar los lineamientos a seguir y las restricciones de uso del suelo, como de los esquemas de análisis que deben procurarse para planificar los desarrollos urbanos de una manera segura y sustentable desde el punto de vista social y ambiental.

La incorporación de estas instancias operadoras no solo reúne las acciones de operación y planeación como ya se ha mencionado, sino que enfrenta uno de los retos más difíciles, y es el que tiene que ver con la aplicación de la Ley, es decir de la vigilancia, para que se cumpla con los reglamentos que se aprueben y sean observados por todos los ciudadanos. Así mismo es menester hacer referencia, a la coordinación que debe existir con las autoridades federales y estatales.

Es importante recordar que la precipitación pluvial en nuestro país, se encuentra íntimamente ligada a disposiciones que emanan desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, de Leyes reglamentarias como es el caso de la Ley de Aguas Nacionales y de la Ley General del Equilibrio Ecológico y a Protección al Ambiente que son orden federal y de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua e carácter estatal. Otro de los aspectos de relevancia es el de la coordinación que debe existir con las instituciones privadas y organizaciones de la sociedad civil, las cuales juegan un papel importante en la toma de decisiones para la implementación y ejecución de las estrategias, aceptación de programas y proyectos y sus actualizaciones.

En todos los casos el control y manejo de los escurrimientos pluviales enfrentan retos que deben ser encarados por los gobiernos locales, y que tiene que ver por lo general con:

1. Usos de suelo.

2. Definición de cambios o mejoramiento de los patrones de escurrimiento.
3. Espacios y superficies que deben ser destinadas exclusivamente para el control, almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia.
4. Protección a cauces y obras de regulación de flujos.
5. Manejo de la calidad y cantidad del agua en función el aprovechamiento seleccionado.
6. Áreas de preservación para reducir los escurrimientos y materiales sujetos de ser arrastrados.
7. Implementación de estructuras que reduzcan la contaminación de los flujos pluviales.
8. Investigación para el desarrollo o implementación de nuevas tecnologías para su control y aprovechamiento.
9. Aplicación de la Ley, mediante inspecciones, verificaciones, dictámenes y recepción de obras de equipamiento e infraestructura hidráulica, controversias, etc.,
10. Educación pública para la coexistencia de la infraestructura y los vecinos.
11. Creación de comités para el cuidado de las cuencas hidrológicas y apoyo para la conservación de las estructuras y su operación.

Estos os últimos numerales (10 y 11) constituyen la parte fundamental de las nuevas instituciones creadas en los países que persiguen un modelo de desarrollo con Sustentabilidad.

Estas instituciones que han sido creadas ara manejar los Servicios de Control y Aprovechamiento de las Aguas Pluviales, tienen como conceptos laves los siguientes:

1. Comités de protección de la cuenca/ Institución: La administración de la cuenca s un marco de referencia en el que se da un manejo integrado de todos los recursos, llámese suelo, entorno ambiental, agua, especies biológicas (flora y fauna), infraestructura, relaciones humanas, aspectos económicos, legales, participación de instituciones educativas y académicas y finalmente la rectoría gubernamental.

2. Dependencia prestadora de los Servicios de Control y Aprovechamiento de las Aguas Pluviales: Este tipo de dependencias se ha venido haciendo cada vez más populares en las ciudades y exhiben en algunos casos una similitud con los organismos operadores de agua potable y saneamiento. En este caso su mandato es llevar a cabo

acciones que permitan incorporar acciones en el corto plazo para resolver problemas existentes mediante una planeación correctiva y una planeación a futuro para los nuevos desarrollos urbanos. La obtención de recursos privados por conceptos de oferta de servicios relativos al área de su especialidad (eje: elaboración de proyectos hidráulicos, estudios, etc.) y la asignación de fondos fijos gubernamentales destinados a crear infraestructura pluvial que beneficie a la ciudadanía de manera directa, permiten generar una operación más fortalecida desde el punto de vista económico y no competir con otros programas municipales.

3.Delegación de facultades: Las disposiciones para otorgar permisos, revisión de proyectos pluviales en fraccionamientos y desarrollos urbanos, dictámenes, supervisiones, operación de estructuras de control, comercialización de agua pluvial y en ocasiones la suscripción de convenios de coordinación con otras instancias gubernamentales para proporcionar servicios que por su naturaleza no son facultad municipal, son algunos de los esquemas que han permitido que estas nuevas dependencias operen de manera eficiente y hasta cierto punto en forma independiente ante los altibajos que suelen presentar las administraciones municipales o estatales, demostrando con ello que existen otros esquemas que auxilian favorablemente en la solución de los problemas de riesgo por inundaciones y de la baja disponibilidad de agua en las ciudades con esta problemática.

4. Privatización: Este es quizá el esquema menos usual, sin embargo es una práctica que se ve menos lejos de lo que pudiera pensarse, ya que la prestación de servicios relacionados con el control de escurrimientos y el manejo del agua de lluvia ha venido adquiriendo una importancia cada vez mayor, sobre todo si consideramos los beneficios en materia de seguridad a las comunidades y el manejo del agua de lluvia como un satisfactor adicional a la demanda de agua potable y no potable.

IX.2. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO

Comprender adecuadamente el problema del drenaje pluvial de Ciudad Juárez nos permitirá a su vez, crear las estrategias de solución para la problemática que enfrentamos

y nos permitirá establecer un programa de inversiones para prever cualquier daño posible a la población y sus bienes, así como de la infraestructura de la ciudad.

El contar con una estrategia fundamentada en nuevos y mejores esquemas para desarrollar las Mejores Prácticas de Manejo (MPM) del agua pluvial, requiere también del conocimiento a detalle del comportamiento de los escurrimientos pluviales, de las condiciones de operación y mantenimiento de las estructuras pluviales y de manera muy especial de la estructura administrativa encargada de llevar a cabo todas las acciones que esto implica.

Siempre es importante considerar que los escurrimientos pluviales se encuentran ligados a niveles de riesgo para la población, los cuales deben ser atendidos con los estudios necesarios para asegurar el conocimiento profundo de los patrones de comportamiento de las aguas pluviales a través de la zona urbana y su área de influencia, esto permitirá asegurar la protección a la población, y crear así mismo otras estrategias para la optimización del agua de lluvia, desarrollando esquemas de aprovechamiento y recarga del acuífero para bien de todos en la región.

Es preciso mencionar que la problemática del agua pluvial, el crecimiento de la zona urbana, la falta de agua para abastecimiento de la ciudad y el manejo de las aguas residuales son elementos que deben atenderse de manera obligada, mediante la observación de un esquema de Sustentabilidad del recurso agua, por lo que el gobierno y la sociedad civil, deben participar conjuntamente para crear lineamientos claros y con voluntad política, dado que el manejo del agua en la ciudad como en el municipio es operada y regulada por distintos niveles de gobierno.

El establecimiento de esquemas operativos y de coordinación puede derivar en el corto plazo a contar con un mejor nivel de vida, en un mejor entorno ambiental y un mejor futuro de la ciudad misma, y de otra manera, los problemas actuales se verán agravados irremediablemente. Las nuevas estrategias para el manejo y aprovechamiento del agua

pluvial deben plantear el establecimiento de un sistema de control sustentable y sostenible a mediano y largo plazo.

En este documento se proponen acciones concretas con el propósito que contribuyan a darle forma a un programa integral que incluya, además del aspecto del agua pluvial, los temas del drenaje sanitario, agua potable, ecología, financiamientos, administración, legislación, concientización del uso eficiente del agua, entre otras. Es preciso que los esfuerzos realmente se encaminen en el uso de la tecnología actual, tal como la utilización de modelos matemáticos y otras herramientas de planeación de los procesos hidrológicos urbanos, facilitándonos la solución a los problemas que causan los escurrimientos de las aguas sin control.

IX.3. ESTRUCTURA OPERATIVA

Es recomendable que sea considerado como prioridad inmediata la creación de una oficina o dependencia operativa, que se encargue de manera específica del control, manejo y aprovechamiento del agua pluvial. Esto permitiría definir un equipo técnico-administrativo permanente para llevar a cabo las acciones que deban ser realizadas en la remediación de los problemas de drenaje pluvial existentes o para prevenir nuevos problemas generados por los futuros asentamientos.

Este organismo es deseable que pueda estar regido por un Consejo técnico administrativo, con la participación de todas las instituciones involucradas en el ramo, pero con autonomía interna para el cumplimiento de los programas físicos y financieros debidamente autorizados. La vinculación de esta oficina de manera directa con la Dirección de Obras Públicas, Desarrollo Urbano, Ecología y Protección Civil es primordial en el desarrollo e implementación de medidas y obras para el control de los escurrimientos con el fin de proteger a la población, la salud humana, aprovechar el recurso agua y crear un medio ambiente superior al existente. Para ello se requiere de una decidida participación de todos los sectores de la sociedad y particularmente de la ciudad y de la región, tales como el Municipio a través de sus Direcciones de Desarrollo Urbano,

Obras Públicas, Ecología, Previsión Social y el Instituto Municipal de Investigación y Planeación como promotor de esta iniciativa; La Comisión Nacional del Agua a través de sus Gerencias; La Junta Central y Municipal de Agua y Saneamiento; La Secretaría de Salud, y la sociedad en su conjunto en una posible participación interactiva entre ciudadanos, gobierno y los técnicos y operarios encargados de la planeación, ejecución de las obras y operación del sistema en su conjunto.

Es recomendable para lograr esto, el establecer rutas críticas de trabajo con la participación de los involucrados en la solución (Además del IMIP, conviene especialmente la participación activa del CTI). Este documento representa parte del esfuerzo que se realiza con el fin de establecer los lineamientos básicos para realizar las acciones que den solución al problema del manejo del drenaje pluvial, sin embargo, es apenas el principio de todo lo que se necesita para integrar a detalle los proyectos técnicos y económicos en materia de agua dentro de la zona urbana y semi-urbana y su factibilidad de aplicación en cuanto a la aplicación de los recursos y los tiempos de ejecución de las acciones resultantes.

IX.4. ORGANIZACIÓN Y PRINCIPALES FUNCIONES

Es indispensable que se constituya una organización plural que promueva el establecimiento de un verdadero sistema que garantice las mejores prácticas de manejo (MPM) de los recursos pluviales de la región, que pueda colaborar con cualquier instancia de gobierno y mejor aún, la creación de un organismo descentralizado del municipio que genere los proyectos y aplique los recursos necesarios bajo normas y políticas bien establecidas.

IX.4.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS REQUERIDAS PARA LAS INSTITUCIONES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES

Las instituciones Prestadoras de Servicios de Control y Aprovechamiento de las Aguas Pluviales del Siglo XXI, deberán incorporar al menos 5 conceptos fundamentales:

1. Integración: Dadas las condiciones en que se manejan las administraciones municipales, es muy probable que un organismo de este tipo obtenga apoyos presupuestales bajos y un muy limitado personal, lo que presupone que independientemente de los apoyos económicos pueda integrarse desde un principio con técnicos que atiendan no solo los conceptos de la ingeniería de control y alejamiento del agua pluvial, sino que incorpore personal con capacidad para la elaboración de estudios hidrológicos, planeación urbana, mercado del agua y manejo de los componentes legales, esta mezcla le dará la posibilidad de emerger con mejores perspectivas económicas y de atención a la comunidad.

2. Flexibilidad: Tiene que ver con la operatividad primaria, es decir de la flexibilidad necesaria para afrontar problemática local y estar en condiciones de amoldarse a las circunstancias para generar soluciones en el corto plazo, independientemente de las propuestas a mediano y largo plazo, en este caso lo más importante es mostrar la capacidad para mostrar beneficios que sean percibidos de inmediato por la comunidad. La clave debe ser la capacidad para entender los problemas en función de acciones de alta rentabilidad social y con una mentalidad abierta para aceptar y analizar propuestas de cualquier índole que le permitan estar más cerca de la población afectada.

3. Eficiencia: La capacidad de operar aún cuando se cuente con bajos presupuestos y limitado número de personal. Buscar alcanzar el grado de confianza por parte de la ciudadanía, para que soporte ampliamente sus proyectos futuros y crezca su capacidad de autogeneración de recursos.

4. Efectividad: Este tipo de instituciones requiere del diseño e implementación de prácticas y programas sustentados en las MPM's (Mejores Prácticas de Manejo), que hagan posible no solo el control, sino también la protección de la calidad del agua e incrementen la disponibilidad de la misma para otros usos. El monitoreo de la calidad como un elemento de garantía de la calidad del agua a ofrecer, justifica ampliamente los gastos que se puedan originar.

5. Responsabilidad: Las instituciones Prestadoras de Servicios de Control y Aprovechamiento de las aguas pluviales del Siglo XXI, deben ser capaces de responder de manera inmediata las demandas de la comunidad adaptarse a los cambios que manifiesta el desarrollo de la urbanización. El diseño de las instalaciones hidráulicas y la operación de las mismas deben estar acordes con las necesidades de protección a la población, demanda de servicios, prevención de desastres y la posibilidad de mantener un esquema de aprovechamiento del agua de lluvia, sobre todo en las poblaciones de baja disponibilidad.

IX.4.2.PRINCIPALES FUNCIONES

De manera general se conciben como las principales funciones las siguientes:

1. Llevar a cabo la actualización periódica de los volúmenes de escurrimiento, en toda las zonas o cuencas identificadas como de influencia sobre la mancha urbana y las zonas de reserva consideradas para futuro desarrollo urbano.
2. Generar y mantener un inventario permanente y actualizado de todas las estructuras hidráulicas que conformen el sistema de control, almacenamiento y aprovechamiento de las aguas pluviales que escurren en la ciudad y en el municipio.

3. Vigilar y mantener en condiciones operativas todas las estructuras hidráulicas que conformen el sistema de drenaje pluvial de la ciudad (Diques, Bordos, Cauces, Alcantarillas, Cruces, Puentes, etc.).
4. Establecer las medidas para retener el agua pluvial de acuerdo a las Mejores Prácticas de Manejo y modelos de Alta Sustentabilidad para el manejo del agua pluvial, sin menoscabo de las necesidades propias del ecosistema.
5. Establecer los mecanismos y procedimientos para manejar la cantidad y calidad del agua pluvial en o cerca de su origen.
6. Elaborar los diseños y proyectos ejecutivos para instalar estructuras que faciliten el control de los escurrimientos
7. Elaborar los estudios necesarios para aprovechar el máximo volumen de agua escurrida en almacenamientos para usos directos o bien para recarga del acuífero y de manera indirecta mediante la utilización de sistemas de almacenamiento temporal en el subsuelo (ASR).
8. Promover la elaboración de los lineamientos legales (Reglamento) pertinentes para asegurar la operación, el mantenimiento y los aprovechamientos del agua pluvial.
9. Establecer la coordinación con el área de la administración municipal encargada de Ecología y Protección civil para llevar a cabo la operación de los programas de prevención de inundaciones y protección a la población y al ecosistema.
10. Coordinarse con la Dirección General de Obras Públicas, la Dirección de Desarrollo Urbano y el Instituto municipal de Investigación y Planeación en la revisión de proyectos desarrollo urbano y edificaciones en zonas de riesgo por inundaciones.

11. Elaborar y desarrollar los planes y programas de control, manejo y aprovechamiento de las aguas pluviales, conjuntamente con el Instituto Municipal de Planeación.
12. Generar los acuerdos de coordinación con la Comisión Nacional del Agua para mantener una permanente asistencia técnica y capacitación en el control de los escurrimientos pluviales y procesos de infiltración.
13. Proporcionar asistencia técnica a la ciudadanía, al sector de servicios públicos e instituciones para que realicen las obras de conducción, control y aprovechamiento de aguas pluviales y a quienes requieran meter solicitudes para aprobación de proyectos hidráulicos relacionado con los escurrimientos pluviales.
14. Proporcionar de manera permanente y expedita la información que se genere al Instituto de Investigación y Planeación, para su inclusión en la cartografía de la ciudad, el banco de información y el sistema de información geográfica municipal.
15. Administrar todos los bienes y activos fijos que sean incorporados a la oficina o institución.
16. Administrar los Planes y Programas que le sean aprobados.

IX.4.3.PRINCIPALES TAREAS

Las tareas principales de esta organización podrán ser las siguientes:

1. Crear una estructura organizacional, administrativa y de manejo de recursos financieros para la ejecución de las acciones y obras requeridas, de acuerdo a objetivos claros en el corto, mediano y largo plazo...

2. Elaborar los proyectos, con recursos propios o con apoyo externo, dando prioridad a la protección de la sociedad, el crecimiento ordenado de la zona urbana y el aprovechamiento óptimo de los recursos hidráulicos disponibles.

3. Hacer investigación continua, que lleve a un amplio conocimiento de las características físicas de la zona, el comportamiento dinámico de los sistemas hidrológicos e hidráulicos, la calidad del agua y su relación con el medio y determinar los mejores procesos de control y aprovechamiento del agua en su conjunto (Agua pluvial, subterránea, sanitaria, agrícola, potable, etc.).

4. Gestionar los recursos económicos y los apoyos necesarios para el logro de las metas planteadas y aceptadas por el consejo técnico-administrativo. Para este propósito deberá contarse con el apoyo decidido de las diferentes instituciones de gobierno, iniciativa privada y sociedad civil.

5. Construir las obras necesarias para el control, manejo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la región, mediante la aplicación de recursos económicos, para lo cual deberá contar con equipo y personal debidamente capacitado para la supervisión y seguimiento de los procesos constructivos.

6. Operar y dar mantenimiento, a las obras construidas mediante programas y recursos suficientes.

7. Administrar los bienes físicos y financieros, buscando autonomía en la generación de los recursos económicos requeridos para el sustento indefinido de esta organización.

8. Evaluar continuamente la dinámica del agua en su conjunto y su impacto en la sociedad, el medio ambiente, en el desarrollo económico, en la política, etcétera y prever los efectos que se tendrán a futuro con la aplicación de las prácticas de manejo actuales de los recursos hidráulicos.

9. Proponer nuevas tecnologías y alternativas que mejoren los esquemas actuales de control, manejo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la región.

10. Proporcionar servicios de asistencia técnica a los ciudadanos y al sector privado

11. Establecer los esquemas de comercialización de agua pluvial, mediante el acondicionamiento de las estructuras existentes y la recuperación de agua en los almacenamientos, permitiendo con ello el aprovechamiento directo del recurso en usos consuntivos.

12. Llevar a cabo la vigilancia y aplicación de las disposiciones reglamentarias, así como de las normas aplicables en la elaboración de proyectos y desarrollos urbanos, para dar seguridad a la población y cumplir con los preceptos conservación y uso racional del recurso agua.

Se puede resumir que este organismo, estaría encargado de las obras de drenaje pluvial, del tratamiento del agua pluvial, y de los estudios y proyectos necesarios como apoyo al abastecimiento de agua potable, captación, alejamiento, monitoreo y evaluación de las aguas pluviales infiltradas, aforos de aguas superficiales y subterráneas en aquellas áreas de infiltración, y el control e investigación de la calidad del agua pluvial, supervisión a desarrollos urbanos públicos y privados y adicionalmente de los servicios que pueda prestar al sector privado.

Este organismo, estaría encargado de las obras de drenaje pluvial, del tratamiento del agua pluvial, y de

Los estudios y proyectos necesarios como apoyo al abastecimiento de agua potable, captación, alejamiento, monitoreo y evaluación de las aguas pluviales infiltradas, aforos de aguas superficiales y subterráneas en aquellas áreas de infiltración, y el control e investigación de la calidad del agua pluvial.

IX.4.3.1.ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Independientemente de la fecha en que se considere establecer una oficina responsable para el manejo, operación y aprovechamiento de las aguas pluviales, así como del mantenimiento de las estructuras hidráulicas existentes, se enlistan a continuación los estudios y proyectos que se recomiendan sean elaborados en el corto plazo, debido a la importancia que revisten los mismos en la toma de decisiones y en lo particular para las acciones de control y seguridad inmediata para el buen resguardo de los bienes y personas de la población asentada en las zonas de riesgo:

- Evaluación de la problemática actual del drenaje pluvial y su impacto en la infraestructura urbana existente (Alcantarillado, vialidades, viviendas, etc.)
- Actualización de los cálculos de escurrimientos para cada cuenca, arroyo y afluentes y su impacto en las estructuras pluviales existentes, incluyendo un diagnóstico de la dinámica de los mismos.
- Definir los planes y programas necesarios para contar con un Plan Maestro Integral que incluya las obras requeridas, inversiones en monto y tiempo, beneficio / costo, impacto social, ambiental y urbano.
- Proyectos ejecutivos de la infraestructura requerida que incluye levantamientos físicos de campo, tenencia de la tierra, afectaciones, inversiones por obra requerida, tiempos de ejecución, costos de operación, mantenimiento y administración, normatividad técnica y legal, programas físicos y financieros de inversión y operación, gestión de recursos para la construcción de las obras.
- Evaluación amplia de los impactos que estos programas tendrán a corto, mediano y largo plazo en el medio ambiente, en la sociedad, en la estructura urbana actual, en el desarrollo económico, de la voluntad política, todo ello reflejado en el bienestar de las familias de la región, incluyendo zona urbana, semi – urbana y rural, esto último referido al Valle de Juárez principalmente.

IX.4.3.2. CONSTRUCCIÓN MEDIANTE IMPORTANCIA PRIORITARIA DE ESTRUCTURAS PLUVIALES.

La construcción de las obras que deriven hacia el control, manejo y aprovechamiento de las aguas pluviales se pueden priorizar de la siguiente manera:

- Minimizar riesgos a la población. Se necesita de la asignación inmediata de recursos para construir obras que reduzcan y/o eviten los daños que se registran año con año en la población, motivados por la falta de control de los escurrimientos pluviales. (Estas inversiones están descritas en este documento)
- Promover el crecimiento ordenado. Todas la Zonas de reserva y en especial las Zonas Sur, de Integración Ecológica y Oriente Zaragoza, consideradas por el nuevo Plan Director como aptas en la actualidad para el crecimiento urbano de la ciudad; deberán contar con los lineamientos generales para la construcción de la infraestructura básica, en donde se incluyan las estructuras requeridas para el control y aprovechamiento del agua pluvial y sanitarias después del tratamiento.
- Mejor aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Captación e infiltración de agua pluvial como fuente de recarga del acuífero; desalojo de volúmenes pluviales precipitados dentro de la zona urbana para su utilización en la recarga del acuífero o en terrenos de cultivo del Distrito de Riego 09 del Valle de Juárez; reuso de agua tratada; acciones de concientización en el uso adecuado del agua, tanto en los consumos de agua potable, industrial y comercial como en el sector agrícola de la región;
- Evaluación y monitoreo continuo de la dinámica del agua de la región, mediante el estudio estadístico de los balances hidrológicos, geohidrológicos y del uso del agua incluyendo su comportamiento y predicción ante las diferentes propuestas de solución planteadas

IX.4.3.3. OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ADMINISTRACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS ESTRUCTURAS DE CONTROL DE AGUAS PLUVIALES.

Los elementos relativos a la operación, mantenimiento y administración, son instrumentos fundamentales para el éxito del programa de manejo de las aguas pluviales, reiterando la necesidad de crear un departamento, instituto, o cualquier tipo de organismo descentralizado o encargado del manejo de las aguas pluviales.

La operación y mantenimiento requiere de la elaboración y promulgación de reglamentos y lineamientos, así como de especificaciones y normas técnicas claras y específicas para cada una de las estructuras pluviales, tales como los diques, vasos de retención, obras de infiltración, estructuras de entrada y salida, pozos de absorción, canales abiertos o cerrados, sitios de descarga, cauces etc.

El trabajo no solamente se refiere al manejo del agua durante las lluvias, sino también en el mantenimiento de las condiciones adecuadas durante la época de estiaje, como es la limpieza de cauces, vasos y estructuras, rehabilitación de taludes, cuidado de la vegetación, protección y vigilancia continua, etc. En algunos sitios, es posible que se incluya el tratamiento adicional de aguas residuales, como componente adicional al tratamiento que se obtiene de las plantas de tratamiento planeadas para tal efecto, en este caso, es necesario considerar un trabajo continuo de operación y mantenimiento de las estructuras designadas para ello, sin menoscabo de la comercialización del agua tratada, en cuyo caso debe respetarse la entidad responsable del manejo del agua en la ciudad.

Como recomendación adicional, es importante que el organismo que tenga a su cargo el manejo del agua pluvial, coordine algunas de sus operaciones con otras instituciones encargadas de llevar a cabo las predicciones climatológicas y la elaboración de los registros inherentes a las precipitaciones, con objeto de mantener una vigilancia permanente de los posibles eventos que puedan presentarse, previendo los impactos potenciales que se obtienen al recibir importantes volúmenes de agua.

De la misma manera es necesario que se lleven registros y verificaciones de los impactos positivos o negativos (daños), mediante la conducción de mediciones de agua escurrida, infiltrada y descargada a los diferentes cuerpos receptores, el monitoreo de la calidad del agua, tanto en los cauces como en los sitios de almacenamiento, infiltración y descarga final. Las acciones descritas son importantes para poder implementar nuevas y mejores acciones de control y aprovechamiento del agua pluvial, así como para diseñar nuevas estructuras de control, tanto en la zona urbana existente como en las nuevas áreas de crecimiento.

IX.4.3.4. FUENTES DE INGRESOS

Sus fuentes de ingresos pueden provenir de las siguientes alternativas:

- Comercialización de agua infiltrada recuperada (venta directa)
- Aportaciones de la JMAS por servicios de control y manejo de aguas pluviales que no ingresan a los sistemas de alcantarillado.
- Impuesto adicional por lote urbano (p. ej. Incluirlo en el impuesto predial) para edificaciones en zonas de alto riesgo, con objeto de contribuir al costo de mantenimiento y operación de las estructuras de control. Pago por adquisición, uso, desalojo de agua pluvial
- Ante la obligación de los desarrolladores urbanos a construir las obras necesarias para el control y manejo del agua pluvial en las zonas a desarrollar, la oficina o institución, podrá proporcionar el servicio de supervisión, de las obras de construcción y para casos particulares la administración y operación de las obras.

Prestación de servicios profesionales en materia de estudios hidrológicos y proyectos hidráulicos.

Asesorías y supervisión de obras y proyectos relacionados con el manejo de las aguas pluviales

Inspecciones y Sanciones

Mediante subsidios provenientes de recursos federales, estatales o municipales.

Créditos externos para la construcción de obras que puedan tener forma de recuperación de la inversión (p ej.- Tratamiento de agua pluvial para recarga del acuífero y aprovechamiento directo).

Buscar donaciones de instituciones adicionales o internacionales como apoyo al mejoramiento del entorno ambiental de la región.

Para asegurar la implementación de los proyectos de solución al drenaje pluvial y sanitario de la ciudad, se requiere además del respaldo amplio de las Instituciones ligadas a los tres niveles de gobierno, tales como JCAS, JMAS, IMIP, CILA, CFE, COCEF, Institutos Técnicos superiores como la UACJ, UACH, TEC, la iniciativa privada, propietarios de terrenos, urbanizadores, industriales, etc.) y Asociaciones Civiles como la Asociación Mexicana de Hidráulica, Cámara de la Construcción, Colegio de Ingenieros, etc.

El respaldo necesariamente debe incluir la aportación de información, propuestas de solución, participación activa en el avance de los Planes y Programas de Trabajo y la asignación o gestoría de recursos económicos para la elaboración de los estudios, proyectos e inversiones requeridas para lograr los objetivos propuestos, en conciencia de que son programas y proyectos de vital importancia para la ciudad, tanto en la solución actual de los problemas de inundaciones y prevención de riesgos, como para establecer un desarrollo planeado y bien sustentado hacia el crecimiento futuro de la ciudad.

IX.5 EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS PLUVIALES

Los procesos de cuidado y conservación del agua pluvial, constituyen un componente importante en el manejo del agua en general. En la implementación de acciones tendientes a favorecer los procesos naturales que inciden sobre el ciclo del agua, se ha concluido que una vez que las actividades antropogénicas y los asentamientos humanos que derivan de ello, impactan de manera importante las condiciones propias de equilibrio en que se encuentran los ecosistemas. Los asentamientos humanos y los procesos de

crecimiento urbano que se originan como parte del desarrollo natural de las ciudades, imprimen modificaciones importantes a los componentes de los ecosistemas, y en especial en los patrones de escurrimiento de las aguas de lluvia, al modificarse las características del suelo, su cobertura vegetal y los cauces a través de los cuales escurren los flujos provocados por las lluvias.

Otra de las grandes preocupaciones en este proceso de ocupación del suelo, es todo aquello que tiene que ver con la contaminación del suelo mismo, ya que los propios vecinos utilizan prácticas de disposición final de basuras y residuos de forma inadecuada, sin tomar en cuenta los impactos potenciales a las aguas pluviales.

Con el tiempo se han venido creando acciones y programas educativos tendientes a mitigar los impactos generados en este proceso de crecimiento de las ciudades, con el fin de apoyar la incorporación de tecnologías de manejo ambientalmente más adecuadas (Mejores Prácticas de Manejo (MPM's)), las cuales han auxiliado de manera importante a proteger y conservar no solo el entorno ambiental, el agua y su calidad, sino también los sistemas hidrogeológicos y de manera muy especial las estructuras hidráulicas.

Estos programas de Educación Ambiental, han tenido una gran contundencia, debido a que encaminan todos los esfuerzos a crear los mecanismos de convivencia con el medio natural y las obras hidráulicas.

El principal componente de este proceso educativo es la difusión de la información sobre los procesos que ocurren de manera natural en el ambiente y de dar a conocer los beneficios de contar con la infraestructura hidráulica como un instrumento de protección a la población.

Para el caso que nos ocupa, el del manejo y de la convivencia con los escurrimientos pluviales, la educación ambiental se convierte en un recurso de tremendo impacto no solo hacia el medio natural y la infraestructura hidráulica presente, sino para la sociedad misma. La vinculación de la población con los eventos representados por la lluvia, sus efectos en los asentamientos humanos y en los procesos naturales de escurrimiento, el

arrastre de todos los materiales que encuentra a su paso, los efectos de flujo ligados a los volúmenes que escurren y las velocidades que pueden alcanzar debido a las pendientes y los riesgos potenciales que representa esta acción mecánica del escurrimiento, la infiltración en el suelo y acumulación de los arrastres en las partes bajas, como de los efectos de concentración del agua, son solo algunos de los conceptos que deben ser comprendidos por la comunidad.

En la actualidad existen un increíble número de acciones que las comunidades mismas han ido creando para desarrollar programas de concientización que permitan influir en el comportamiento y actitudes que deben ser mostradas por la población respecto a las aguas pluviales y los procesos de conservación y protección del agua. El establecimiento de programas de educación en materia de agua pluvial, puede prevenir riesgos, auxiliar en las acciones para evitar la contaminación del agua, conservar los recursos naturales, apoyar acciones relacionadas con el control de los escurrimientos de agua pluvial como son la conservación de la estructura hidráulica creada para evitar riesgos a la población, ejercer presión para que los gobiernos establezcan programas más eficientes en materia de administración del agua y sobre todo que el esfuerzo entre las acciones generadas por las administraciones municipales se vean fortalecidas por la acción comunitaria.

El Plan Sectorial de Manejo de Aguas Pluvial para la ciudad, quedaría incompleto sin este importante componente social, y por lo tanto una de las estrategias que deben ser impulsadas es la correspondiente a la difusión de un mayor conocimiento sobre las aguas pluviales, de su manejo y sus efectos en la sobre la población. No es fácil hacer entender a todos, de la importancia de las aguas pluviales, sobre todo porque esto implica en más de las ocasiones la modificación del comportamiento de una comunidad asentada en una zona desértica y que poco asocia la lluvia con sus actividades.

Uno de los principales problemas es el generado por la propia actuación de las autoridades, las cuales han dado a lo largo de los años poca importancia al manejo de las aguas producto de la lluvia, sus escurrimientos y los efectos de los mismos, debido a que solo se presentan de manera estacional y en periodos muy cortos. Así los procesos

de planificación del desarrollo urbano, se han venido dando a lo largo de los años sin una planificación hidrológica, lo que ha fomentado y generado graves problemas en materia de inundaciones y en el menor de los casos encharcamientos que perturban y desquician todas las actividades socioeconómicas de la población.

En materia de riesgo a la población, este es uno de los principales factores que incide de manera permanente y obligada en cuanto se presentan las tormentas y que han costado un importante número de vidas, sobre todo en aquellas zonas marginadas en que la infraestructura hidráulica no ha sido lo suficientemente eficaz para controlar los flujos caudalosos que bajan de la Sierra.

El desconocimiento de los propios desarrolladores de llevar a cabo diseños de planeación hidráulica en los fraccionamientos y otros desarrollos ha acrecentado el riesgo para la población que ahí se llega a asentar.

Estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua, reflejan objetivamente el análisis de la problemática que se presenta en la ciudad, la cual fue respaldada por investigaciones de campo y de gabinete, así como históricas sobre los hechos acontecidos en la ciudad durante los diferentes eventos de lluvia y las repercusiones de la falta de atención y planeación.

Para el desarrollo de programas dirigidos a la población es necesario el involucramiento de las autoridades locales, estatales y federales, ya que es responsabilidad compartida el manejo de las aguas de lluvia, de acuerdo con las leyes que nos rigen.

Dependencias como las Direcciones Generales de Ecología y Protección Civil, Obras Públicas, Desarrollo Social, Servicios Públicos, así como el Consejo Municipal de Ecología en el caso del Municipio, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, la Junta Municipal de Agua y Saneamiento como dependencias del Gobierno del Estado, así como las Secretarías de Desarrollo Social, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Gobernación en la esfera

Federal, y por supuesto la Secretaría de Educación Pública de todos los niveles de gobierno entre otras, tienen una ingerencia sobre el manejo de este recurso.

En el caso de las Organizaciones de la Sociedad Civil, estas representan siempre un sector comprometido con la propia sociedad de la cual emergen, distinguiéndose en el medio local algunas organizaciones que pueden participar como Aqua 21, Proyecto del Río, Organización Popular Independiente, Sociedad Regional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, etc.

Los programas de educación ambiental se encuentran siempre íntimamente ligados al agua, y por lo tanto el agua pluvial y los escurrimientos que generan son una parte importante y obligada para las acciones que se contemplan en materia de educación ambiental. Sin embargo es menester establecer líneas de acción dedicadas únicamente al tema del agua pluvial, ya que no solo comprende modificar actitudes y costumbres de la población, sino también prácticas de manejo apropiadas, en las cuales la autoridad y la población deben ser actores vinculados.

El primer concepto que debe ser difundido y explicado a la población es el término de Agua Pluvial, lo que este describe y las actividades que se relacionan con él. Este término es muy amplio y debe ser definido en todos los órdenes, pero con especial énfasis en el contexto local. La conceptualización tiene muchas variantes debido a que participa en infinidad de procesos en los distintos ecosistemas y de manera directa con las características fisiográficas de las cuencas hidrológicas y su posición geográfica.

Para llevar a cabo las acciones de educación, se presentan a continuación algunas propuestas que pueden ser contempladas:

- Desarrollar materiales didácticos dirigidos a los maestros y a los promotores de las organizaciones dedicadas a la educación ambiental.

- Elaborar de folletos con información de las estructuras hidráulicas de control, tales como diques, bordos, etc., y de la importancia que tienen estos para evitar daños a las personas y la población en general.
- Elaborar manuales que describan las actividades propias que deben llevar a cabo los vecinos enclavados en las inmediaciones de cauces de arroyos, presas, diques, bordos, etc., para que sepan como coexistir con ellos y las medidas de protección y conservación que se requieren para que no les generen problemas de ninguna índole.
- Organizar reuniones con vecinos para mostrarles los beneficios de las obras y estructuras hidráulicas.
- Organizar comités de apoyo para evitar la contaminación de los escurrimientos pluviales.
- Establecer mecanismos de comunicación con las autoridades de Ecología y Protección Civil para el cuidado de las obras y estructuras de control.
- Llevar a cabo seminarios para la capacitación de la población en materia de que hacer en caso de inundaciones.
- Desarrollar programas de capacitación para quienes se dedican a la administración del Desarrollo Urbano, para que conozcan de la importancia que tiene el manejo de las aguas pluviales en la planeación de la ciudad.
- Organizar de manera conjunta el Municipio y el Sector Inmobiliario, cursos sobre Planificación Pluvial Hidrológicamente Sustentable.
- Elaborar Programas para fomentar el aprovechamiento de las aguas pluviales.
- Desarrollar Planes y Programas de información sobre manejo de las aguas pluviales con todos los sectores de la población.

GLOSARIO

"Aguas Nacionales": Son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;

"Acuífero": Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo;

"Aguas claras" o "Aguas de primer uso": Aquellas provenientes de distintas fuentes naturales y de almacenamientos artificiales que no han sido objeto de uso previo alguno;

"Aguas del subsuelo": Aquellas aguas nacionales existentes debajo de la superficie terrestre;

"Aguas marinas": Se refiere a las aguas en zonas marinas;

"Aguas Residuales": Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas;

"Aprovechamiento": Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma;

"Asignación": Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para realizar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, a los municipios, a los estados o al Distrito Federal, destinadas a los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico;

"Bienes Públicos Inherentes": Aquellos que se mencionan en el Artículo 113 de esta Ley;

"Capacidad de Carga": Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico;

"Cauce de una corriente": El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento; en los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se

concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. Para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad;

"Comisión Nacional del Agua": Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de Derecho Público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad que conforme a esta Ley corresponde tanto a ésta como a los órganos de autoridad a que la misma se refiere;

"Concesión": Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación;

"Condiciones Particulares de Descarga": El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la presente Ley y los reglamentos derivados de ella;

"Consejo de Cuenca": Órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre "la Comisión", incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica;

"Cuenca Hidrológica": Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas.

Para fines de este Plan Sectorial se considera como:

"Región hidrológica": Area territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados, Distrito Federal y municipios. Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico - administrativa, y

"Región Hidrológico - Administrativa": Area territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos y el municipio representa, como en otros instrumentos jurídicos, la unidad mínima de gestión administrativa en el país;

"Cuerpo receptor": La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos;

"Cuota de Autosuficiencia": Es aquella destinada a recuperar los costos derivados de la operación, conservación y mantenimiento de las obras de infraestructura hidráulica, instalaciones diversas y de las zonas de riego, así como los costos incurridos en las inversiones en infraestructura, mecanismos y equipo, incluyendo su mejoramiento, rehabilitación y reemplazo. Las cuotas de autosuficiencia no son de naturaleza fiscal y normalmente son cubiertas por los usuarios de riego o regantes, en los distritos, unidades y sistemas de riego, en las juntas de agua con fines agropecuarios y en otras formas asociativas empleadas para aprovechar aguas nacionales en el riego agrícola; las cuotas de autosuficiencia en distritos y unidades de temporal son de naturaleza y características similares a las de riego, en materia de infraestructura de temporal, incluyendo su operación, conservación y mantenimiento y las inversiones inherentes;

"Cuota Natural de Renovación de las Aguas": El volumen de agua renovable anualmente en una cuenca hidrológica o en un cuerpo de aguas del subsuelo;

"Delimitación de cauce y zona federal": Trabajos y estudios topográficos, batimétricos, fotogramétricos, hidrológicos e hidráulicos, necesarios para la determinación de los límites del cauce y la zona federal;

"Desarrollo sustentable": En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras;

"Descarga": La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor;

"Disponibilidad media anual de aguas superficiales": En una cuenca hidrológica, es el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen medio anual actual comprometido aguas abajo;

"Disponibilidad media anual de aguas del subsuelo": En una unidad hidrogeológica -entendida ésta como el conjunto de estratos geológicos hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas-, es el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de esa unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas;

"Distrito de Riego": Es el establecido mediante Decreto Presidencial, el cual está conformado por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego, el cual cuenta con las obras de infraestructura hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego;

"Distrito de Temporal Tecnificado": Área geográfica destinada normalmente a las actividades agrícolas que no cuenta con infraestructura de riego, en la cual mediante el uso de diversas técnicas y obras, se aminoran los daños a la producción por causa de ocurrencia de lluvias fuertes y prolongadas -éstos también denominados Distritos de Drenaje- o en condiciones de escasez, se aprovecha con mayor eficiencia la lluvia y la humedad en los terrenos agrícolas; el distrito de temporal tecnificado está integrado por unidades de temporal;

"Estero": Terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia o por desbordes de una corriente, o una laguna cercana o por el mar;

"Explotación": Aplicación del agua en actividades encaminadas a extraer elementos químicos u orgánicos disueltos en la misma, después de las cuales es retornada a su fuente original sin consumo significativo;

"Gestión del Agua": Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio

ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua;

"Gestión Integrada de los Recursos Hídricos": Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de esta Ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque;

"Humedales": Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos;

"La Comisión": La Comisión Nacional del Agua;

"La Ley": Ley de Aguas Nacionales;

"La Procuraduría": La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente;

"La Secretaría": La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales;

"Los Consejos": Los Consejos de Cuenca;

"Los Organismos": Los Organismos de Cuenca;

"Materiales Pétreos": Materiales tales como arena, grava, piedra y/o cualquier otro tipo de material utilizado en la construcción, que sea extraído de un vaso, cauce o de cualesquiera otros bienes señalados en Artículo 113 de esta Ley;

"Normas Oficiales Mexicanas": Aquellas expedidas por "la Secretaría", en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales a los que se refiere el Artículo 113 de esta Ley;

"Organismo de Cuenca": Unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al Titular de "la Comisión", cuyas atribuciones se establecen en la presente Ley y sus reglamentos, y cuyos recursos y presupuesto específicos son determinados por "la Comisión";

"Programa Hídrico de la Cuenca": Documento en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable en la cuenca correspondiente y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos;

"Registro Público de Derechos de Agua": (REPDA) Registro que proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos;

"Rescate": Acto emitido por el Ejecutivo Federal por causas de utilidad pública o interés público, mediante la declaratoria correspondiente, para extinguir:

- a. Concesiones o asignaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de Aguas Nacionales, de sus bienes públicos inherentes, o
- b. Concesiones para construir, equipar, operar, conservar, mantener, rehabilitar y ampliar infraestructura hidráulica federal y la prestación de los servicios respectivos;

"Reúso": La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo;

"Ribera o Zona Federal": Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad;

"Río": Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar;

"Servicios Ambientales": Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad; para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales;

"Sistema de Agua Potable y Alcantarillado": Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales;

"Unidad de Riego": Area agrícola que cuenta con infraestructura y sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie que aquél; puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalojo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola;

"Uso": Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso;

"Uso Agrícola": La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial;

"Uso Ambiental" o "Uso para conservación ecológica": El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema;

"Uso Consuntivo": El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo;

"Uso Doméstico": La aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;

"Uso en acuicultura": La aplicación de aguas nacionales para el cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas;

"Uso industrial": La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación;

"Uso Pecuario": La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial; no incluye el riego de pastizales;

"Uso Público Urbano": La aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos, a través de la red municipal;

"Vaso de lago, laguna o estero": El depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria;

"Zona de Protección": La faja de terreno inmediata a las presas, estructuras hidráulicas y otra infraestructura hidráulica e instalaciones conexas, cuando dichas obras sean de propiedad nacional, en la extensión que en cada caso fije "la Comisión" o el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para su protección y adecuada operación, conservación y vigilancia, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley;

"Zona reglamentada": Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, que por sus características de deterioro, desequilibrio hidrológico, riesgos o daños a cuerpos de agua o al medio ambiente, fragilidad de los ecosistemas vitales, sobreexplotación, así como para su reordenamiento y restauración, requieren un manejo hídrico específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica;

"Zona de reserva": Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, en las cuales se establecen limitaciones en la explotación, uso o aprovechamiento de una porción o la totalidad de las aguas disponibles, con la finalidad de prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservación o preservación o cuando el Estado resuelva explotar dichas aguas por causa de utilidad pública;

"Zona de veda": Aquellas áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos, en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y éstos se controlan mediante reglamentos específicos, en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos,