



# AGUA

GUÍA DE AGUA Y  
CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE



FUNDACIÓN  
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

**AGUA.org.mx**

Centro Virtual de Información del Agua



FONDO PARA  
LA COMUNICACIÓN  
Y LA EDUCACIÓN  
AMBIENTAL, A.C.



## **Autor**

Eduardo León Garza

## **Coordinación Editorial**

Teresa Gutiérrez Mercadillo y Gerardo Noria

## **Diseño y formación**

Renata Dávila Strozzi

Edición 2008

Derechos en trámite

## **Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental AC**

Torrente 115

Las Águilas

CP 01710

México DF

*Se recomienda la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier método, incluyendo el fotocopiado, esperando que con esto se promueva el aprovechamiento sustentable de nuestros recursos.*



## **PRESENTACIÓN**

El Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C., se complace en presentar la **Guía “Agua y Construcción Sustentable”**, material de consulta y apoyo técnico dirigido principalmente a inversionistas, constructores de vivienda, urbanistas, ingenieros, arquitectos, técnicos y en general a toda persona ligada directa o indirectamente a la construcción de inmuebles.

La viabilidad de las ciudades, con todo lo que ello implica: abastecimiento de agua potable, suministro de energía e insumos, manejo de residuos, control de contaminación auditiva, planeación y diseño de espacios abiertos privados o compartidos, seguridad estructural, vialidad y otros servicios, dependerá de la rápida adopción de una visión sustentable de lo urbano que incluya tecnologías de bajo impacto en el entorno, es decir, de la aplicación de ecotécnicas en la construcción.

La presente guía es una propuesta orientada a la sustentabilidad. Dado que México es un país donde caen 1500 kilómetros cúbicos de lluvia al año y donde se trata apenas el 15% del agua residual en promedio, este sistema de captación de agua de lluvia, reciclaje y tratamiento de las aguas residuales es una alternativa para resolver la demanda de este recurso de manera sencilla y barata.

El Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C., agradece a la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. el financiamiento para la realización y difusión de esta guía a través de [www.agua.org.mx](http://www.agua.org.mx) y a todas las personas y organizaciones que comparten el compromiso por desarrollar una cultura ambiental sustentable.

# GUÍA DE AGUA Y CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

## CONTENIDOS

### 1. Información general legal, de regulación, de planeación y de administración del agua

- Constitución de los Estados Unidos Mexicanos..... 7
- Ley de Aguas Nacionales..... 7
- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua..... 8
- Reglamentos de construcción..... 8
- El ciclo hidrológico, la planeación y desarrollo de acuerdo a la disponibilidad de agua en las cuencas. Dominación contra sustentabilidad. El concepto de Descarga Cero..... 8
- Financiamiento e incentivos. Programas de apoyo tecnológico. Pago de servicios ambientales. Protocolo de Kyoto, Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), Código de Edificación Sustentable e Hipotecas Verdes..... 9

### 2. Captación, control, almacenaje y aprovechamiento del agua de lluvia junto con la fuente de abasto en el sitio para proporcionar los servicios de primer uso

- Disponibilidad del agua de lluvia..... 12
- Calidad del agua de lluvia..... 13
- Diseño de mecanismos que controlen el agua de lluvia durante fenómenos extraordinarios..... 13
- Mecanismos de captación, control y almacenaje en áreas rurales y urbanas..... 14

- Mecanismos de filtración y purificación de agua de lluvia..... 15
- Suministro de faltantes y disposición de excedentes..... 16

### **3 Manejo, tratamiento y reciclaje de aguas jabonosas en servicios de limpieza, principalmente para alimentación de WC y mingitorios**

- Mecanismo de tratamiento de agua de jabón para su uso en servicios de limpieza..... 17
- Equipos y procesos de separación, oxidación y desinfección de aguas jabonosas..... 17
- Suministro de faltantes y disposición de excedentes..... 18

### **04 Manejo, tratamiento y reciclaje de aguas producto de WC y mingitorios para su aprovechamiento en el riego de áreas verdes**

- Mecanismo de tratamiento de aguas producto del servicio de WC y mingitorios para su uso en el riego de áreas verdes..... 19
- Equipos y procesos de separación, oxidación y desinfección de aguas producto del servicio de inodoros y mingitorios..... 20
- Suministro de faltantes y disposición de excedentes..... 20

### **5. Manejo de excedentes de agua (de lluvia, tratada de jabón y tratada de WC y mingitorios) para la recarga de mantos freáticos y acuíferos**

- Pozos de absorción para la recarga de mantos freáticos y acuíferos..... 22
- Pozos de infiltración a mantos acuíferos..... 23
- Zanjas ciegas y drenes de absorción..... 23

# *Información general legal, de regulación, de planeación y de administración del agua*

**Legislación y reglamentos. Constitución de los Estados Unidos Mexicanos. Ley Aguas Nacionales. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Reglamentos de Construcción.**

## **Constitución de los Estados Unidos Mexicanos**

El artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos determina que la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde a la nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada. Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización. La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

Las aguas del subsuelo pueden ser utilizadas libremente mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno. Sin embargo, cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y

utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las aguas superficiales de propiedad nacional.

**El dominio de la nación es inalienable e imprescriptible, y la explotación, el uso o el aprovechamiento de las aguas nacionales** por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes.

## **Ley de Aguas Nacionales**

Esta ley es reglamentaria del artículo 27, de observancia general en todo el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo.

Da autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes al Ejecutivo Federal, quien la ejerce a través de la Comisión Nacional del Agua.



## **Ley Federal de Derechos en Materia de Agua**

Establece los derechos que se pagarán por el uso o aprovechamiento de los bienes del dominio público de la Nación, derechos relacionados con el costo total del servicio - incluso el financiero- salvo en el caso de uso agrícola y pecuario, que se subsidia.

### **Reglamentos de construcción**

Establecen las dotaciones mínimas requeridas para diferentes tipos de inmuebles y servicios y reglamentan la descarga de aguas residuales. Cada Estado de la República Mexicana tiene su propio reglamento; para el Distrito Federal rige el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

### **El ciclo hidrológico, la planeación y desarrollo de acuerdo a la disponibilidad de agua en las cuencas. Dominación contra sustentabilidad.** **El concepto de *Descarga Cero***

El desarrollo integral sustentable, mencionado en la Ley de Aguas Nacionales, tiene que ver con el conocimiento del ciclo hidrológico, con la planeación y desarrollo de acuerdo a la disponibilidad de agua. Se refiere a lograr el equilibrio de los recursos hidrológicos de una cuenca tomando en cuenta el escurrimiento natural y el número de habitantes sin que disminuya la cantidad y calidad del agua. Esto no sucede en los centros urbanos donde la extracción de agua subterránea es superior a la infiltración, no hay captación de escurrimientos y en general el saneamiento

es nulo o ineficiente. Todo ello resulta en una marcada tendencia al déficit en la cantidad y calidad disponible.

Lo anterior tiene su origen en el enfoque que se ha dado a la ciencia y la tecnología con el propósito de conocer a la Naturaleza para dominarla y someterla al servicio del hombre. Si bien el enfoque de la dominación ha otorgado bienestar a un amplio sector de la población en el pasado, actualmente está en crisis, pasando facturas con muy altos costos que se vislumbran impagables para las generaciones futuras. Esto contrasta con el enfoque de la sostenibilidad o sustentabilidad, humilde y sabio, cuyo objetivo es el conocimiento de la Naturaleza para el desarrollo de proyectos armónicos que no la impacten, faciliten su trabajo y permitan al ser humano confundirse en ella.

La mayor parte de los proyectos en materia de agua y saneamiento del país se ha realizado bajo el esquema de la dominación: nos han enseñado y hemos aprendido a tratar de dominar a la Naturaleza para ponerla al servicio del hombre.

Realizamos obras hidráulicas, no hidrológicas, que algunos califican como hazañas de lo absurdo por lo costoso de la inversión, operación y disposición final; un ejemplo es el Sistema Cutzamala del cuál seguimos arrastrando lastres económicos, impactos ambientales de consideración a nivel de cuenca hidrológica y potenciales conflictos sociales y políticos con las comunidades mazahuas asentadas en la zona de captación.

El concepto de descarga CERO se inserta en el ciclo hidrológico sin alterarlo. Aprovecha la precipitación pluvial producto del proceso natural de purificación por evaporación en todo tipo de servicios, teniendo el cuidado de separar las descargas por tipo de contaminante, tratarlas por separado mediante el mecanismo natural idóneo para su reuso y/o reciclaje o para terminar de insertarse en el ciclo hidrológico en la infiltración para recarga de mantos o el seguimiento del cauce natural de la cuenca. El concepto de descarga Cero satisface plenamente el manejo sustentable del agua en términos de la Ley de Aguas Nacionales y la preservación del agua en calidad y cantidad.

## **Financiamiento e incentivos. Programas de apoyo tecnológico. Pago de servicios ambientales. Protocolo de Kyoto, Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), Código de Edificación Sustentable e Hipotecas Verdes**

El fideicomiso para Ahorro de Energía (FIDE), otorga financiamiento a la industria, a las empresas de comercio y servicio, a las viviendas y a los municipios en la adquisición de equipos eficientes que sustituyan a los ineficientes. La aplicación de los incentivos económicos vigentes con propósitos ambientales es un camino apenas iniciado en nuestro país. Sin embargo, existen ya en operación algunos de ellos promovidos por la SEMARNAT, con la participación de SHCP y SECOFI. En la actualidad están vigentes dos incentivos fiscales que tienen como objetivo principal apoyar la instalación de infraestructura que se traduzca en beneficio ambiental.

1. *Depreciación Acelerada.* La Secretaría de Hacienda y Crédito Público ofrece el estímulo de depreciación acelerada a los empresarios que adquieran como inversión nueva activos fijos que reporten beneficio ambiental. Con este incentivo se da oportunidad a las empresas industriales de deducir en un solo año el monto de sus activos, con la consecuente disminución de la base sobre la que se grava el impuesto sobre la renta.

2. *Arancel cero.* Cuando las industrias adquieran en el extranjero equipo de monitoreo, control, o prevención de la contaminación, podrán importarlo sin pago de aranceles. El arancel cero se otorga a la importación de equipo cuya inversión, ajustándose a los lineamientos establecidos por SECOFI y SEMARNAT, reporte un beneficio ambiental y no se produzca competitivamente en México.

Existe un programa a través de CONACYT y SEMARNAT para el apoyo a proyectos innovadores con propósitos ambientales que, aplicado en vivienda, otorga estímulos económicos a los desarrolladores. Sin embargo, como otros programas de apoyo, éste no se ha consolidado lo suficiente para que algún desarrollador haya logrado beneficiarse de él.

El protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es un instrumento internacional que tiene por objeto reducir las emisiones de los gases generadores del calentamiento global en un porcentaje aproximado al 5%, dentro del período que va del 2008 al 2012, en comparación a las emisiones 1990. Esto significa que, considerando las emisiones de 1990 como el 100%, al término del 2012 deberán ser 95%.

Es preciso señalar que 5% es un porcentaje global y cada país obligado por Kyoto tiene sus propios porcentajes.

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados acordaron, en la ciudad de Kyoto, ejecutar un conjunto de medidas para reducir el efecto invernadero. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005 y, además del compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por parte de los países industrializados (países del Anexo I), promovió también la generación de un desarrollo sostenible a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Este mecanismo permite que las empresas de los países en desarrollo (países del Anexo II) tengan acceso a incentivos económicos al contribuir a la mejora de la calidad ambiental, mediante procesos productivos que disminuyan las emisiones de GEI medidas en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, que se traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER).

Un CER equivale a una tonelada de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir a la atmósfera y puede ser vendido en el mercado de carbono a los países del Anexo I. Todos los proyectos que eviten la generación de GEI, los de generación de energía renovable, mejoramiento de la eficiencia energética en procesos, forestación, etc., son aplicables para su certificación.

El Sistema Integral de Abasto y Saneamiento de Agua con Descarga CERO, (SIASA0) es el MDL que menos CO<sub>2</sub> produce al otorgar abasto y saneamiento de agua; por lo tanto, es aplicable para su registro y certificación. La CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía) es una organización

gubernamental, cuya misión es promover el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos, renovables y no renovables, en los sectores público, privado y social.

*Las funciones básicas de la CONAE son:*

- 1.- Elaboración y aplicación de Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética.
- 2.- Asistencia técnica.
- 3.- Diseño y desarrollo de programas de gran alcance.
- 4.- Promoción.

*Entre los logros obtenidos con estos programas están:*

- Reducción por 12,650 millones de Kw/h, superior al consumo eléctrico de todo el Estado de Jalisco en el 2004.
- Más de 2,200 MW de demanda diferida, con un valor de más de 20,000 millones de pesos.
- Ahorros en el consumo de combustibles del orden de 8.5 millones de barriles de petróleo, equivalentes a dos días de producción nacional.
- Emisiones evitadas de más de 12 millones de toneladas de contaminantes equivalentes de CO<sub>2</sub>.
- Más de 500 diagnósticos energéticos realizados en el alumbrado público y/o bombeo de agua de cientos de municipios.
- Coordinación con los gobiernos de todos los estados de la República y del Distrito Federal en materia de eficiencia energética y ahorro de energía.
- Capacitación de más de 26 mil funcionarios responsables de la operación y mantenimiento de instalaciones.

La construcción de vivienda verde o sustentable en México ya es una realidad. La Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI), el Infonavit, la Sociedad Hipotecaria Federal, la Canadevi y las sofoles, están diseñando códigos de construcción, viviendas y productos hipotecarios enfocados en la sustentabilidad.

Una vivienda verde ahorra cuando menos 30% de luz, 50% de gas y 60% de agua sin modificar sustancialmente la inversión, por lo que la construcción sustentable no es sólo para las sociedades ricas, sino para todas. En éste sentido, los proyectos de vivienda alcanzan con facilidad el doble objetivo: la factibilidad de servicios y la operación más económica y por lo tanto la más rentable.

La Conavi recién presentó el Código de Edificación Sustentable, donde se proponen incentivos para impulsar la vivienda verde y, junto con el Infonavit, el programa Hipoteca Verde, con la firma de varios convenios con la Comisión Nacional del Agua (CNA), el Instituto Nacional de Ecología, la UNAM, CONAE y FIDE, para detonar el uso de ecotecnologías en la vivienda. Para impulsar este programa de hipotecas verdes, el Infonavit se comprometió a otorgar 800 mil financiamientos en los próximos 5 años, el derechohabiente que adquiera una vivienda sustentable tendrá un préstamo adicional de 16 mil pesos. El abanico de aplicación de estos programas se extenderá a todo tipo de vivienda.

El primer proyecto en el Distrito Federal que aprovecha los incentivos de las hipotecas verdes inició su construcción en enero de 2008. Se trata del proyecto INVIGEO Aldana, en Azcapotzalco. Diseñado bajo el concepto de descarga CERO, logra el aprovechamiento directo del agua de lluvia de los techos del conjunto, la potabilización del agua para beber y preparar alimentos, el reuso del cien por ciento de las aguas que se tratan en el sitio, la recarga de mantos freáticos de los excedentes de agua de lluvia y agua tratada no aprovechados, el uso por vivienda de calentadores solares y de celdas fotovoltaicas en la iluminación de áreas comunes.

Si requieren mayor información sobre los apoyos para los constructores favor de consultar a las siguientes páginas de Internet:

- Dirección General para el Desarrollo Ambiental (SEMARNAT, SHCP y SECOFI) [www.ine.gob.mx/dgra/econ\\_amb](http://www.ine.gob.mx/dgra/econ_amb)
- Comisión Nacional para el Desarrollo de Energía. (CONAE) [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (CONACYT) [www.conacyt.mx](http://www.conacyt.mx)
- Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) [www.conavi.org.mx](http://www.conavi.org.mx)
- Instituto del Fondo Nacional para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT) [www.infonavit.org.mx](http://www.infonavit.org.mx)

# Captación, control, almacenaje y aprovechamiento del agua de lluvia junto con la fuente de abasto en el sitio para proporcionar los servicios de primer uso

## Disponibilidad del agua de lluvia

El agua de lluvia disponible es aquella que escurre y puede aprovecharse.

Para que escurra es necesario que la superficie sea impermeable o que el caudal de la precipitación rebase la capacidad de absorción del suelo.

El potencial aprovechable es igual a la precipitación anual promedio, que para el Distrito Federal es de 705 mm. Esto significa que, en un suelo impermeable y en ausencia de evaporación el nivel de inundación alcanzaría 705 mm., que equivalen a 70.5 cm. o 0.705 m. De lo anterior se desprende que sobre un techo impermeable de 100 metros cuadrados (10 m x 10 m) escurren, cada temporal:

$$100 \text{ m}^2 \times 0.705 \text{ m} = \dots\dots\dots 70.5 \text{ m}^3 = 70,500 \text{ l.}$$

Que, divididos entre los 140 días que dura el temporal, otorga:

$$70,500 \text{ l.} / 140 \text{ días} = \dots\dots\dots 503.6 \text{ l./día}$$

Muchas familias no disponen de este caudal, sobre todo en el oriente y las partes altas del sur del DF donde el abasto se realiza con pipas. En Iztapalapa, 600,000 habitantes reciben diariamente 500 pipas de agua con capacidad de 10,000 litros, lo que arroja una dotación de:

$$500 \text{ pipas} \times 10,000 \text{ l.} / 600,000 \text{ habitantes} = 8.33 \text{ l./hab.}$$

Cantidad muy inferior a la que consigna el reglamento de construcciones para el DF: 150 l./hab. al interior de la vivienda.

El potencial aprovechable para el Distrito Federal, con precipitación promedio de  $0.705 \text{ m}^3/\text{m}^2$  y una superficie de casi 1,500 millones de metros cuadrados, para alrededor de 9 millones de habitantes, otorga una disponibilidad potencial de:

$$0.705 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 1,500 \text{ millones de m}^2 / 9 \text{ millones hab.} = .117.5 \text{ m}^3/\text{hab./año}$$

Cantidad que expresada en litros por día, arroja:

$$117,500 \text{ l./hab./año} / 365 \text{ días/año} = 322 \text{ l./hab./día}$$

Este caudal es 2.15 veces mayor al consignado en el reglamento de construcciones para el Distrito Federal: 150 l./hab./día.

Por otra parte, los caudales que abastecen al Distrito Federal suman  $35.1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , volumen que incluye:  $20.1 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de las extracciones del acuífero en el Valle de México,  $5 \text{ m}^3/\text{seg.}$  del Valle de Lerma y  $10 \text{ m}^3/\text{seg.}$  del Cutzamala, para servir a la población del Distrito Federal, resultando:

$35.1 \text{ m}^3/\text{seg.} \times 86,400\text{seg./día} / 9 \text{ millones hab.} = 0.337\text{m}^3/\text{hab./día}$

Caudal que expresado en litros resulta =  
337 l./hab./día

Este caudal es ligeramente mayor al potencial de aprovechamiento del agua de lluvia, incluye 50% de pérdidas y clandestinaje en la red primaria; las tomas domiciliarias sólo reciben el resto. De la mitad recibida, al interior de la vivienda la pérdida es de 40%, que representa el 20% del total inyectado a la red. La pérdida total del sistema de distribución y consumo de agua en la Ciudad de México es de 70%, lo que representa:

$337 \text{ l./hab./día} \times 0.7 = 235.9 \text{ l./hab./día}$

y el consumo real promedio es de:

$337 \text{ l./hab./día} - 235.9 \text{ l./hab./día} = 101.1 \text{ l./hab./día}$

## Calidad del agua de lluvia

El agua es el solvente universal, se contamina de casi todo lo que toca.

El agua más pura es la que proviene de la evaporación natural, al condensarse es H<sub>2</sub>O, agua pura producto del proceso natural de evaporación y condensación.

Sin embargo, el agua de lluvia no es totalmente pura; en la atmósfera se contamina de los elementos que en ella se encuentran: 79% de nitrógeno, 21% de oxígeno y en menor cantidad otros gases o contaminantes naturales y/o producto de la actividad humana. Debido a su contenido de nitrógeno y oxígeno, las plantas y vegetales que la reciben como riego natural adquieren un verde oscuro y un desarrollo vigoroso.

Por contaminación de la atmósfera se forma la lluvia ácida, producto de las emanaciones industriales y de los vehículos automotores en los grandes centros urbanos. Sin embargo, su volumen es pequeño en comparación con el de la atmósfera, donde se diluye por su constante dinamismo, de manera que el escurrimiento de lluvia ácida sobre los predios de la ciudad resulta muy escaso. Además, en el caso extremo de beberla, sus efectos serían menores a los del agua de naranja o de limón.

## Diseño de mecanismos que controlen el agua de lluvia durante fenómenos extraordinarios

Cada vez y con más frecuencia durante el temporal se presentan, en las grandes ciudades del país, inundaciones asociadas:

- a fenómenos naturales de precipitación pluvial extraordinaria,
- a la falta de mecanismos que los controlen, y
- al incremento del área impermeable de las ciudades: el escurrimiento llega a drenajes de aguas residuales que no fueron diseñados para estos grandes caudales y causa daños en salud pública, bienes materiales y eficiencia de las plantas de tratamiento.

La solución idónea es la captación individual por inmueble, de manera que el mecanismo de captación incluya en su diseño el control del evento extraordinario, que se presenta cuando menos una vez en cada temporal, para su aprovechamiento y la canalización de excedentes a la recarga natural de mantos freáticos y acuíferos.

Para la ciudad de México, donde un evento extraordinario de 50 litros por metro cuadrado hora se presenta cuando menos una vez en cada temporal, el volumen por controlar resulta del producto de:

$$50 \text{ l./m}^2/\text{hr.} \times \text{cada } 100\text{m}^2 = 5,000 \text{ l./hr.} = 5\text{m}^3/\text{hr.}$$

Esto indica que por cada 100m<sup>2</sup> del área expuesta a la precipitación será necesario almacenar 5,000 litros en una cisterna con vertedor a pozo de absorción.

## **Mecanismos de captación, control y almacenaje en áreas rurales y urbanas**

Para poder captar agua de lluvia es necesario que las superficies expuestas a la precipitación pluvial permitan su escurrimiento, ya sea por que la superficie es impermeable o porque su capacidad de absorción es inferior a la de infiltración en terrenos con pendiente.

En los centros urbanos, las áreas expuestas a la lluvia son mayoritariamente impermeables (techos y pavimentos), por lo que la captación se puede realizar con inversiones relativamente pequeñas. La conducción de los escurrimientos a los cuerpos de almacenaje se efectúa por medio canalones en techos, tuberías de lámina y/o PVC y canaletas con o sin rejillas en los pisos.

En el campo, los techos otorgan escurrimientos muy limpios, a diferencia de los del suelo que escurren arrastrando contaminantes que se desprenden por el flujo.

En este caso será necesario diseñar mecanismos que eviten aguas broncas, erosión y permitan que los caudales lleguen mansamente al cuerpo de almacenaje.

Para todos los casos resulta conveniente diseñar desnatadores sedimentadores con tubos y conexiones de PVC que eliminen la mayor parte de los materiales arrastrados, para recibir en el cuerpo de almacenaje agua libre de partículas en suspensión.

Para las captaciones de techo, el tinaco de servicio se puede colocar donde desemboca el canalón, de manera que la alimentación a los puntos de consumo se realice por gravedad y sin consumo de energía; los excedentes deben conducirse a una cisterna general. La capacidad de la cisterna general dependerá de:

- La reserva de almacenaje determinada por el reglamento de construcción vigente, que para el Distrito Federal es de tres días del consumo diario. Este volumen, al aplicar la descarga CERO, se reduce de 150 a 90 litros por persona día, mismos que producen aguas jabonosas que, tratadas, cubrirán el lavado de pisos, coches y la alimentación de inodoros; la descarga de estos, tratada, cubrirá el riego de las áreas verdes. Por lo tanto, la dotación de agua para consumo diario se reduce para todos los casos a 90 litros por persona y 450 litros por vivienda, cantidad que alcanza 1,350 litros y que debe ser considerada en el volumen de la cisterna.

- El escurrimiento promedio diario aprovechable en el sitio en el temporal depende de su duración y de la precipitación pluvial promedio, su volumen resulta menor al necesario para el control del fenómeno extraordinario que se presenta cuando menos una vez cada temporal, por lo que este último es el que rige y se sumará al caudal anterior.
- El fenómeno natural extraordinario que se presenta cuando menos una vez en cada temporal está en función del área de los techos, que oscilan entre 70 y 200 metros cuadrados por vivienda. Para el valor más alto resulta:  $200 \text{ m}^2 \times 50 \text{ l./m}^2\text{hr} = 10.000 \text{ l./hr.}$ , que, sumados a los 1,350 litros de reserva, da una capacidad total de cisterna de 11,350 l. (en caso extremo de escasez, permite recibir con comodidad una pipa con capacidad de 10,000 l.).
- En el campo, la capacidad de almacenaje de los cuerpos de agua deberá otorgar la autosuficiencia.

## **Mecanismos de filtración y purificación de agua de lluvia**

El mecanismo natural para la purificación del agua es la evaporación y condensación previas a la precipitación pluvial y/o el escurrimiento de condensados. El manejo cuidadoso de estos mecanismos en la captación y almacenaje nos permiten tener el agua relativamente limpia, de menor costo y sin consumo de energía.

La filtración y purificación de agua de lluvia se reduce a mecanismos de separación de sólidos en suspensión por densidad: desnatadores sedimentadores construidos en celdas de mampostería con tuberías y conexiones de PVC, sobre todo cuando las áreas de captación son superficies tersas e impermeables que se encuentran en láminas de techo, cubiertas plásticas, de cristal, de polietileno y de lona. Por su ubicación sobre el terreno y sus pendientes, acumulan pequeñas cantidades de sólidos fácilmente eliminables por éstos mecanismos. Para estos casos se recomienda la instalación, en la parte más alta del inmueble donde desemboca el canalón, de un tinaco o cisterna que permita el almacenaje y consumo de la lluvia por gravedad y sin consumo de energía.

Los mecanismos de separación por densidad para agua de lluvia captada en suelos impermeables o permeables en los que escurre son los trenes de desnatadores sedimentadores de una a varias celdas según la calidad de agua requerida.

La eliminación de carga orgánica microbacteriana se realiza por medio de procesos naturales biológicos anaerobios, oxidación aeróbica de aeración natural y exposición a la radiación ultravioleta natural. De ser necesario, para garantizar la esterilización del agua, se podrá hacer uso de generadores de ozono y lámparas de rayos ultravioleta utilizando pequeñas cantidades de energía.



Para los escurrimientos en el campo que arrastran suelo y materia orgánica por laderas y cauces, es necesario diseñar mecanismos de captación que rompan la inercia de las aguas broncas y las conduzcan mansamente a separadores por densidad consistentes en desnatadores sedimentadores de mampostería o de mampostería y accesorios de PVC.

Los cuerpos de almacenaje recibirán agua libre de sólidos en suspensión, con tierra y materia orgánica disuelta que se eliminará de manera natural por sedimentación y por desarrollo de plantas acuáticas como el lirio y el chichicastle, que se nutrirán de los contaminantes del agua y la clarificarán para uso en riego, para dar de beber al ganado, y la desinfección con ozono para cultivos con riego estequiométrico.

## Suministro de faltantes y disposición de excedentes

Durante el estiaje el abasto de agua es a través de la red municipal, alimentada de las extracciones del acuífero y de las importaciones del Lerma y Cutzamala. Las fallas en el suministro sólo pueden ser cubiertas por medio de pipas.

El caudal de la precipitación pluvial para la ciudad de México es superior al consumo, por lo que durante el temporal no tan sólo se logra la autosuficiencia, sino que los excedentes, que son importantes, se deberán infiltrar al subsuelo facilitando la recarga natural del acuífero. Los faltantes durante el temporal serán suministrados por la red municipal.

### APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA

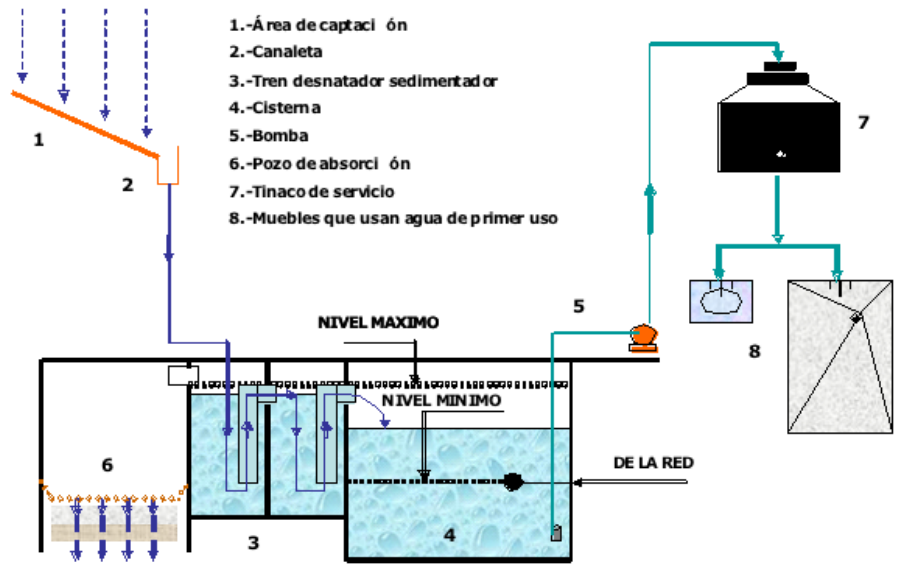


FIGURA No 1

**INCASA MR**

# ***Manejo, tratamiento y reciclaje de aguas jabonosas en servicios de limpieza, principalmente para alimentación de WC y mingitorios***

## **Mecanismo de tratamiento de agua de jabón para su uso en servicios de limpieza**

El uso racional del agua en la vivienda distingue calidad y cantidad por tipo de servicio. El agua para el servicio de primer uso, proveniente de la red o de la captación de agua de lluvia, generalmente deriva en aguas jabonosas.

Siguiendo el principio de la separación de las aguas residuales por tipo de contaminante, el tratamiento se simplifica. Las aguas jabonosas provenientes de servicios de higiene personal (bañarse y lavarse las manos) y de objetos personales (lavado de ropa y trastes) cuyos contaminantes son de baja concentración, se tratan con facilidad mediante mecanismos naturales de separación: por densidad, para las partículas en suspensión, y por oxidación natural con oxígeno del aire y luz ultravioleta del sol, denominada oxidación aeróbica, para carga microorgánica.

## **Equipos y procesos de separación, oxidación y desinfección de aguas jabonosas**

El desarrollo de hábitos de higiene y limpieza en el agua de primer uso redundará en calidad del agua producto de su tratamiento.

La separación previa de contaminantes extraordinarios (sólidos, aceites y grasas) facilita el tratamiento al obtener agua de excelente calidad para los servicios de segundo uso. De esta manera, la concentración de contaminantes sólidos (cabello, costras de jabón, muy pequeñas cantidades de aceites, grasas y bacterias corporales) en los servicios de primer uso resulta muy pequeña.

La filtración y tratamiento de las aguas de jabón se reduce a mecanismos de separación de sólidos en suspensión por densidad, como desnatadores sedimentadores construidos en celdas de mampostería, tuberías y conexiones de PVC que eliminan las partículas mayores, con lo que se garantiza la eliminación total de sólidos en suspensión. La eliminación de carga orgánica microbacteriana se realiza por medio de procesos naturales biológicos de oxidación aeróbica y exposición a la radiación ultravioleta natural; de ser necesario, para garantizar la esterilización del agua se podrá hacer uso de generadores de ozono que utilizan pequeñas cantidades de energía.

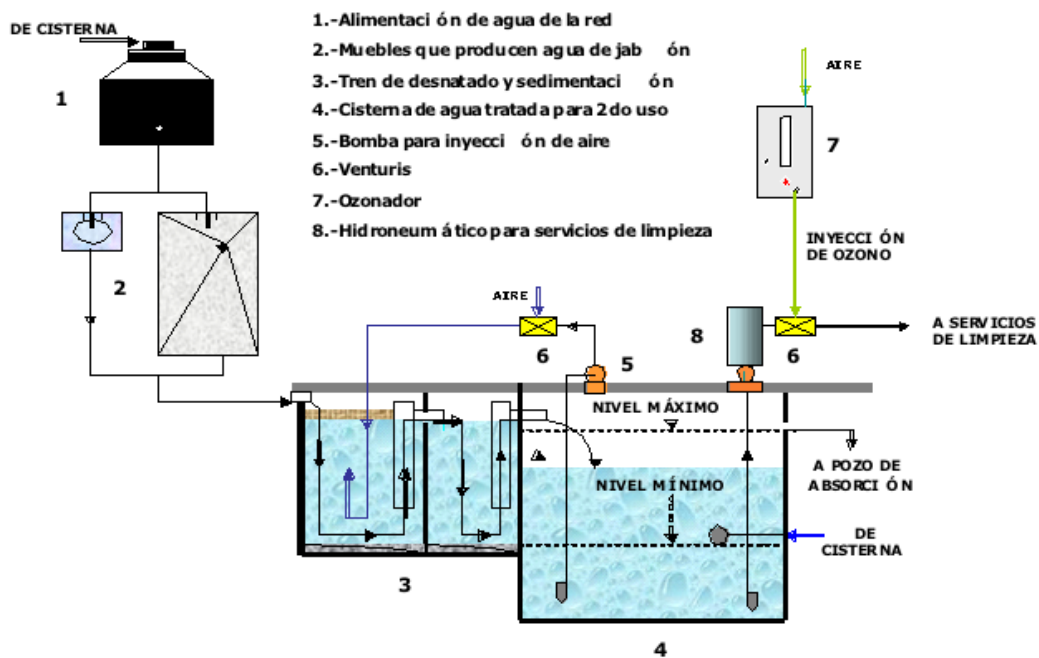
## Suministro de faltantes y disposición de excedentes

De acuerdo con los reglamentos de construcción, de los 150 litros por habitante día al interior de la vivienda, 90 litros se destinan al servicio de primer uso y los 60 litros restantes al servicio de segundo uso: servicios de limpieza, principalmente para alimentación de inodoros, que se cubren satisfactoriamente con el agua residual tratada de primer uso. Por lo anterior, difícilmente habrá faltantes en el servicio de segundo uso Sin embargo, de presentarse el caso, el faltante se cubrirá con agua de primer uso.

Los excedentes tienen la calidad para seguir su ciclo natural al infiltrarse para recarga de mantos freáticos y acuíferos, logrando con ello la descarga cero.

### Diagrama de funcionamiento

#### TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS JABONOSAS



**INCASA** MR

# ***Manejo, tratamiento y reciclaje de aguas producto de WC y mingitorios para su aprovechamiento en el riego de áreas verdes***

El uso racional del agua distingue calidad y cantidad por tipo de servicio. El agua para riego de áreas verdes representa, de acuerdo a la normatividad aplicada, un volumen importante.

En zonas urbanas, considerando las normas aplicables, el consumo por habitante es de  $10 \text{ m}^2$  de área verde/hab.  $\times$  5 l. de agua/ $\text{m}^2$ /día = 50 l./hab./día.

Esta cantidad representa, por un lado, la tercera parte de la dotación por persona al interior de la vivienda (150 l./hab./día) y por otro, equivale a un volumen de riego de 5 l./ $\text{m}^2$ /día  $\times$  365 días = 1,825 l./ $\text{m}^2$ /año, cantidad ligeramente inferior a la precipitación anual promedio del Estado de Chiapas.

Lo anterior explica la no aplicación de éstas normas en los desarrollos urbanos. Sin embargo, el uso racional del agua en la vivienda permite cubrir, holgadamente en cuanto al volumen y satisfactoriamente por su contenido de nutrientes, los requerimientos de las mismas.

El agua de segundo uso, del servicio de inodoros y mingitorios, tratada mediante un proceso natural y desinfectada con ozono, aporta oxígeno al suelo y favorece la nitrificación y asimilación de los nutrientes.

Si se aplicaran estas normas al Distrito Federal, el consumo de agua para riego de áreas verdes sería de 9 millones de hab.  $\times$   $10 \text{ m}^2$  de área verde/hab  $\times$  5 l./ $\text{m}^2$ /día = 450 millones de litros =  $450,000 \text{ m}^3$ , que podrían ser cubiertos por agua producto de inodoros y mingitorios que actualmente se usa sin tratamiento alguno en los distritos de riego del Estado de Hidalgo, y el resto en los del Estado de México.

## **Mecanismo de tratamiento de aguas producto del servicio de WC y mingitorios para su uso en el riego de áreas verdes**

Siguiendo el principio de la separación de las aguas residuales por tipo de contaminante, el tratamiento se simplifica. Las aguas negras provenientes del servicio de inodoros y mingitorios, cuyos contaminantes son orgánicos, se tratan con facilidad mediante el proceso natural anaerobio de fosa séptica y la posterior oxidación natural, con oxígeno del aire y luz ultravioleta del sol, para eliminar la posible carga microorgánica remanente. Con el propósito de garantizar la esterilización total se pueden utilizar generadores de ozono de muy bajo consumo energético.

## **Equipos y procesos de separación, oxidación y desinfección de aguas producto del servicio de inodoros y mingitorios**

El desarrollo de hábitos de higiene y limpieza en el agua de segundo uso redundará en la calidad del agua producto de su tratamiento; utilizar limpiadores y desinfectantes biodegradables que no dañen el filtro biológico de la fosa séptica y las bacterias anaerobias y separar el papel higiénico en el dispositivo previo a la entrada de la fosa facilita el tratamiento para obtener agua de excelente calidad para el servicio de tercer uso.

El mecanismo de separación de sólidos en suspensión para la filtración y tratamiento de la descarga de aguas de servicio de WC y mingitorios consiste en una rejilla de plástico que actúa como separador y evita la entrada de papel a la fosa séptica. La fosa séptica es un depósito impermeable en el cual, al quedar las aguas en reposo, se efectúa la sedimentación y la formación de natas en un tiempo de permanencia no menor de 24 horas. Esto permite que el agua intermedia se convierta en un líquido clarificado que finalmente sale con una eficiencia de remoción superior al 85%; esto se logra por el proceso anaerobio (privado de aire y luz) que favorece la reproducción de seres microscópicos que destruyen los sólidos, convirtiéndolos en líquidos y gases. La capacidad de la fosa séptica deberá ser de acuerdo con el número de personas que utilicen los servicios de WC y mingitorios, a razón de 60 litros por persona por día en la vivienda.

La remoción con que sale el agua de la fosa se incrementará mediante un filtro de gravas hasta alcanzar el 96%. En este filtro, las bacterias anaerobias que salen con el agua clarificada se anclan para continuar degradando la poca materia orgánica que sale de la fosa, para entregarla a un desnatador sedimentador de PVC en el que se expone el agua a la oxidación con ozono. Aquí se elimina la pequeña carga bacteriana que pudiera salir con el agua (además de someter el flujo a la separación por densidad) para ser entregada a un cárcamo, libre de partículas en suspensión y de carga microorgánica y saturada de oxígeno, para el riego de áreas verdes.

### **Suministro de faltantes y disposición de excedentes**

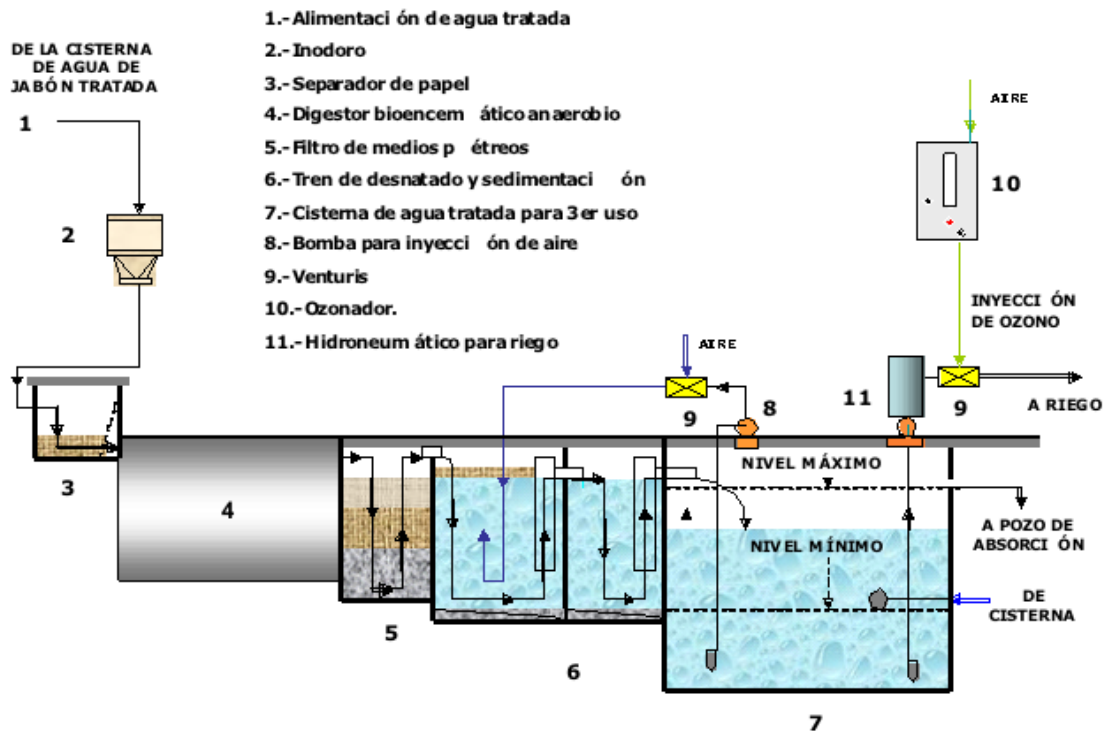
Conforme al reglamento de construcción y a las normas aplicables, el consumo para servicios de segundo uso, principalmente la alimentación de inodoros y mingitorios, es de 60 l./hab./día; siendo el consumo para riego de áreas verdes o de tercer uso de 50 l./hab./día, éstos se cubren satisfactoriamente con el agua residual tratada de segundo uso. Por lo anterior, difícilmente habrá faltantes en el servicio de tercer uso.

Sin embargo, de presentarse el caso, el faltante se cubrirá con agua de primer uso.

Los excedentes tienen la calidad para seguir su ciclo natural al infiltrarse para recarga de mantos freáticos y acuíferos, logrando con ello la descarga cero.

## Diagrama de funcionamiento

### TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS NEGRAS



**INCASA** MR

# ***Manejo de excedentes de agua (de lluvia, tratada de jabón y tratada de WC y mingitorios) para la recarga de mantos freáticos y acuíferos***

## **Pozos de absorción para la recarga de mantos freáticos y acuíferos**

Para evitar que los excedentes de agua de lluvia, tratada de jabón y tratada de WC y mingitorios sean enviadas al drenaje municipal y se contaminen, es necesario construir dentro de los predios un mecanismo que permita su absorción al subsuelo, facilitando la recarga natural de mantos freáticos y acuíferos con agua libre de microorganismos, sustancias tóxicas y metales pesados.

El pozo de absorción deberá ser construido en el lugar más cercano posible a la descarga de los excedentes y su diseño dependerá del volumen de éstos y de la permeabilidad del terreno. Siempre será conveniente que tenga vertedor al cauce natural o, en su defecto, al drenaje municipal.

La gran mayoría de los casos pueden resolverse con un pozo de absorción con volumen entre 1 y 3 m<sup>3</sup>. Hay que recordar que se trata sólo de excedentes; los mecanismos de control del agua de lluvia para su aprovechamiento ya consideran el control de eventos extraordinarios que se presentan cuando menos una vez durante el temporal.

Es importante, para su buen funcionamiento, que reúna como mínimo las siguientes características:

- Fácil accesibilidad mediante una tapa de cuando menos 60 x 60 cm., que permita el libre paso aún utilizando una escalera de aluminio.
- Permeabilidad cuando menos en el fondo y, si el terreno lo permite, también en las paredes, en cuyo caso es conveniente que exista ademe con tabique ahucalado.
- En zonas de nivel freático alto o terrenos blandos se recomienda ademe con tubería de acero de grandes diámetros que evite caídos y permita alojar volúmenes mayores, ya que la infiltración se realiza por flujo laminar.
- Lecho de gravas en el fondo con una profundidad entre 0.5 y 1.0 metros, sobre el cual se colocará una membrana de geotextil de 0.5 kilos por metro cuadrado que atrape las pequeñas partículas en suspensión y evite que los orificios en el suelo de infiltración se tapen y este pierda su permeabilidad. La membrana, una vez saturada, debe ser lavada con una hidrolavadora o, en su defecto, sustituida por una nueva para rehabilitar la permeabilidad.
- Vertedor del pozo de absorción al cauce natural o drenaje para casos extremadamente extraordinarios o pérdida de permeabilidad.

## Pozos de infiltración a mantos acuíferos

- En sitios donde los caudales de escurrimiento son muy grandes y los volúmenes de captación para su aprovechamiento son pequeños, los excedentes son muy importantes. Para estos casos se requiere de la construcción de pozos de infiltración.
- El diseño de los pozos de infiltración deberá reunir las siguientes características:
- Diámetro de tubo y profundidad de acuerdo al área de escurrimiento, ubicación y permeabilidad de las áreas permeables.
- En zonas de niveles freáticos altos, ademe de tubo liso con sello de cemento, librando la profundidad del manto freático; en las zonas permeables, ademe con tubo ranurado.
- Construcción similar a los pozos de extracción, difiriendo por su poca profundidad y por su función de infiltración.
- Para evitar su saturación será necesario filtrar las pequeñas partículas que pueda contener el agua tratada. Es muy común que pierdan permeabilidad debido a que el área de la sección transversal de la tubería es muy pequeña. La solución más recomendable es conducir los excedentes de agua por infiltrar a un tanque similar a los tradicionales de tormenta, en cuyo fondo se encuentre(n) el (los) pozo(s) de.

infiltración, se aloje sobre su fondo grava y sobre ella un geotextil de las mismas características mencionadas en los párrafos anteriores. De esta manera se incrementa cientos de veces el área de filtración de las pequeñas partículas y con ello el tiempo de operación.

## Zanjas ciegas y drenes de absorción

En sitios donde los escurrimientos exceden a los caudales de los depósitos de captación para su aprovechamiento y no se tienen recursos para la perforación de pozos de infiltración, es necesario diseñar mecanismos que controlen e infiltren excedentes, como las zanjas ciegas o los drenes de infiltración.



UNA PUBLICACIÓN DE  
**AGUA.org.mx**  
Centro Virtual de Información del Agua

**MÉXICO 2008**