

ANUARIO

2011

Criterios tecnológicos para la captación y aprovechamiento del agua pluvial en un conjunto de 150 viviendas de interés medio en el Valle de México.

**Dra. Aurora Poo Rubio
Francisco Rojas
Dr. Jorge Rodríguez Martínez
Mtro. Baruch Angel Martínez
Dr. Jorge Galina Jorge
Arq. Erika Vanessa Coellar
Arq. Alberto Ramírez Alferez
Arq. César Jorge Carpio Utrilla**

CRITERIOS TECNOLÓGICOS PARA LA CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA PLUVIAL EN UN CONJUNTO DE 150 VIVIENDAS DE INTERÉS MEDIO EN EL VALLE DE MÉXICO

Dra. Aurora Poo Rubio

Francisco Rojas

Dr. Jorge Rodríguez Martínez

Mtro. Baruch Angel Martínez

Dr. Jorge Galina Jorge

Arq. Erika Vanessa Coellar

Arq. Alberto Ramírez Alferez

Arq. César Jorge Carpio Utrilla

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México, D.F.

correo: pram@correo.azc.uam.mx

correo: rmj@correo.azc.uam.mx

correo: varuskas@hotmail.com

correo: v_coellar@yahoo.com

correo: ara@correo.azc.uam.mx

correo: cjc@correo.azc.uam.mx correo:

INTRODUCCIÓN

En su génesis, la ciudad de Tenochtitlán se asentó en el corazón del Valle de México, un área circundada por grandes lagos (Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco), su ubicación lacustre permitió a la pujante ciudad prehispánica la obtención de una gran dotación de agua y de este modo satisfacer los servicios hidráulicos de sus habitantes. Desde entonces, el emplazamiento urbano del Valle de México ha sufrido dos malestares crónicos. Por un lado, la presencia y cercanía de dichos lagos se convirtió en una problemática compleja (inundaciones, vertido de aguas negras en lagos, desecación, entubamiento de ríos, etc.) en la cual la metrópoli como un gran estómago consume agua potable, digiere el líquido tanto para la labor humana como para el trabajo y expulsa sus restos tóxicos y fecales al agua de ríos. Por otro lado, la planeación urbana de algunas zonas contrasta fuertemente con múltiples asentamientos irregulares tanto en laderas montañosas como en el centro del Valle de México. Los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México han sido incapaces de remediar este malestar, lo han paliado mediante la integración de estos asentamientos irregulares a la urbe dotándolos de servicios principales como luz, agua, y drenaje en un paisaje barroco que en sus propias curvas y ornamentos parece haber perdido el sentido del orden. Así, en el devenir del tiempo, la ciudad creció exponencialmente de modo anárquico desde la conquista hasta

nuestros días por falta de una planeación urbana ordenada, sustentable y estratégica. A principios del Siglo XXI, se contempla este panorama con inquietud. En un sentido, se plantean necesidades cada vez mayores de vivienda digna, y por otro, existen problemas serios de dotación, almacenamiento, potabilización y reutilización de agua los cuales se han agravado a causa del crecimiento poblacional y urbano de la megalópolis azteca que demanda, en estos tiempos, una red de infraestructura hidráulica mucho más compleja para poder funcionar de modo correcto.

Ello impone una reflexión, desde lo general, sobre esta problemática orientada a un asentamiento hipotético habitacional medio en el Valle de México con una extensión de 4.4 hectáreas con capacidad de albergar un promedio de 150 viviendas de 96 metros cuadrados. Este pequeño o mediano conjunto prioriza, por un lado, el aprovechamiento máximo del agua pluvial, por medio de la recolección del agua pluvial en las azoteas, cubiertas, áreas de plazas y canalizarla a un sistema de filtración sencillo y económico para su posterior almacenamiento en cisternas. El líquido se aprovechará de modo eficiente mediante una red de abastecimiento a inodoros, mingitorios, regado de jardines y sistemas contra incendio. Por otro lado, el ahorro energético se realizará mediante la utilización de calentadores solares acompañados de una buena administración del conjunto idealizado. En caso de que el agua que se colecta en época de lluvias supere los límites proyectados de las cisternas, ésta se inyectará al subsuelo mediante pozos de absorción para realimentar los mantos acuíferos del terreno.

Con tales directrices hipotéticas definidas, se realiza un ejercicio reflexivo no proyectual y menos prescriptivo que permite al diseñador concebir algunos elementos susceptibles de amoldarse a cambios de diseño con base en criterios tecnológicos, ecológicos, sustentables y administrativos en beneficio de su población meta. En este sentido, el objetivo de este documento describe de modo general algunos criterios tecnológicos para la captación y aprovechamiento del agua pluvial en un conjunto de 150 viviendas de interés medio en el Valle de México, en el entendido que la comprensión detallada de dichos componentes ofrece una pauta proyectual para replicar tales criterios en conjuntos iguales o de mayores dimensiones espaciales y de recursos económicos.

A fin de exponer lo anterior, se aborda en siete subtemas los criterios más importantes. En primer término, se hace consciente al lector que el agua pluvial es un recurso fundamental que abastece a los mantos acuíferos de los cuales se extrae el agua potable. Sin embargo, se subraya que existen pérdidas en su distribución ya sea por fallas naturales o técnicas y, del mismo modo, se describe la falta de una política de distribución equitativa del agua por lo cual es necesario un mejor desarrollo urbano que involucre un esquema de mayor corresponsabilidad de participación ciudadana. En segunda instancia, se destaca la importancia del agua potable como elemento primordial para la vida y la salud; de la misma manera, se definen los distintos tipos de aguas asociados con la actividad humana. En el tercer subtema, se sensibiliza al lector sobre la necesidad de dar tratamiento a las aguas negras y a todas aquellas contaminadas para que en lo posible se puedan volver a utilizar. En cuarta instancia, se define

la contaminación del agua y sus distintas clases: marina, agua superficial, y subterránea, a continuación, se expone de modo breve cada tipo de contaminación así como los métodos para su tratamiento.

En quinto lugar, se describe el funcionamiento, componentes, tipos de colectores e instalación para la obtención de agua caliente por medio de la utilización de la energía solar. En sexta instancia, se describen normas de diseño, materiales, equipo y accesorios para efectuar una instalación hidráulica correcta con base en la normatividad vigente de distintos dispositivos ahorradores de agua. Este subtema invita al lector a efectuar una ponderación racional sobre el consumo de agua y, de la misma forma, se enuncian cuáles son los dispositivos de ahorro de agua existentes en el mercado mexicano. Por último, se reflexiona sobre la administración de las instalaciones en cuatro momentos: 1) la etapa inicial de proyecto; 2) la etapa de construcción en la cual se integra el expediente técnico; 3) la puesta en marcha del sistema y 4) la etapa de administración del equipo, de la información, del mantenimiento y de la operación ya dentro de la vida útil del inmueble.

1 EL AGUA PLUVIAL, UN RECURSO NATURAL FUNDAMENTAL

El agua es un recurso natural renovable primordial para el desarrollo de la humanidad; elemento fundamental en las funciones metabólicas que realizan los seres vivos del planeta, forma hasta el 95% del protoplasma celular, núcleo vital donde suceden reacciones fisicoquímicas de diversa índole. El hombre, a través de su afán por controlar la naturaleza, sabe que la captación de agua de lluvia constituye un recurso sencillo de obtención de la misma para consumo humano y/o para uso agrícola. En numerosos lugares con alta o media precipitación pluvial, e incluso en aquellos donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento.

Así, el agua de lluvia se intercepta, colecta y almacena en depósitos para su uso posterior. Cuando el agua pluvial se capta con fines domésticos se utiliza la superficie del techo como área idónea de captación. Este sitio minimiza la contaminación del agua. Adicionalmente, los excedentes pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes o para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta. (V Reunión Nacional sobre sistemas de Captación de Agua Pluvial: 1998) Para François Briere (2005:64-96), la captación de agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas: 1) alta calidad físico-química 2) sistema independiente¹ 3) poca mano de obra, 4) uso de materiales locales, 5) el sistema no requiere de energía para su operación, 6) mantenimiento sencillo, y 6) recolección fácil. Sin embargo, este método de abastecimiento de agua ofrece dos desventajas: por un lado, un alto costo inicial que obstaculiza su puesta en marcha por parte de familias de bajos recursos económicos y, por otro, la cantidad de agua a captar dependerá tanto de la cantidad precipitación del lugar como de la extensión del área de captación.

1 En arquitectura se entiende que un sistema independiente remite al hecho de que el agua no requiere de tratamientos complejos para su consumo (Fawcett: 1999).

Estas dos variables, cantidad de precipitación y área de captación hacen que el medio urbano del Valle de México presente una problemática particular. La captación pluvial potencial de agua potable de recarga se asfixia por el desalojo histórico de los distintos lagos pues el gran entramado urbano de construcciones, drenajes y tuberías no permite la recarga periódica de los mantos acuíferos. Ello ha provocado, por un lado, inundaciones de aguas pluviales y, derramamientos de aguas negras, por otro. Problemas que se repiten debido a: la extracción de agua del subsuelo, a los hundimientos que ha sufrido la ciudad y al crecimiento desproporcionado de la población de la Ciudad de México, entre otros. En breve, este mega asentamiento demanda enormes cantidades de agua potable, capta una cantidad insuficiente y al mismo tiempo desaloja una cantidad increíble de aguas negras.

El desalojo tanto de aguas pluviales como de aguas negras se ha tratado de resolver a lo largo de la historia del Valle de México de modo distinto. Desde sus orígenes, los pobladores de la gran ciudad mexicana, Tenochtitlán, construyeron una gran ciudad sobre una serie de lagos que se formaron por la represa de ríos que tenían como sustento ambiental los acuíferos provenientes de la Sierra de Chichinautzin², y así la Ciudad era rodeada por 5 grandes lagos los cuales eran: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco.

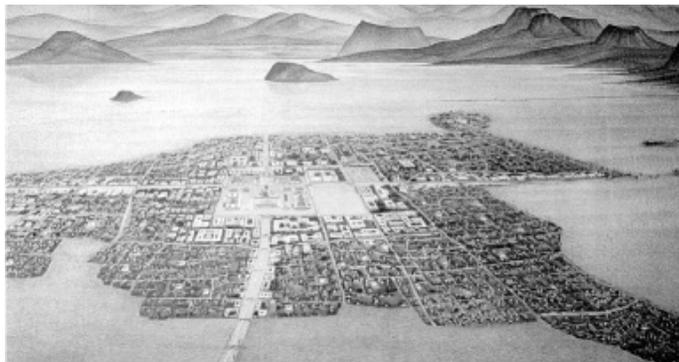


Imagen de Tenochtitlán³

Estos cinco lagos rodeaban al Valle de México, pero un problema hidráulico que ocurría era que poseían distintos niveles, o sea, diferentes alturas y en época de lluvias existían desbordamientos de unos a otros, por ello, se construyeron diques en aras de controlar dichos desbordamientos; algo importante a evitar era que el lago de Texcoco con sus aguas saladas contaminara a los otros lagos de aguas dulces, así se creó Albardón de Netzahualcóyotl. Es obvio que entre más crecía la mancha urbana de terreno construido más crecía la necesidad de dotación de agua potable y de desalojo de

2 La sierra de Chichinautzin es una formación geológica integrada al Eje Volcánico del que también forman parte los volcanes Ajusco, Popocatepetl e Iztaccíhuatl y el Tepozteco. Una zona geológica encadenada que abastece de modo importante los acuíferos de Cuernavaca y del Distrito Federal.

3 Tomado de <http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.vanderbilt.edu/AnS/Anthro/Anth210/tenochtitlan.gif&imgrefur>. El uso de esta imagen pertenece al dominio público pues su derecho de autor expiró el 8 de Diciembre del 2009.

aguas servidas en la historia de los asentamientos en el Valle de México. Hoy, la necesidad de abastecimiento de agua potable del Valle de México prioriza la transportación de agua procedente de otros lugares como del Cutzamala, Zapopan y de otras obras de presas hidráulicas creadas para la recolección de agua potable de forma artificial. Esta política hidráulica de importación ha generado problemas en dichos lugares que castigan la dotación de agua local en varias comunidades por privilegiar el suministro de envío de agua al Valle de México.

Sin embargo, por el lado de la demanda de agua potable, el desarrollo y crecimiento poblacional desmedido incrementa el requerimiento del vital líquido cuya extracción se realiza por medio de pozos para suministro de diferentes colonias en el Valle de México, que son la causa principal de los hundimientos dado que el subsuelo no se recarga de agua y al irse secando las capas del subsuelo causa hundimientos en dicho Valle. Esto origina problemas como afectación de las estructuras de los edificios en forma de desplomes o grietas en los muros, escasez de agua en la ciudad, y problemas de afectación del drenaje profundo puesto que el sacar la gran cantidad de aguas servidas de la ciudad ha provocado la creación de cárcamos de bombeo para poder absorber estos desniveles de las instalaciones primarias.

Por otro lado, aunado a todo lo anterior, el cambio climático determina un hecho ambiental sin ponderación, pues grandes cantidades de lluvia aprovechables para una ciudad que crece sin control se vierten sin utilizarse en los sistemas de drenaje combinándose con las aguas negras sin beneficio para ningún sector social. Lo cual nos conduce a reflexionar sobre el problema social que origina el agua y su distribución entre las diferentes demarcaciones del Valle de México.

1.1 La distribución del agua con pérdidas y sin equidad

La distribución y repartición del agua por medio de las redes hidráulicas, en distintas delegaciones y municipios de la zona del Valle de México siempre se han efectuado de modo irregular y aún así se pierde agua. Existe una gran cantidad de pérdidas o fugas de agua, ya sea por lo viejo de las instalaciones, por las rupturas ocasionadas por los hundimientos, por la mala distribución, por el poco mantenimiento o por el crecimiento horizontal o vertical de las colonias en cada delegación, "No podemos hablar de que se garantiza al 100 por ciento librar las emergencias, pero la comunicación nos permitirá tomar decisiones ante lluvias inesperadas" Antonio Gutiérrez, director de Agua Potable y Saneamiento de la CONAGUA Valle de México⁴. La ciudad podría ser autosuficiente en materia hidráulica de contar con un sistema de captación de agua de lluvia y tratamiento de aguas grises, aseguró Manuel Perló, investigador de la UNAM. El científico estimó que la política hidráulica ha tenido un "sentido erróneo", pues es "ineficaz y derrochadora. En una visión esperanzadora, afirma que por el volumen pluvial que se recibe en la ciudad, existe la posibilidad de dejar la dependencia

⁴ Reporte certificado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), esta institución da solución y reparación de las fugas encontradas en el sistema de la red hidráulica del Valle de México. Publicado en el Diario Reforma, el Domingo 20 de Junio 2010, Sección Ciudad, Página 3.

del Sistema Cutzamala (Diario Milenio 2009: 9).

El Valle de México pierde poco más de 40 por ciento de su abasto en fugas y recicla menos de ocho por ciento del agua que utiliza, ya que la reutilización del agua es solo una teoría y no una práctica, se trata de uno de los promedios más bajos a nivel nacional y, además es de las pocas ciudades del mundo que no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, por lo cual el agua de lluvia no se absorbe a través de los mantos acuíferos y se pierde. “Es una lucha sin sentido. Nos esforzamos todos los años por sacar el agua de una cuenca que hidrológica e históricamente era un lago. Una propuesta que se plantea es desazolvar las presas de regulación para aprovechar el agua que se acumula. Según los estudios, se podrá captar cerca de 15 por ciento de la necesidad de abasto para el Distrito Federal (DF). “Las presas que se tienen en la ciudad no están diseñadas para almacenar agua, pero podrán adecuarse y ayudar a la contingencia que se tiene (CONAGUA, citada en V Reunión de Nacional sobre sistemas de Captación de Agua Pluvial: 1998).”

Ante el escenario de fugas, crecimiento poblacional, ineficacia de captación pluvial y sobreexplotación de los mantos acuíferos, la situación del agua en el Valle de México amerita una discusión amplia sobre el examen histórico del problema y el espacio urbano creciente desde una visión sustentable orientada a la construcción de soluciones integrales y sostenibles. Es vital trascender el inmediatez y avanzar en el diseño de estrategias que impacten firmemente la causa de los problemas; que coloquen a las personas y al ambiente (urbano y agrícola) en el centro del debate. Un hilo conductor ineludible para el análisis de esta problemática y la búsqueda de soluciones es la elaboración de un balance serio sobre las desigualdades sociales que marcan la desigualdad e inequidad en la distribución y acceso al agua.

Nadie vive de igual manera los problemas que rodean la falta de agua: dotación suficiente, mala calidad del líquido o suministro irregular, entre otros. Algunos de ellos se pueden vincular con desigualdades sociales como son la pobreza y la condición étnica. Por ello, es necesario examinar los siguientes temas: 1) Distribución del agua en las diferentes delegaciones y municipios de la zona metropolitana, 2) Impacto del manejo del agua en la ciudad para la disponibilidad de agua en cantidad y calidad de las poblaciones de escasos recursos de otras cuencas, 3) Balance sobre la contratación de servicios privados como mecanismo para mejorar la eficiencia en la distribución y la equidad, 4) Alternativas para lograr una distribución eficiente y equitativa del agua a la población y reducir las brechas de desigualdad, 5) Derecho humano al agua, 6) Análisis sobre la legislación actual y 7) Propuesta de modificación al marco jurídico, 8) Importancia del agua en la salud de la población, en especial las pandemias, 9) Demanda y el suministro de agua en los sectores (Diario Reforma 2010: 3).

1.2 Desarrollo urbano y su impacto en la disposición del agua

Los problemas actuales de desabasto, contaminación y desalojo de agua en el DF, Estado de México

y otras ciudades mexicanas, se relacionan estrechamente con los procesos de urbanización. Es prioritario revisar el “estado de las cosas” que giran en torno a los problemas actuales de captación, canalización, uso, reuso y desagüe del agua y las propuestas de solución sobre estos temas, a partir de una visión de largo alcance que incluya una revisión histórica de los esquemas de abastecimiento y desagüe en el Valle de México y de su sistema contra inundaciones.

En breve, se sugiere analizar: 1) la importación de agua desde otras cuencas, 2) el alcance de las obras para evitar inundaciones, 3) el desalojo y el tratamiento de las aguas servidas, 4) la redistribución del agua en la relación campo-ciudad, 5) la disponibilidad de agua a nivel regional, 6) la sobreexplotación de los acuíferos, los recortes al suministro como vía para enfrentar la baja captación y los problemas de mantenimiento en el Sistema Cutzamala, 7) la caracterización y cuantificación de las fugas; y posibles vías de solución y por último, 8) el tratamiento y reuso del agua.

Resulta inconcebible desde una visión de estado moderno ecológico-sustentable que la nación mexicana tenga una ausencia de ley en captación pluvial. No se legisla de modo expedito sobre la captación y reutilización del agua pluvial; sólo se maneja la indicación de dotar de una bajada de agua en las azoteas o cubiertas de las construcciones del DF, o sea, el constructor sabe que al llegar a la construcción del predio, no existe una especificación la cual le indique adónde se deben de enviar estas aguas pluviales; lo que se hace es enviarlas al drenaje de aguas negras. Es imperioso que exista una legislación que estipule que en cada inmueble se aproveche este vital líquido.

En este contexto, la comunidad internacional opta por establecer políticas que promuevan la recolección del agua de lluvia en zonas urbanas. La lista de países incluye tanto a localidades de naciones industrializadas como en vías de desarrollo: Alemania, Inglaterra, Estados Unidos, Brasil, India, China, etcétera. El Centro de Investigación para el Desarrollo A.C. (CIDAC) hace notar que en México, instituciones como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Universidad Autónoma de Chapingo así como diversas organizaciones civiles y empresas han desarrollado sistemas de recolección pluvial que están en funcionamiento en edificios públicos, de oficinas, industrias y casas residenciales.

El CIDAC (2009) recomienda que los gobiernos del DF y del Estado de México financien la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia en casas residenciales. Con ello se busca aumentar durante la temporada de lluvias (mayo-octubre) la disponibilidad del líquido en los hogares beneficiados. Así, se consigue un ahorro financiero importante en el mediano plazo, al sustituir el consumo de agua altamente subsidiada por agua de lluvia para ciertos usos. El planteamiento tiene como eje la adopción de un sistema básico que permita recolectar el agua de lluvia que cae en los techos de viviendas independientes, tratarla con un filtro, almacenarla en un depósito y aprovecharla para uso no potable, aunque es posible incluir tecnología potabilizadora con un presupuesto mayor. "Se trata de una opción fácil de instalar y de bajo costo, con resultados inmediatos (Diario el Sol de México

2009: 14).”

En cifras de proyección, la Comisión Nacional del Agua estima que el aprovechar el agua de lluvia por medio del financiamiento del gobierno capitalino para la instalación de sistemas de agua pluvial en 10 por ciento de las casas independientes de la Ciudad de México podría aumentar en 7.2 millones de metros cúbicos anuales la disponibilidad del líquido (400 litros diarios por casa participante), recuperar la inversión pública inicial en nueve años y obtener un ahorro anual de 72 millones de pesos mexicanos (citada en V Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua Pluvial 1998: 114.)

Sólo así, el Valle de México puede tener una oportunidad de ser autosuficiente en materia hidráulica de contar con un sistema de captación de agua de lluvia y tratamiento de aguas grises a futuro. No obstante, ello no debe ocultar el hecho de que existen serios problemas de mantenimiento a resolver como lo es el desazolve: de las diferentes redes de ríos entubados, del drenaje profundo, de coladeras, de las redes primarias y secundarias de drenajes, y de los ríos entubados de agua pluvial que ahora funcionan como drenaje profundo para conducir las aguas servidas de la ciudad, y al no tener una red de instalación hidráulica de agua pluvial hace que se sature el drenaje profundo.

1.3 Desarrollo urbano y participación ciudadana

Una alternativa racional de crecimiento ordenado y sustentable urbano del Valle de México es aquella que incluya la participación de la población, planteada por CIDAC (2009) apunta:

"la participación sería voluntaria y por razones técnicas se sugiere enfocarla en una primera etapa en casas independientes [en el DF existen 2,540, 072 millones de casas⁵]. Dado que la variable que determina la capacidad de recolección de un sistema es la superficie de techo disponible. Se estima que una techumbre de 100 metros cuadrados -el promedio de la vivienda social- provee una disponibilidad mínima de 400 litros de agua al día, durante la temporada de lluvias"

Para ello es necesario, concienciar a las personas a vigilar el mantenimiento hidráulico del inmueble, a detectar y reparar las fugas, y a sancionar a la persona que no dé mantenimiento a sus instalaciones, en fin, se trata de una reeducación que fomente el cuidado de los servicios hidráulicos tanto en la vivienda como en las calles.

Es necesario contemplar la inclusión de entidades independientes en el Valle de México que certifiquen que los sistemas de captación se instalen correctamente. Una vez puestos en funcionamiento, éstos requieren de un mantenimiento mínimo, que puede ser realizado por los mismos usuarios. "Así, el costo del agua a futuro es prácticamente cero (Ibíd.)." De acuerdo con el CIDAC, existirían importantes

5 Según información obtenida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el Censo de Población y Vivienda 2005, en su página de internet <http://www.inegi.org.mx/inegi/>, resultado automático en página de excel, sin página específica, obtenida el 12 de agosto del 2010.

dividendos y beneficios al impulsar estos sistemas tanto para los ciudadanos como para las autoridades. Los hogares se benefician por el aumento en la disponibilidad del agua y una reducción en el pago. Esto resulta beneficioso para aquellos usuarios que sólo reciben agua por tandeo o no cuentan con una toma residencial" (Ibíd.), de la misma forma:

Al reducir el consumo de agua del sistema, se mitigaría el impacto ambiental por la sobreexplotación de fuentes internas y el hundimiento, el Gobierno de la Ciudad puede lograr un importante ahorro financiero en el mediano plazo, al sustituir el consumo de agua altamente subsidiada por agua de lluvia o agua pluvial (Ibíd.).

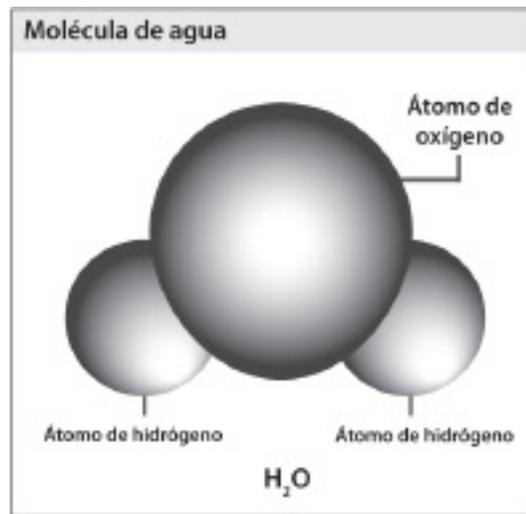
Para finalizar, respecto a la aplicación de lo tratado en este subtema hacia el proyecto planteado para 150 viviendas, por medio de distintas aplicaciones tecnológicas se sugiere la captación de agua de lluvia de forma eficiente y correcta, por medio de la captación y tratamiento, de esta forma, será posible realizar una distribución por la red de agua de modo racional hacia todas las viviendas, y así garantizar que el servicio sea autosuficiente en cuanto a los requerimientos para la población estimada que habitaría esta 150 viviendas. En resumen, se trata de aprovechar el recurso pluvial y en vez de enviar el agua al drenaje de aguas negras, se propone la captación y canalización a cisternas y de ahí distribuir un porcentaje del agua ya sea tratada hacia el conjunto de 150 viviendas e inyectar al subsuelo otro porcentaje requerido para poder evitar los hundimientos por extracción de agua en el Valle de México.

2 EL AGUA

La problemática del agua no solo se presenta en México, sino a nivel mundial, este líquido elemental significa la preservación y conservación de la vida, es sin duda junto con otras problemáticas como la contaminación, la pobreza extrema, el calentamiento global, una serie de retos a los cuales se enfrenta el hombre moderno. Su escasez obliga a ponderar la moderación en su consumo por parte de la población a nivel mundial.

Sólo muy poca agua se utiliza para el consumo del hombre, puesto que: el 97 % es agua salada de mar, el 2 % es hielo y está en los polos, y sólo el 1 % de toda el agua del planeta es dulce, encontrándose en ríos, lagos y mantos subterráneos. Además el agua tal como se encuentra en la naturaleza, para ser utilizada sin riesgo para el consumo humano requiere ser tratada, para eliminar las partículas y organismos que pueden ser dañinos para la salud (Rodríguez: 2002).

El agua es un componente natural, presente en la Tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de oxígeno que unidos entre si forman una molécula de agua, H₂O, la unidad mínima en que ésta se puede encontrar.



Composición de una molécula de agua⁶

La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos en lluvias, ríos, océanos, camanchaca, etc.; como sólidos en témpanos y nieves o, como gas en las nubes.

2.1 Agua potable, vida y salud

Agua, vida, y salud forman una tríada que interrelaciona a los factores que determinan a su vez la posibilidad de existencia de los seres vivos. En efecto, la vida, esa acumulación de energía, fuerza interna sustancial de los seres orgánicos, se relaciona tan estrechamente con el agua y con la salud que cuando alguno de sus dos aliados falla se producen serios riesgos para la sobrevivencia, tanto de la especie humana como de las demás especies que pueblan el planeta.

Además, el agua es fundamental para la vida humana no sólo porque se requiere para beber sino también porque es necesaria para la higiene, la producción de alimentos, las actividades industriales, la pesca, la generación de energía hidroeléctrica, y un sinnúmero de otras actividades sociales. A fin de que el agua pueda sustentar de modo óptimo la salud humana y se convierta en la mejor aliada para la continuidad de la vida, se requiere que sea potable. Es decir, agua segura, libre de contaminantes o elementos extraños que puedan afectar la salud de los seres vivos.

2.2 Agua de lluvia

La lluvia (vocablo proveniente del latín pluviā) es un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se

6 Imagen tomada de: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/agua.html>

inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes. Conforme a la definición de la Organización Meteorológica Mundial (1974), la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas. Si no alcanza la superficie terrestre, no sería lluvia sino virga (termino meteorológico) y si el diámetro es menor sería llovizna. La lluvia se mide en milímetros al año, menos de 200 son insuficientes, entre 200 y 500 son escasas, entre 500 y 1.000 son suficientes, entre 1.000 y 2.000 son abundantes y más de 2.000 son excesivas. La lluvia depende de tres factores: la presión, la temperatura y, especialmente, la radiación solar. El agua pluvial siempre ha sido importante para múltiples labores humanas y está inexorablemente presente en la arquitectura, el urbanismo y la sustentabilidad del entorno, razones por las cuales este recurso se debe aprovechar óptimamente.

2.3 Agua servida

Existe otro tipo de agua, aquella que se conoce como agua servida o agua negra. En realidad, es una clase de agua contaminada por desechos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial. En su corriente, lleva disueltas o en suspensión una serie de materias orgánicas e inorgánicas. Dicho material, proviene, por un lado, de la descarga de sumideros, fregaderos, inodoros, cocinas, lavanderías (plenas en detergentes y materia fecal) y por otro, de los residuos de origen industrial (aceites, grasas, curtiembres, etc.). Desde una visión urbanística moderna, en las urbes donde existen múltiples redes de alcantarillado todas las afluencias de aguas servidas confluyen a un sistema colector de aguas cloacales, que en teoría, debería terminar en una planta de tratamiento (Ibíd.).

2.4 Tratamiento de aguas

Lo dicho anteriormente permite asumir que el tratamiento del agua servida de una urbe o un pequeño poblado debe tener un carácter prioritario que permita en lo posible su reciclaje y uso posterior. En la actualidad, según Ramalho (1996) el proceso de tratamiento de las aguas servidas se divide en cuatro etapas principales:

- Tratamiento primario: consiste en la separación de la materia suspendida en el agua por medios mecánicos (cribado, coagulación, floculación y sedimentación). En esta fase se obtiene una purificación del 30 al 50%. El proceso es factible mediante una laguna artificial, en la cual desemboque el agua servida.
- Tratamiento secundario: después del tratamiento primario, las aguas se someten a la acción de microorganismos a través de iodos activados, filtros percoladores y del lecho de contacto o lecho bacteriano. La eficiencia lograda oscila entre 85 y 93%. Sin embargo, la eficiencia en la eliminación de sales minerales (fósforo, nitrógeno) es baja. En poblados pequeños y medianos se puede lograr esto con una segunda laguna artificial a continuación de una primera.

- Tratamiento terciario o avanzado: es el procedimiento final, capaz de remover contaminantes reacios como las sales solubles (fosfatos y nitratos). En esta fase, se utilizan diversos procedimientos, según el uso posterior que se quiera dar al agua. La adición de alúmina férrica y cloración produce agua limpia, libre de bacterias, adecuada para la industria. Con filtros rápidos y coaguladores (sulfato de aluminio, poli electrólitos, sustancias orgánicas poliméricas) se logran eliminar las sales minerales. Este proceso es capaz de eliminar el 98% de los contaminantes.

- Tratamiento de los lodos: los restos sedimentados o lodos, provenientes de las aguas servidas, deben ser tratados y transformados en abonos orgánicos. Hoy en día existen tecnologías muy adecuadas para estos tratamientos. Para poblados pequeños bastan tres lagunas contiguas, en lugares especiales y seguros. En esas lagunas se dejan crecer plantas (totora, carrizo, lirio de agua) que ayudan a purificar el agua.

2.5 Captación, canalización, almacenamiento y aprovechamiento del agua pluvial

El agua de lluvia contiene una concentración muy baja de contaminantes y, a pesar de no ser potable, posee una gran calidad dada su nula manipulación. La recuperación de agua pluvial consiste en filtrar el agua de lluvia captada en una superficie determinada, generalmente el tejado o azotea, y almacenarla en un depósito. Después el agua tratada se distribuye a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable. El agua pluvial es perfectamente utilizable para muchos usos domésticos en los que puede sustituir al agua potable, como en lavadoras, lavavajillas, WC y riego, todo ello con una instalación sencilla y perfectamente amortizable.

Para finalizar, es valioso recordar algunas ventajas de la captación de aguas pluviales:

- Ahorro en la factura del agua. El ahorro en algunos lugares puede suponer un 80% del total de agua demandada por una vivienda.
- Utilización de un recurso gratuito y ecológico.
- La solicitud de instalación puede recibir subvenciones en función del municipio.
- Contribución a la sustentabilidad y protección del medio ambiente.
- Disposición de agua en periodos cada vez más frecuentes de restricciones.
- Riesgos mínimos de averías puesto que una buena instalación de captación de agua pluvial es sencilla y, por tanto, apenas requiere de mantenimiento.
- Ahorro hasta un 50% de detergente en el lavado de ropa dado que al ser el agua de lluvia es mucho más blanda que la del grifo.
- Mitigación del efecto erosionador de las avenidas de aguas por la actividad pluvial.



Captación y sistema de dotación de agua pluvial⁷

3 LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Este subtema intenta sensibilizar al lector sobre la necesidad de dar tratamiento a las aguas negras, a las industriales, a las afectadas por derrames de petróleo, en fin, a toda aquella que cuando entra en contacto con el ser humano, acaba por ser contaminada con una serie de productos que deterioran la ecología, el entorno del mismo ser humano y su salud. Antes que todo conviene definir lo que se entiende por contaminación del agua o de un medio hídrico; es la acción de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales (FUENTE).

Los agentes contaminantes se dividen en tres grupos: químicos, biológicos y físicos. Los químicos son aquellos contaminantes que alteran la composición del agua y/o reaccionan con ella. Los físicos son los que no reaccionan con el agua, pero pueden dañar la vida en el ecosistema. Los biológicos son organismos o microorganismos, que son dañinos o que se encuentran en exceso (plagas, como los lirios acuáticos, de rápida propagación). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS: 1989), el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúne las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado, en su estado natural. En los cursos de agua, los microorganismos mantienen siempre igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio. Este proceso se denomina *auto depuración del agua*. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible.

7

Imagen tomada de: <http://www.solliclima.es/aplicaciones/4-tratamiento-de-aguas/97-captacion-de-aguas-pluviales.html>

La contaminación afecta directamente al desarrollo económico, político, social y ambiental de los países, sobre todo de los países del tercer mundo. El problema de la contaminación de las aguas dulces es conocido de antiguo. Uno de los primeros testimonios históricos lo constituye el relato de las Sagradas Escrituras (La Biblia de América 2001: Éxodo, 7: 14-25) acerca de una de las diez plagas de Egipto, en la que se describe la transformación en "sangre" de las aguas del río Nilo. Dicho fenómeno fue sin duda debido a la contaminación biológica producida por microorganismos (algas, bacterias sulfurosas o dinofíceas), esto produjo el incremento de los insectos, los insectos al de las ranas y por último: la peste. En tiempos más recientes tenemos que las ciudades medievales eran habitualmente sucias, pestilentes, provocando serios y extendidos problemas de salud, dando pie a epidemias cíclicas que se fueron agravando cada vez más, llegando algunas de ellas a más de cien años de duración. En la actualidad, es alarmante la constante pérdida de agua potable.

"En el Japón mucha gente murió o quedó inválida a consecuencia de los vertidos al mar durante muchos años por las fábricas Minimata; se demostraron los efectos contaminantes de múltiples sustancias como el fósforo, los gases de sulfato, los detergentes o el plomo de gasolina y se descubrió que el mar no diluía ni neutralizaba tales impurezas a la velocidad que se creía. Las guerras también han contribuido al deterioro del planeta. Durante la guerra del Pérsico (1990-1991) el ejército Iraquí incendió más de 600 pozos petroleros en Kuwait, contaminando grandemente la atmósfera. Añadió al aire toneladas de gases tóxicos y, por otra parte, los enormes derrames de petróleo en el mar arrasaron con los ecosistemas marinos, actualmente podemos apreciar un problema de contaminación en el Golfo de México debido al derrame de petróleo ocasionado por la explosión una plataforma petrolera estadounidense y por su posterior hundimiento.

En suma, la contaminación sucede cuando se incorporan al agua diversas materias extrañas tales como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Éstos deterioran la calidad del líquido y lo tornan inútil para los usos pretendidos. La contaminación se produce por ocho factores importantes: microorganismos patógenos, desechos orgánicos, sustancias químicas inorgánicas, nutrientes vegetales inorgánicos, compuestos orgánicos, sedimentos y materiales suspendidos, sustancias radiactivas y contaminación térmica. Para finalizar, la contaminación del agua es un problema mundial, regional y local y también se relaciona con la contaminación del aire y con el modo en que usamos el recurso de la tierra. Entre los factores humanos que coadyuvan a contaminar el agua se pueden citar: el crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana.

3.1 Contaminación marina

Si bien los países industrializados han sido exitosos en el control de la contaminación proveniente de industrias, a la fecha, tienen problemas con la escorrentía en las tierras de cultivos y con las aguas

que fluyen de los centros urbanos cargadas con todos tipos de elementos cuyo destino final es el mar. El mar no sólo recibe las aguas residuales, sino que, en muchas ocasiones, se usa para arrojar las basuras o, incluso, los residuos radiactivos. El 80% de las sustancias que contaminan el mar tienen su origen en tierra. Cerca de un tercio de la contaminación marina proviene de la contaminación atmosférica que después acaba cayendo a los océanos.

Los océanos han sido un lugar ideal para depositar gran parte de los desechos de las actividades humanas. Los ríos transportan las aguas contaminadas a los mares. Las ciudades costeras liberan las aguas negras sin tratamiento alguno, además de grandes cantidades de desechos sólidos y compuestos químicos contaminantes. Varios países, entre ellos Francia e Italia, cada año, por un periodo indeterminado tienen que cerrar sus playas debido a la contaminación. Estados Unidos, hace 30 años, aceptó que depositaba anualmente al mar cerca de 50 millones de toneladas de desechos, llevados mar adentro por buque-tanques (tal cifra no incluye los desechos arrastrados por las aguas negras descargadas a lo largo de las costas de los océanos Atlántico y Pacífico y el Golfo de México). Entre las sustancias derramadas abundan desechos industriales que emanan de la perforación, explotación y refinamiento del petróleo, de fábricas de plaguicidas, de fábricas de papel, de las siderúrgicas, de acabado metálico, de operaciones de electro-deposición de metales así como sustancias derivadas del uso de una gran diversidad de productos químicos y materiales.

Se cree que, en los mares y océanos de grandes profundidades, el agua tiene la capacidad de diluir, dispersar y degradar grandes cantidades de aguas negras, algunos desechos industriales y petróleo. No obstante, el hecho de verter aguas negras y desechos agrícolas en las aguas costeras produce en el subsuelo un asentamiento de grandes cantidades de nitrógeno y fósforo que promueven el crecimiento acelerado de organismos acuáticos nocivos como son las algas. Lo peligroso es que, cuando las algas mueren, se descomponen y se genera una "zona muerta". Así, las aguas costeras quedan sin oxígeno y los peces y otras especies acuáticas mueren. Basta decir que actualmente existe en el Golfo de México una zona muerta de 7,800 kilómetros cuadrados cerca de la desembocadura del río Mississippi.

3.2 Contaminación del agua superficial y subterránea

El agua dulce se utiliza para el uso humano proviene de dos fuentes: agua superficial y agua subterránea (mantos freáticos). Se denota como agua superficial a aquella que al llover no se filtra a la tierra ya sea porque forma de modo progresivo un charco, lago, laguna, etc., o porque regresa a la atmósfera. Por otro lado, las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran por debajo de la corteza terrestre. Así, el agua freática es el agua subterránea de la cual se extrae agua para beber y riego agrícola, pero como su proceso de renovación es muy lento, resulta una fuente fácil de agotar.

La contaminación de los mantos de aguas superficiales puede ocurrir por fuentes no puntuales y por fuentes puntuales. La principal fuente no puntual de contaminación del agua es la agricultura. En el ámbito rural, mucha gente desecha los productos químicos y fertilizantes en ríos y caudales cercanos. Las aguas negras y los desechos industriales arrastrados por el agua de fuentes puntuales generalmente no se tratan. La mayoría, se descargan a las corrientes de agua más cercanas o en lagunas de desechos donde el aire, la luz solar y los microorganismos degradan a los desechos, matan a algunas bacterias patógenas (causantes de enfermedades) y permiten que los sólidos se sedimenten, contaminando no así al ambiente, pero sí al cuerpo de agua que los contenga.

Por otra parte, la contaminación del agua subterránea puede considerarse permanente. Algunas bacterias y la mayoría de los contaminantes sólidos son removidos o eliminados cuando el agua superficial contaminada se filtra en el suelo a los mantos acuíferos. Pero este proceso se sobrecarga por grandes volúmenes de desechos domésticos e industriales. Si bien el suelo es capaz de retener algunas sustancias contaminantes, no puede contener ni virus ni muchas sustancias químicas orgánicas, las cuales se disuelven en las aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas no pueden depurarse por sí mismas, ya que las corrientes de éstas son lentas y no turbulentas, y los contaminantes no se diluyen ni se dispersan fácilmente. Es difícil, también, que se lleve a cabo el proceso de descomposición aeróbica, ya que es muy poco el oxígeno debajo de la tierra, y las colonias de bacterias anaeróbicas son muy dispersas y no son suficientes para descomponer la materia. Para que las aguas subterráneas contaminadas puedan liberarse por sí mismas de los desechos contaminantes tienen que pasar cientos de miles de años.

Del mismo modo, un diagnóstico preocupante de la Comisión Nacional del Agua (CNA) indica que en 47 cuerpos de agua superficial, de 429 monitoreados, el líquido se encuentra “fuertemente contaminado” por la alta cantidad de materia orgánica; en 111 contaminado, y sólo en 84 en condiciones “excelentes”. Más de la mitad de los cuerpos de agua fuertemente contaminados, detalla el reporte Estadísticas del Agua en México 2007, se localizan en las regiones hidrológicas Valle de México y Lerma-Santiago-Pacífico. La Secretaría de Medio Ambiente, por su parte, advierte que la contaminación de los recursos hídricos es uno de los problemas más graves de deterioro ambiental que enfrenta México, tanto por el daño a los ecosistemas, como por los riesgos para la salud humana y por la inutilización de caudales de agua potencialmente aprovechables. Por último, las cuencas que reciben la mayor carga contaminante en el país, indica la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), son las de los ríos Balsas, Lerma, Nautla, Yaqui, Papaloapan, Tijuana y Tonalá, y la de los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Yuriria.

3.4 Métodos de tratamiento

En distintas partes del mundo, el tratamiento de las aguas servidas ha tomado prioridad, así se han

desarrollado distintos trabajos por ejemplo: el Sistema de lagos de tratamiento en Santee, California en los años sesenta-setenta, los estudios sobre *wetlands* en el Instituto Max Planck de Alemania-USA, el estudio sobre los lagos de la ciudad de Xalapa. Estos estudios tienen como factor común el proceso natural de purificación: “la forma en que estos humedales trabajan tiene similitud con los procesos biológicos que se dan en la naturaleza y en los filtros por goteo utilizados en las plantas de tratamiento convencionales” (Wolverton et al 1976: 7).

En este sentido, Kadlec y Knight (1993) narran el empleo de humedales naturales construidos concretamente para el tratamiento de aguas residuales y disposición. Los humedales son medios semi-terrestres con un elevado grado de humedad y una profusa vegetación, que reúnen ciertas características biológicas, físicas y químicas, que les confieren un elevado potencial auto depurador. Hoy en día, existen varios métodos para tratar el agua residual o aguas negras.

Existe un sistema de origen brasileño que trata las aguas negras mediante radiación solar. Se trata de la creación de una planta en la cual se lleva a cabo el tratamiento de aguas negras mediante la utilización de la radiación solar para eliminar bacterias patógenas y permitir que el líquido sea reutilizado principalmente en la agricultura. La tecnología es totalmente sustentable, debido a que ofrece la capacidad de reciclar un desecho por medio de una fuente de energía solar.

En el mismo sentido, para el tratamiento de aguas residuales, es posible la utilización de plantas acuáticas en digestores de gravedad, también llamados humedales artificiales o *wetlands*, que ofrecen ventajas con respecto de los sistemas de tratamiento alternativos, debido a que requieren poca o ninguna energía para funcionar. En el caso de contar con áreas no construidas, disponibles cerca de la instalación del digestor de cultivo acuático, ésta puede ser una alternativa idónea, ya que es posible el ahorro del gasto en la infraestructura requerida.

4 AGUA CALIENTE POR ENERGÍA SOLAR

El suministro de agua caliente en una vivienda constituye un factor de confort en la vida urbana, su goce implica la quema diaria de grandes cantidades de gas; que aparte de contaminar el medio ambiente impacta seriamente la economía familiar. Un sistema de ahorro energético importante sugerido para el calentamiento del agua de uso doméstico en el Valle de México es la utilización de la energía solar. Se estima que por cada metro cuadrado de colector solar se ahorra un barril de petróleo al año, así, es posible evitar el uso de calentadores de gas (Deffis Caso, 1994: 126). Esta tecnología surge a partir la crisis energética de 1970 cuando se volvió ineludible la búsqueda de sistemas de ahorro de energía alternativos, entre ellos los solares, por ello técnicos y fabricantes se abocaron, por un lado, a la investigación sobre sistemas de calentamiento económicos y confiables, así como por otro, a la producción industrial de los mismos.

En países de clima templado y escasos recursos económicos como México, resulta factible promover el empleo industrial y doméstico de sistemas alternos de calentamiento de agua pues constituyen fuentes disponibles de energía a bajo costo (Rodríguez et al, 2008: 149). De cualquier modo, antes de abundar sobre la utilización de este recurso, es preciso definir en qué consiste esta tecnología. Un sistema de calentamiento solar “es un dispositivo de transferencia y almacenamiento de energía (Ibíd.: 150).” El calentador solar más habitual, a nivel mundial, contiene dos dispositivos: un colector solar y un tanque de agua recubierto de una capa aislante usualmente llamado “termotanque”.

4.1 Funcionamiento

La energía solar se recibe, de inicio, en forma radiante, ésta incide a través de una superficie translúcida permitiendo el paso de las longitudes de onda del espectro visible. La cantidad de energía disponible funciona según la intensidad de la radiación, el ángulo de incidencia con respecto a la superficie translúcida y sus características físico-ópticas. Una vez que la radiación ingresa al colector solar calienta un elemento absorbente sea metálico o plástico de color oscuro cuyo fin es ofrecer la mayor absorción de energía solar posible. Así, la energía radiante calentará la superficie y cambiará de longitud de onda. A fin de lograr este efecto, la superficie translúcida de la cubierta del colector solar tendrá un acabado opaco para capturar con mayor eficiencia las longitudes de onda infrarrojas en el espacio interior del colector, provocando el llamado “efecto invernadero” (Rodríguez et al, 2008: 150).

El éxito del sistema en este inicio del proceso de calentamiento depende directamente de la transmisión de la superficie translúcida, el número de capas del mismo, la absorción y emisión del acabado del captador, el volumen de aire interior dentro del colector, la resistencia térmica del aislante tanto en las superficies laterales como en el fondo del colector así como del control de infiltraciones de aire entre los diferentes materiales que conforman la caja del colector. (Ibíd.)

Una vez que la radiación calienta la placa y el aire en el interior del colector, la energía térmica obtenida debe transferirse al agua. La solución más común es construir un peine de tubos interconectados por medio de dos tubos de mayor diámetro. A los tubos del peine se adaptan aletas de diferentes materiales con objeto de aumentar la superficie expuesta al sol. Hecho esto se produce una circulación del fluido a través del peine. En esta fase, el flujo es fundamental para la eficiencia del calentamiento y algunas de las variables a considerar son: la conducción de los tubos y aletas; el material y espesor de la pared del tubo y de las placas; el diámetro y número de tubos y, por último, la longitud del peine y velocidad de circulación del fluido.

Conseguido el calentamiento, la última etapa del sistema consiste en conducir el agua a un depósito para utilizarla cuando se requiera. Este depósito es un tanque aislado o termotanque. Se recomienda

que la circulación del fluido se genere de modo natural por el llamado efecto de termosifón, de no ser posible, se emplea un sistema de bombeo para hacer circular el fluido. Un sistema correctamente diseñado e instalado producirá agua caliente a temperaturas adecuadas.

No obstante, se deben vigilar ciertos factores para su buen funcionamiento como son los diámetros de los conductores, la distancia de las líneas, la altura al termotanque, el aislante de los tubos, la velocidad de circulación del fluido, la capacidad del tanque y el tipo de aislante. Igualmente, se debe fomentar la operación correcta del sistema y el mantenimiento por parte del usuario, pues la fuente energética del sistema sólo está disponible en cantidades variables durante menos de la mitad del tiempo del día (10 horas), por ello, el consumo de agua caliente debe ser racional y acorde al sistema instalado. En este sentido, se sugiere sensibilizar al usuario sobre la cantidad de agua caliente a consumir, el horario de uso y el mantenimiento programado del sistema, incluyendo la limpieza de la superficie translúcida (Ibíd: 151).

4.2 Componentes

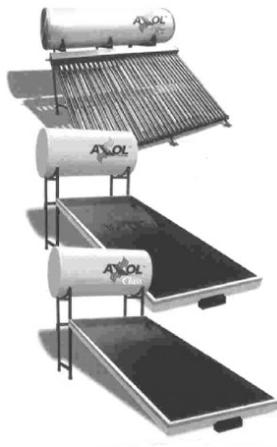
Un colector solar consta de cuatro componentes: 1) una o varias cubiertas transparentes, 2) una placa absorbente, 3) un aislante térmico y 4) un gabinete. Describamos cada elemento a continuación:

- Las cubiertas transparentes pueden ser de vidrio o materiales plásticos (poliéster, fibra de vidrio, policarbonato, mylar, etc.) cuyo objeto es producir el “efecto invernadero” al reflejar la radiación infrarroja y a su vez reducir las pérdidas por convección con el ambiente.
- La placa absorbente puede ofrecer diversas configuraciones y dimensiones. Los diseños más comunes son: tubos soldados o unidos a alguna aleta metálica, tubos paralelos unidos a dos cabezales y láminas metálicas paralelas. La placa se construye de tubos de cobre y aletas de cobre, aluminio y fierro galvanizado, también se utilizan plásticos como polipropileno, polímeros y elastómeros. La placa se recubre de un revestimiento negro mate (esmalte) que favorece la absorción de la radiación solar que además reduce la emisión infrarroja disminuyendo las pérdidas por radiación. (Martínez: 2000: 90).
- El aislamiento térmico tiene como función reducir las pérdidas de calor por conducción y los materiales aislantes que más se usan son la fibra de vidrio, el poliuretano y la lana mineral; que por lo general se coloca por la parte posterior.
- Los gabinetes se construyen de aluminio, lámina galvanizada, fibra de vidrio, poliéster y polietileno (Ibíd.: 92).

4.3 Tipos de colectores solares

En México existen dos tipos de colectores solares: los planos y los de enfoque o parabólicos, los planos se dividen a su vez en dos grandes grupos, los que integran un termotanque de almacenamiento y

aquellos que tienen colector y termotanque por separado. Estos colectores captan la radiación solar directa y difusa, y alcanzan a calentar el agua hasta una temperatura no mayor de 70° centígrados.



Colector plano



Colector parabólico

Distintos tipos de colectores

Por otro lado, los colectores parabólicos reciben la radiación solar en una superficie curva, para concentrarla sobre un área focal de esta superficie. Existe una gama de diseños pero requieren siempre de algún mecanismo para seguir la trayectoria del sol y la temperatura que alcanzan es hasta de 2000° centígrados, cuando logran concentrar 1,000 veces la energía solar en el punto focal de la superficie de captación. (Deffis 1994: 126-7).

4.4 Instalación

Los colectores solares se instalarán en lugares al descubierto para mayor recepción y aprovechamiento de la energía solar. El equipo consta de dos unidades:

- Un termocolelector que recibe el calor de los rayos del sol, orientado siempre hacia el sur cuya inclinación será de 10° grados más que la latitud del lugar de instalación. En el caso de la ciudad de México, los colectores se colocarán con una inclinación de 25° (Ibíd.: 134).
- Un termotanque que almacena el agua calentada cuya posición permitirá el llenado por gravedad, es decir, se colocará por lo menos a 30cm sobre el nivel superior de los colectores. De no ser esto posible y cuando el termotanque quede por debajo del nivel de los colectores se instalará una bomba con termostato para forzar la circulación controlada del agua a través de los colectores. El aire atrapado en colectores, tuberías y termotanques, deberá tener una salida, por lo cual se colocará un jarro de aire o una válvula eliminadora de aire en la salida del agua caliente. No olvidemos que los

días nublados imposibilitan utilizar la energía solar, por tanto, la instalación de calentamiento solar de agua deberá hacerse en serie con el calentador doméstico de gas que funcionará precisamente en esos días sin sol. (Ibíd.).

INSTALACIÓN TÍPICA

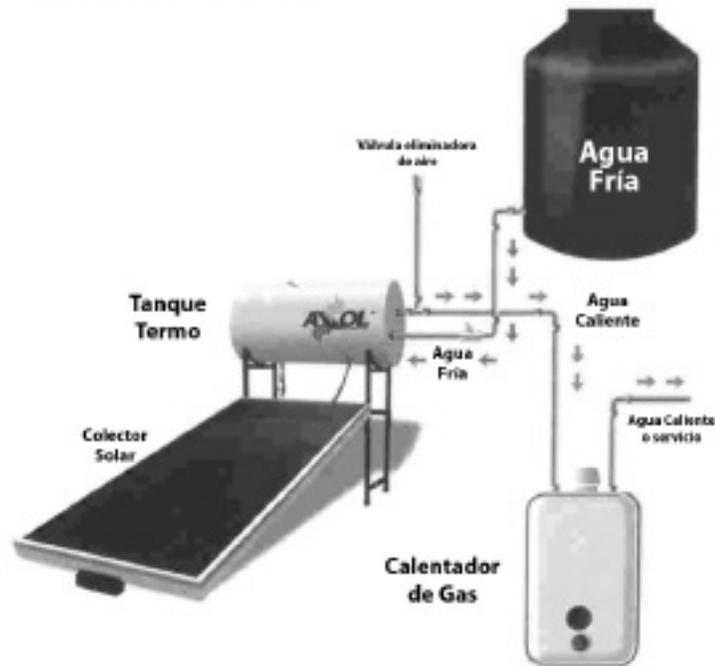


Diagrama 1. Conexión en serie de colector solar y calentador de gas.

4.5 Colectores solares en viviendas

Ubicados por lo general en las azoteas, este tipo de sistema funciona por gravedad. Los tinacos que abastecen los termocoletores y termotanques deben estar mínimamente 50cm arriba del nivel de los termotanques para su abastecimiento. La salida del tinaco deberá tener un diámetro de 32 a 50mm con una válvula de compuerta que controle el paso del líquido a los medidores, cada vivienda contará con un medidor, de este último la tubería sale de 19 mm para alimentar a los termocoletores y termotanque. El agua caliente saldrá por la parte superior del termotanque hacia el calentador automático de gas, para calentar el líquido en caso de que así se requiera (Deffis, 1994: 137).

4.6 Puesta en marcha del sistema

Después de haber instalado y probado el equipo en sus distintas partes y conexiones, se deberá verificar el nivel de agua en el termotanque. A continuación se abrirá la llave de paso para alimentar los termocoletores; una vez lograda el agua caliente se llevará a cabo el efecto de termosifón

provocado por la diferencia de temperaturas del agua. El agua ya caliente tiende a subir, dejando el paso a la fría, misma que al recircular por los termocolectores va adquiriendo mayor temperatura de modo paulatino. Es importante subrayar que en periodos de temperaturas bajas, se recomienda desalojar el agua del equipo para evitar rupturas de partes por congelamiento; o bien colocar una válvula anticongelante. (Ibíd.).

4.7 Mantenimiento

El mantenimiento de un colector solar para el calentamiento de agua requiere de operaciones sencillas de limpieza. La superficie de captación de los colectores solares se deberá mantener libre de polvo y obstrucciones, limpiando los cristales o acrílicos con una franela húmeda. Por otro lado, es importante revisar con cuidado y de modo periódico las válvulas eliminadoras de aire y el sistema de conexiones para evitar obstrucciones al escapar el aire. (Ibíd.).

4.8 Factibilidad económica

Desde el punto de vista económico, los colectores solares son sistemas alternativos de calentamiento de agua viables dado que la inversión sea recuperable de uno a dos años, esto sin desestimar que el alza constante en el precio del gas provoca que este periodo de recuperación se reduzca sobre bases particulares de consumo (Viqueira et al, 2008: 159). El binomio calentador de gas-colector solar conectado en serie permite economizar de modo significativo hasta un 75% del combustible. Mediante la aplicación de este sistema de ahorro energético, se gana calor y se racionaliza el combustible para calentar el agua, puesto que sólo se consume gas en los días muy nublados.

Por último, es importante enfatizar que lo ideal es que un arquitecto o ingeniero diseñe el sistema de calentamiento de agua desde el inicio de la construcción de la obra, para el binomio calentador de gas-colector solar funcione como un sistema armónico; sin embargo, no se descarta que se pueden hallar soluciones a construcciones a las cuales es posible incorporar este sistema después de ser realizadas (Ferreiro *et al.*: 1991: 172).

5 NORMAS DE DISEÑO, MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Las normas para efectuar una obra hidráulica en el Valle de México certifican que el arquitecto cumpla cabalmente con dos condiciones proyectuales siempre presentes en el ejercicio profesional: la primera, el establecimiento de una configuración de una red hidráulica acorde con el número de viviendas a construir y, la segunda, que dicha infraestructura dote en cantidad de líquido y servicio de drenaje al número estimado de la población que las habitará, contando con materiales y equipo de calidad que dé sustento a la solución técnica-hidráulica propuesta, sin afectar las zonas colindantes.

En otros términos, de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas (2005):

En México se requiere continua y permanentemente construir numerosas obras de infraestructura hidráulica, así como edificaciones para vivienda, oficinas, industria, comercio, servicios hospitalarios y otros. Tanto estas obras como las instalaciones correspondientes deben cumplir requisitos básicos de ingeniería para su buen funcionamiento, seguridad estructural, relaciones con el medio ambiente, duración y economía, según lo establece el Reglamento de Construcciones. En relación con lo que establece el Reglamento en su artículo 1 y para apoyar lo estipulado en sus Títulos Quinto, Sexto, Séptimo y Noveno, el Gobierno del Distrito Federal emite Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas dentro del Distrito Federal.

Este documento postula, por un lado, las exigencias mínimas de ingeniería para el diseño y ejecución de las obras e instalaciones hidráulicas de infraestructura y edificación en el Valle de México, con objeto de certificar un funcionamiento hidráulico ideal y una seguridad estructural aprobada. Por otro lado, establece recomendaciones respecto a los métodos y procedimientos de diseño y construcción al sugerir valores aplicables a los parámetros que intervienen en el diseño de la obra. Dichas normas regirán todos los trabajos de diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas que se realicen o se pretendan realizar tanto por el Gobierno como por los particulares, dentro del Valle de México, así como en otras entidades federativas de los Estados Unidos Mexicanos que tengan por objeto dotar a dichos ámbitos de servicios de abastecimiento de agua o de drenaje y saneamiento.

5.1 Metodología

Los datos se erigen sobre la base de una serie de estudios previos y constituyen elementos primordiales en la fase de planeación para la ejecución de una obra hidráulica, generalmente se extraen del cúmulo de estudios previos que deben realizarse durante su planeación. Resulta obvio mencionar que entre mayor sea la importancia del proyecto, mayor y más profundo será el número de estudios necesarios, incluso, pueden llegar a efectuarse en diferentes épocas del año y bajo circunstancias específicas, siendo a veces repetitivos para fines de comparación y aclaración.

Por la dimensión de la obra hidráulica que nos ocupa –que es de mediana envergadura– es comprensible saber que se necesitará una cantidad considerable de información la que se relaciona con un proyecto de obras hidráulicas. En este sentido, una variable a considerar es el número de habitantes (población) con base en la cual se va a efectuar el diseño.- Para su cálculo, se utilizarán métodos establecidos, tales como el aritmético, geométrico o logístico que se alude a la tabla que se presenta a continuación.

Población de proyecto (habitantes)	Dotación (1/hab/día)
De 2,500 a 15,000	100
De 15,000 a 30,000	125
De 30,000 a 70,000	150
De 70,000 a 150,000	200
Mayor a 150,000	250

Tabla 1--2. Dotación de agua potable.

En todos los casos. La densidad aproximada se deberá representar gráficamente integrando los resultados obtenidos y seleccionar el tipo de dotación estimada de acuerdo con la población en función de la historia demográfica según los tres últimos censos.

La dotación de agua potable se efectuará tomando como base los datos estadísticos que posea la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. En el caso de no existan dichos datos, la estimación se efectuará con tomarse los valores numéricos que se presentaron en la tabla referida. El cálculo obtenido para la dotación de agua potable según las características del proyecto pasarán a formar parte de la memoria descriptiva, aspecto que se presenta a continuación.

5.2 Memoria descriptiva

En dicha memoria se deberán consignar oficialmente todas y cada una de las acciones requeridas para el funcionamiento correcto de la red de distribución reestructurada o ampliada con respecto al sistema general; del mismo modo las especificaciones que se requieran para que la calidad del agua que suministre el Gobierno del Distrito Federal sea la adecuada, desde la conexión hasta los predios a través de la toma domiciliaria, cuidando que se desinfecten las tuberías que componen la nueva red antes de entrar en operación y que por ellas fluya el agua cuando menos con la velocidad mínima especificada. Con objeto de que la memoria descriptiva quede estructurada ordenadamente, a continuación se enumeran y describen los elementos con los cuales se dará forma a la descripción del proyecto.

A fin de conocer el contenido de la memoria, deberá consignarse al inicio de la misma un índice estructurado con los temas tratados en ella, así como el número de página donde se inicie el capítulo, inciso, relación de láminas, figuras, cuadros, copias de planos y anexos, incluyendo cualquier material que forme parte de la memoria. Se deberá asegurar que cuando el índice sea muy detallado y ocupe

varias páginas, éstas deberán numerarse en forma diferente a la utilizada en el resto del documento.

5.3 Localización del área del proyecto

Se deberá indicar claramente la ubicación del área del proyecto de la red, definiendo en su caso las calles perimetrales o las coordenadas geográficas, con el respectivo origen, de los puntos de la poligonal perimetral del área. En esta localización deberán también consignarse los sitios notables vecinos a dicha superficie, incluyendo el nombre de la colonia y delegación política correspondiente, así como los bancos de nivel en que se apoyará cualquier trabajo de topografía relacionado con la obra de la red de agua que se pretenda establecer.

5.4 Información de apoyo

Se deberán consignar las normas y especificaciones de diseño que sirvieron de acotamiento para el proyecto, así como las fuentes de información documental y cartográfica a las que se recurrió como apoyo, señalando autores y fechas, incluyendo los procedimientos y resultados obtenidos para el caso de levantamientos topográficos, estudios de Mecánica de Suelos, de factibilidad técnica - económica, de impacto ambiental, tenencia de la tierra y demás que definan en conjunto el contratista y la contratante.

5.5 Memoria de cálculo

Este documento deberá contener todos y cada uno de los cálculos realizados de acuerdo con las Especificaciones y Normas presentes, justificando los criterios tomados y las acciones realizadas para definir, desde el punto de vista hidráulico, los elementos componentes de la red, así como su suministro, instalación, operación y conservación. Para lo anterior, a continuación se describen la metodología y los criterios de diseño a emplear.

5.6 Tomas domiciliarias

El tramo de tubería entre la red de distribución municipal y el medidor, incluido éste, constituye la toma domiciliaria, cuyo diámetro se determinará tomando en cuenta lo consignado en el artículo 2.2.4 de las Normas Técnicas Complementarias para Instalaciones de Abastecimiento de Agua Potable y Drenaje, publicadas en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 27 de febrero de 1995.

5.7 Diseño de redes de distribución de agua potable

El estudio hidráulico de las redes de distribución de agua potable se enfocan a conocer su funcionamiento en las condiciones de trabajo más desfavorables a partir de los gastos máximos horarios unitarios determinados por los requerimientos de sus habitantes de acuerdo con los usos del

suelo, incluyendo las cargas disponibles en metros de columna de agua en cada cruce y en los sitios topográficamente críticos de la red. Con objeto de reducir el costo por concepto de piezas especiales y válvulas de seccionamiento, y facilitar la operación de la red, se hará lo posible para que las tuberías de relleno pasen a desnivel entre sí en los cruces interiores de los circuitos, siempre y cuando las condiciones del proyecto lo permitan.

En los casos de revisión hidráulica de redes existentes se debe considerar también la edad de éstas y la calidad del agua circulante. Primeramente se calculará la demanda a cubrir, considerando como gasto específico el resultado de dividir el gasto máximo horario entre la longitud total de la red. Se localizarán las tuberías principales, tomando en cuenta la topografía y puntos obligados, considerando separaciones de 400 a 600 m de tal manera que se formen circuitos, numerándose en seguida los cruces que se tengan en las líneas primarias.

5.8 Materiales

Tuberías, cuando se habla de las tuberías, se hace referencia tanto a tramos rectos como a codos o conexiones que ayudan a que el agua corra sin dañar o estorbar a otras instalaciones o simplemente para alargar la tubería, estas pueden ser de distintos materiales los más usuales son:

- Tuberías de acero: acero inoxidable, son las que tienen mayor resistencia entre los materiales férricos y su característica principal es que tiene una gran resistencia a la corrosión y una mayor capacidad mecánica. Tienen un mayor costo.
- Tuberías de acero galvanizado: es el más utilizado, su nomenclatura se basa en la dimensión interior en pulgadas y se utiliza en la construcción para instalaciones en general.

TUBERIA:

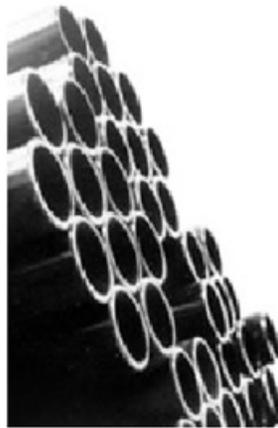
- Tubería Galvanizada de 1/8" a 4"
- Tubería sin costura
- Tubería negra y galvanizada con costura
- Tubería lisa de 1/8" a 120" de diámetro en espesores desde 3/16" hasta 2" diámetros mayores
- Tubería Roscada de 6" a 12" de diámetro.
- Tubería Ranurada
- Longitudinal de 6" a 20" de diámetro.
- Tubería Ranurada Tipo Sobresaliente (canastilla) de 8" a 18" de diámetro.
- Tubería con faja.
- Coples para tubería de 6" a 10" de diámetro

Estructural

- Mon - Ten Ced.30
- Tubería de Cobre
- Tubería PVC
- Extrupak
- Tubería de Acero Inoxidable Tipo 304 y 316

Tubería con recubrimientos especiales:

- Recubrimiento epóxico
- Fusión Bonded Epoxy
- Tricapa

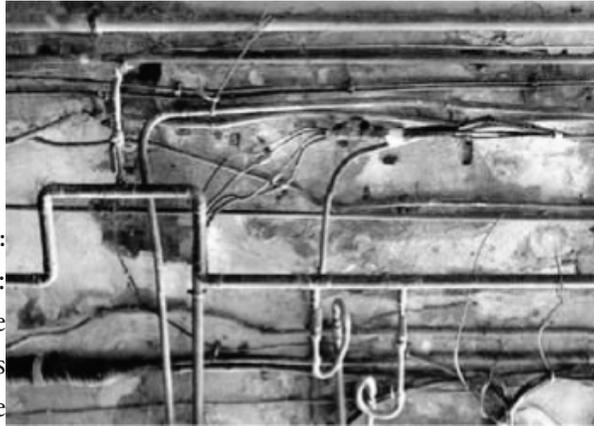


Fotografía e información: Nacobre México

- Tubería de cobre: Es un material de gran aplicación, su facilidad de colocación y buen



comportamiento al agua caliente lo convierte en un material de gran aplicación.



Fotografía e información:

- Tubería de plomo: son bastante blandas. Se cortan con sierras para metales. Hace tiempo que se dejó de usar porque era recomendable en instalaciones de agua caliente porque se deterioraba rápidamente con altas temperaturas. Incluso se ha llegado a cuestionar su uso en la distribución de agua de consumo.

Nacobre México

Las tuberías de plomo pueden cortarse fácilmente con serruchos comunes. Se probó que el plomo no es adecuado para instalaciones de agua



Imagen: tubería de plomo

• Tubería de cloruro de polivinilo (PVC): el PVC es muy resistente a productos corrosivos, disfruta de un índice de dilatación térmica razonable y los tramos de tubería se unen fácilmente con adhesivos especiales. Su uso se recomienda para tragantes (tuberías por donde se evacua el agua usada), bajantes (tubo principal de desagüe) o sifones ("obstáculos" de la tubería que permiten filtrar objetos que pueden dañar la tubería, e impiden el retorno de malos olores). El uso de tuberías de PVC es limitado, ya que con altas temperaturas el material puede sufrir alteraciones. Las bajas temperaturas también le afectan negativamente, provocan gran rigidez en el plástico y elevan su sensibilidad a los golpes.

TIPO DE ASENTAMIENTO	
I HABITACIONAL	DOTACIÓN
I.1 Vivienda de hasta 90.00 m2 contruidos	150 litros/habitación/día
I.2 Vivienda mayor de 90.00 m2 contruidos	200 litros /habitación/día

Fotografía http://es.123rf.com/foto_449834_Pila de tubos de PVC

5.9 Instalaciones

El diseño de la trama de tubos y acoplamientos en una disposición bien organizada que corresponde a un sistema específico de alimentación, transporte y desecho se conoce comúnmente como instalación, tanto en una vivienda como en un edificio existen distintas instalaciones hidrosanitarias, que obedecen a diversos fines y que se enuncian a continuación:

- Instalaciones hidráulicas.
- Instalaciones contra incendio.
- Instalaciones sanitarias y de desagüe pluvial.

En el caso de las instalaciones hidráulicas y sanitarias, se emplearán como indicadores para el cálculo de la dotación de agua, por un lado, el número estimado de la población y, por otro, la cantidad correspondiente según sea el tipo de proyecto (edificios o unidades habitacionales). Del mismo

modo, se estimara la dotación del líquido respecto al número de recámaras por vivienda en la cual se establecen dos ocupantes potenciales por recámara y el número de metros cuadrados construidos, información que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla: Dotación Mínima de agua potable en tipos de vivienda según datos obtenidos de las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (2005).

Por el lado social del funcionamiento humano del inmueble, las necesidades de agua potable demandadas por empleados o trabajadores se considerarán por separado a razón de 100 litros/hombre/día, en las distintas áreas donde se requieran baños con regadera, y de 40 litros/hombre/día en caso de contar únicamente con el servicio de sanitarios.

A modo de resumen, en el planteamiento de una instalación hidráulica o de cualquier tipo de instalación, es muy importante llevar a cabo en la fase de planeación, una metodología clara y precisa en armonía con el tipo de proyecto, cuidando tanto las normas que rigen para tal efecto, como el desarrollo y ajustes de los planos que formaran parte del proyecto ejecutivo, así como la memoria descriptiva y de cálculo necesarias para su ejecución. Por otro lado, es importante también que se plasmen tanto en la documentación correspondiente como en los planos las especificaciones de los materiales y equipos, así como el sistema constructivo y de operación con que funcionara la edificación.

6 DISPOSITIVOS DE AHORRO DE AGUA

La vivienda moderna ofrece el goce de que con sólo abrirse una llave que libera el paso del agua, el usuario es capaz de resolver múltiples necesidades: elaboración de alimentos, higiene personal, lavandería, limpieza, regado o diversión. Estamos rodeados de aparatos que facilitan nuestra vida, tornando las actividades de rutina menos tediosas y más rápidas. Ello refleja un estilo de vida urbano asociado con muchas actividades. Sin embargo, tal confort trae consigo un consumo importante de agua cuyo gasto se ha cuadruplicado durante la segunda mitad del siglo (Grimond, 2010).

Es obvio que para cada actividad mencionada, se utilizan ciertos artefactos que se ubican en un universo de marcas y productos. La selección de un producto y una marca que pueda satisfacer nuestras necesidades se sopesa en términos de precio, atractivo estético, conocimiento de la marca, colores, facilidad de uso e instalación; sin embargo hoy, se debe estimar si el aparato es, al mismo tiempo, sustentable. Los consumidores conscientes de la ecología buscan productos que empleen tecnologías que ayuden a la reducción del consumo de agua, como son inodoros, regaderas y llaves mezcladoras. Estos productos contienen en su diseño dispositivos ahorradores que disminuyen

significativamente el consumo del vital líquido.

En la zona del Valle de México, la tasa de consumo se calcula en promedio por habitante alrededor de 300 litros diarios, y ésta aumenta en zonas residenciales de clase alta o media alta, donde fluctúa de 400 a 600 litros, a diferencia de zonas populares marginadas donde el consumo puede llegar a ser de alrededor de 20 litros⁹. Otro indicador de consumo a nivel internacional es la llamada huella hídrica (*water footprint*) de un individuo, comunidad o comercio; se define como el volumen total de agua dulce utilizado para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o comunidad así como los producidos por los comercios. México tiene un nivel de consumo medio estimado en 1441 metros cúbicos por persona¹⁰. En otros términos, para abatir estas cifras que preocupan es necesario plantear, por un lado, cómo reducir el gasto de agua y, por otro, cómo evitar su desperdicio.

6.1 Reducción del consumo de agua

Conforme a la literatura consultada, existen tres niveles que hacen posible optimizar el gasto de agua. El primero, se enfoca a sensibilizar al individuo sobre los hábitos de consumo del agua y a que practique de forma efectiva tanto el ahorro del agua como su reutilización. El segundo, propone la utilización del recurso tecnológico que permita reducir el consumo mediante dispositivos que sean sencillos de instalar y que de preferencia eviten la intervención de un plomero. El último nivel, plantea reducir el desperdicio sin restringir su uso. La Organización No Gubernamental (ONG) inglesa, Waterwise (2010) INDICAR FUENTE estima que cerca de un tercio del agua que cada persona usa diariamente se desperdicia, y se va directamente a la coladera o se va por el inodoro sin que se haya usado. En México, la Comisión del Agua del Estado de México, estima que de cada 100 metros cúbicos de agua el 40% se pierde por fugas, en el sistema de distribución de aguas potables. En el hogar, se estima que el mayor desperdicio se da en los inodoros en un 36%, seguido por actividades de higiene personal en un 31%, y otras actividades menores que suman el restante 33% INDICAR FUENTE.

Por ello, es importante conocer la cantidad de agua que se usa en las actividades domésticas según el Centro Virtual de Información del Agua:

Una ducha	90 litros
Baño en tina	350 litros
Lavado de dientes sin cerrar la llave durante 1 min	6 litros
Lavado de 10 kg de ropa	140 litros
Lavado de vajilla sin cerrar la llave durante 15 min.	90 litros
Lavado de automóvil sin cerrar la llave durante 25 min	150 litros

9 Según cifras del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA) AÑO FUENTE.

10 Según cifras de la organización no gubernamental Water Footprint disponible en <http://www.waterfootprint.org/> AÑO FUENTE

Lavado de manos durante 1 min	6 litros
Afeitarse sin cerrar la llave durante 3 min	18 litros
Descarga de inodoro 1 vez	15 a 20 litros

Ahora bien, en una estimación porcentual según la organización Waterwise (IBID), una persona promedio utiliza 130 litros diarios, cuyo uso se divide en:

• Inodoro	30%
• Lavado personal en tina y lavabo es de	21%
• Lavado personal en regadera es de	12%
• Lavado de ropa	13%
• Lavado de trastes	8%
• Actividades al aire libre, regado del jardín	7%
• Otras actividades, como trapeado de pisos, etc.	5%
• Beber agua	4%

En el mismo sentido, es importante establecer en qué áreas de la vivienda se produce el mayor consumo de agua con sus respectivos muebles:

- Baños: inodoros y lavabos
- Cocinas: fregadero y lavavajillas
- Área de lavado: lavadora de ropa
- Espacios exteriores: manguera para el regado

Con base en lo anteriormente dicho, ahora es posible estimar de modo claro los dispositivos de ahorro de agua con los que se cuenta en México.

6.2 Dispositivos de ahorro de agua en el mercado mexicano

La Comisión Nacional del Agua creó el Reconocimiento Grado Ecológico para distinguir a inodoros y regaderas con bajo consumo de agua. Se cuenta con una amplia oferta en el país que consta de un gran número de fabricantes y marcas. A la fecha, existen 85 marcas de regaderas, de diferentes fabricantes, para uso corporal Grado Ecológico 5, cuyo gasto máximo es menor a 3.8 litros por minuto. En cuanto a los inodoros, el criterio para obtener el Grado ecológico 5, se otorga aquellas marcas que utilicen menos de 5 litros por descarga, hay 74 marcas, con varias compañías que cumplen con este requerimiento¹¹.

En la misma área de baño existen también dispositivos mecánicos para ahorrar agua como son:

¹¹ Para obtener más información en cuanto a marcas y fabricantes es necesario consultar el siguiente sitio en Internet de Conagua: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?id=Inodoros%20y%20regaderas|Certificación|0|0|39|0|0>

- Tapón para baño con dos salidas, el cual permite el reciclaje del agua que ha sido usada al tomar una ducha o bien ésta se puede descargar al drenaje (Modelo *Two-way bath plug*).

Número de Norma	Descripción
NOM-005-CNA-1996	Fluxómetros y especificaciones de prueba
NOM-006-CNA-1997	Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba
NOM-008-CNA-1998	Regaderas empleadas en el aseo corporal –Especificaciones y Métodos de prueba
NOM-010-CNA-2000	Válvula de admisión y válvula de descarga para tanques de inodoro – Especificaciones y Métodos de prueba
NOM-009-CNA-2001	Inodoros para uso sanitario – Especificaciones y Métodos de prueba

Llave mezcladoras mecánicas de tiempo, grifos que permiten una dotación de agua para el lavado de manos de modo racional (Modelo *Prism Ecoclik Basin Mixer*).

Llaves mezcladoras monomando, dispositivos que permiten la selección de agua fría o caliente en una sola llave y que una vez encontrada la combinación de temperatura idónea se puede abrir o cerrar en un solo movimiento, utilizables en baños o fregaderos.

Es posible también contar con dispositivos electrónicos como:

- Llaves mezcladoras que funcionan con un sensor electrónico
- Mingitorios que funcionan con un sensor electrónico para la descarga de agua.

Existe también la combinación de diferentes tecnologías como:

- Mueble donde uno se puede lavar las manos o bañarse, y el agua jabonosa utilizarse en la descarga el inodoro.

Para finalizar, basta decir que los dispositivos de ahorro de agua y muebles son productos que se encuentran regulados por las normas oficiales mexicanas (NOM), de carácter obligatorio, cuyo fin busca el incremento de la eficiencia de los productos de consumo doméstico que se ofrecen en el mercado nacional. Si se desea consultar algunas normas oficiales que evalúan regaderas, inodoros y fosas sépticas se presenta la siguiente tabla:

Tabla: Normas aplicables a distintos dispositivos de ahorro de agua. (Normas Oficiales Mexicanas)

Vale mencionar que constructoras e inmobiliarias nacionales, como Geo o Ara, ya aplican criterios sustentables, para la venta de sus conjuntos inmobiliarios. En ellos, se instalan de manera paralela el sistema de red de agua potable junto con la red de agua pluvial. Esta última, se enfoca a la captación de agua pluvial que se acumula en durante la época de lluvias, tanto en las azoteas como jardines, mediante un sistema que capta, canaliza, almacena y aprovecha el agua pluvial en cisternas que pueden aprovecharse a lo largo del año en el uso de inodoros, regaderas y riego del jardín. La eficiencia se incrementará con la aplicación de dispositivos y muebles que posibiliten un ahorro de más líquido acompañado de un buen sistema de administración del inmueble, aspecto que trataremos a continuación.

7 ADMINISTRACIÓN DE INSTALACIONES

Como se ha visto en este artículo, es imperioso incorporar en el quehacer de la construcción una serie de avances tecnológicos tanto para el aprovechamiento del agua pluvial como para el cuidado y utilización del agua potable en las viviendas. Al respecto, se sabe que esta noble empresa conlleva una serie de procedimientos administrativos a cumplir para el buen funcionamiento de las obras hidráulicas esbozadas. En “papel”, en la Ciudad de México ya se ha teorizado el aprovechamiento del vital líquido: Según Deffis (1990:106) “Si se aprovecha el agua pluvial en la zona metropolitana 730 mm/año durante 4 meses, se generaría una recarga del acuífero subterráneo de 750 millones de metros cúbicos al año, algo así como el líquido necesario para 8 millones de personas a razón de 100 litros diarios por habitante”, por ello es fundamental estimular la captación del agua pluvial.

No obstante, dicha captación deberá ajustarse a parámetros bien establecidos. Es valioso recordar que toda instalación arquitectónica se crea a partir de un cálculo de aprovechamiento potencial, conforme a las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas del Gobierno del Distrito Federal, éstas fijan los requisitos mínimos de ingeniería para el diseño y ejecución de las obras e instalaciones hidráulicas de infraestructura y edificación en el Distrito Federal, a fin de asegurar su buen funcionamiento hidráulico y su seguridad estructural, así como establecer recomendaciones en cuanto a métodos y procedimientos de diseño y construcción, sugerir valores de los parámetros que intervienen en el diseño y, proporcionar al diseñador y al constructor o instalador bases que faciliten su trabajo de ingeniería dentro de la

práctica recomendada (Gobierno del Distrito Federal: 2004).

Así, el arquitecto, ingeniero, constructor y dueños de inmuebles deben conocer y ponderar las necesidades que requiere el inmueble en materia de instalaciones para la captación y utilización de aguas pluviales. Como estos procesos operarán a todo lo largo de la vida del inmueble es menester contar con una buena administración de dichas instalaciones y de las instalaciones en general (ver anexo 1). La administración cuidadosa y el mantenimiento sistemático de las instalaciones serán siempre un aspecto importante para que el sistema de aprovechamiento de agua pluvial funcione de modo eficiente y continuo. En este sentido, se plantea una reflexión, desde lo general, sobre la administración de dichas instalaciones que se constituye en cuatro momentos: 1) en la etapa de proyecto; 2) en la construcción del inmueble; 3) en la puesta en marcha del sistema y 4) en la vida útil del inmueble. Aspectos que se presentan a continuación.

7.1 Primer momento: etapa de proyecto

El proyecto de administración de instalaciones propuesto será producto del trabajo de proyectistas, constructores y administradores de la obra con objeto de obtener un resultado que sustente un proyecto profundamente analizado, calculado y puesto en funcionamiento con el respaldo de documentación entregable. La administración y mantenimiento eficaz sólo es posible cuando se conocen en detalle los procedimientos y funcionamiento de operación de los elementos de tubería que interviene en el sistema elegido, por ello como primer paso es necesario desarrollar conocimientos fiables sobre los puntos básicos de la instalación o ya que de esta forma se sabrá cómo se diseñó la instalación con sus limitantes y alcances.

Los proyectistas realizarán el proyecto conforme a lo estipulado por el cliente, con las especificaciones que él demanda, bajo la normatividad existente, (planes delegacionales, uso de suelo, reglamento de construcción, normas técnicas complementarias, etc.). Así, se procederá al diseño de las instalaciones con base en una especificación de uso a partir del proyecto arquitectónico cuyo producto serán los planos entregados para obra debidamente firmados y aprobados por el cliente y la autoridad para su construcción. Esto conforma la información de base del proyecto.

En el caso que nos ocupa se trata de un conjunto de 150 viviendas, proyecto mediano que se deberá calcular por un despacho o un ingeniero con experiencia en instalaciones hidráulicas con poder para firmar y avalar los planos como Corresponsable en Instalaciones¹², ya que el Director Responsable de Obra tendrá la obligación de pedir estos requisitos a la constructora que realizará los trabajos de construcción y poder entregar esa información al cliente, a la Delegación y conservarla para su

12 Consultar: Reglamento de Construcciones del Distrito Federal artículo 36, III a, artículo 39 III, en Gobierno del Distrito Federal (2004) Reglamento de Construcción del Distrito Federal, Editorial: Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D.F.

registro¹³.

La información sobre las instalaciones se plasmará tanto en planos impresos como en medio electrónico, describiendo la instalación con plantas, cortes, especificaciones, detalles e isométricos los cuales detallarán cómo debe de construirse la instalación. Por otro lado, se elaborarán las memorias de cálculo correspondientes con un respaldo, acompañado de graficas, demostrando características y comportamiento de los materiales para saber bajo qué criterios se colocaron los diámetros y los materiales para la instalación, del mismo modo, se registrarán todos los equipos y motores que serán necesarios para la instalación.

7.2 Segundo momento: etapa de construcción del inmueble

Al final de toda construcción de instalaciones, la constructora tendrá la obligación de entregar al cliente; 1) Planos actualizados al final de la obra; 2) Manuales de uso y mantenimiento de todos los equipos; y 3) en caso de que existan, Manuales de calidad. Es relevante contar con manuales de calidad que incorporen certificados de calidad de las tuberías y materiales utilizados, que indiquen bajo qué normas fueron colocadas. Así mismo, se deberán incluir garantías de materiales y colocación. Se recomienda anexar el catálogo de proveedores a fin de poder ubicar y hacer efectivas las garantías, ya que una buena administración en instalaciones se puede medir en que la falta de servicio sea imperceptible para el usuario final, esto es, que los servicios no se interrumpan solo bajen su rendimiento, que se tenga una certeza en cuanto tiempo regresará el servicio que ofrece la instalación o que los servicios de mantenimiento y compostura sean realizados en horarios nocturnos. Por otro lado, cuando se sientan pautas para ejercer una buena administración, conforme a Michael Thomsett:

...se debe establecer un procedimiento para la compra de equipo que incluya la siguiente información: identificación (fabricante y descripción) número asignado de activo (en caso de que exista control de activo) clasificación del activo (equipo, accesorio, etc.) números de modelo de serie o motor, especificar si es nuevo o usado, datos del vendedor o proveedor, fecha de compra, ubicación del activo, información detalla del costo. Además del registro de equipo adquirido debe elaborarse registro detallado de la utilización del equipo, el control del costo de mantenimiento y depreciación. (1994:127)

Con todo, es un hecho que en toda construcción existen dificultades para seguir al pie de la letra todas las instrucciones e indicaciones del proyecto ejecutivo, por tanto se recomienda contar con los planos finales (*as built*) y que éstos legalicen el estado real de la construcción, así, se sabrá por dónde pasan las instalaciones, dónde existen registros y cómo son los equipos; estos planos tendrán que ser especificados a detalle, con plantas, cortes, simbologías, dimensiones, isométricos, cedulas, diámetros, soldaduras, características de bases de equipos y tanques, direcciones de flujo, válvulas,

13 (Ver Reglamento de Construcciones del Distrito Federal artículo 35, VII). Ídem.

cableados, diagramas eléctricos, cargas, tableros, conexiones etc. Vale la pena mencionar que la factura de estos planos es costosa y ostenta cierta dificultad pues no se considera en el contrato original de la obra.

7.3 Tercer momento: puesta en marcha del sistema

En esta fase, la obra hidráulica da sus primeros pasos hacia la vida útil. En la sinergia hombre-instalación, la constructora probará los equipos proyectados originalmente, realizará pruebas de calidad y de trabajo pertinentes antes de recibir todos los trabajos de colocación de equipos y tuberías, con esto se garantizará el sellado correcto en tuberías y el trabajo fiel de los equipos; una vez puestos en funcionamiento.

En este mismo período, la constructora se hace responsable de ofrecer capacitación al personal que realizará los trabajos de mantenimiento de dichos equipos por parte del cliente. La constructora otorgará, además, una carpeta técnica al cliente en la cual se explicará en detalle el funcionamiento de todas las instalaciones y los posibles proveedores de servicios en caso de un mal funcionamiento. Habrá que subrayar que ciertos proveedores de equipo especifican claramente que si el equipo no es reparado por su personal autorizado la garantía se perderá.

7.4 Cuarto momento: la vida útil del inmueble

En aras de efectuar una buena administración durante el uso continuo de las instalaciones hidráulicas es preciso instituir un registro y verificación constante de los equipamientos involucrados. Por esta razón, es necesario desplegar un programa de control de servicios de mantenimiento durante la vida útil de las instalaciones. Con este cúmulo de información sobre las instalaciones, se conforma el Expediente Técnico que contiene toda la información técnica del inmueble (arquitectónico, estructural e instalaciones). Esta información se redactará de modo sencillo y se organizará en diversos subtemas y equipamientos a fin de que cualquier persona pueda localizar fácilmente dicha información, ya sea el cliente o en el mejor de los casos el personal de mantenimiento o personal administrativo, el cual se hará cargo de emitir órdenes de trabajo a posibles servidores de mantenimiento que desconocen las características completas de la instalación.

Para concluir, es importante sopesar, del mismo modo que la alternativa de administración anterior, la inclusión de una opción orientada hacia las nuevas tecnologías, una alternativa de control de información para administrar un edificio o un agrupamiento de viviendas que se realiza por medio de lo que se denomina BIM (Building Information Modeling -Modelado de Información para la Edificación).

Se trata de un modelo de edificio basado en datos, es decir, un proceso de representación gráfico que crea “vistas” multidimensionales, con gran cantidad de datos disponibles, utilizables en todas las fases del proyecto, construcción y mantenimiento. Este recurso tecnológico impacta positivamente en la comunicación, colaboración, simulación, optimización y administración (Villamor, en Deconstrumática online: 2009).

El BIM se genera mediante la aplicación de un software que permite el control de la información de manera gráfica, lo cual lo hace más amigable al usuario, el programa es capaz de integrar la información generada por los proyectistas, la cual se envía a los constructores y si existe alguna modificación, ésta se realiza directa en los planos y especificaciones para la realización de planos finales (*as building*) los cuales se entregarán al cliente final, quién podrá contar con todo el acervo de información para saber: dónde están ubicados los equipos, por dónde pasan las instalaciones, cómo fue construida (especificaciones), cuánto cuesta, cómo es y qué trayectorias tiene, de una manera fácil y práctica a partir de reportes hechos a la medida del cliente (Assael, en Deconstrumática online: 2008). En suma, una nueva modalidad tecnológica de administración de distintas instalaciones (ver anexo 1) que bien se merece considerar.

CONCLUSIONES

El agua es un recurso natural renovable básico para la vida y el desarrollo de la actividad humana. No obstante existen dificultades para dotar de líquido al Valle de México, por tanto, es recomendable contemplar la utilización de sistemas alternativos para la obtención de una mayor cantidad de agua. De este modo, se podrán combatir algunos problemas que surgen para traer agua a la ciudad como son: hundimientos diferenciales por exceso de extracción de los mantos acuíferos, desecación de ríos de la ciudad, mayores obras hidráulicas para traer agua de lugares cada vez más lejanos, etc. La recomendación internacional propone el trabajo conjunto de los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México en la captación de agua pluvial, para lo cual se podría utilizar el sistema de presas o vasos reguladores que existen en la actualidad mediante su adaptación y modernización.

El agua de lluvia es un recurso de suministro potencial que puede contribuir a aliviar el problema y que a la fecha no se utiliza sin desestimar que el agua pluvial requiere de poco tratamiento para volverla potable. Es imperioso que el gobierno legisle en dos sentidos: sobre la captación de agua pluvial y sobre materia de ahorro energético.

El uso y aprovechamiento de cada recurso tecnológico enunciado en este artículo deberá instituirse en una serie de normas de carácter gubernamental sobre el ahorro de energía que rijan una sustentabilidad racional urbana. Dichas medidas se considerarán tanto en la renovación de proyectos existentes como futuros. Será preciso cumplir cabalmente lo propuesto en papel a nivel de obra y urbano. Es decir, sólo mediante el seguimiento y vigilancia tanto a nivel gubernamental como social de lo estipulado se podrá tener éxito en la aplicación, ejecución y administración de los diferentes

proyectos de ahorro de energía, como son: la captación de agua pluvial, ahorro de gas, separación de redes de drenaje y pluviales e implementación de sistemas constructivos para la inyección de agua pluvial al subsuelo o el manto acuífero.

Los hechos muestran que mientras la ciudad siga creciendo, las soluciones no son definitivas, y los problemas se aglutinan. No todo es resultado del buen o mal gobierno, la sociedad mexicana con su particular idiosincrasia contribuye fuertemente a esta problemática: la tira inconsciente de basura en las calles provoca que se tapen las salidas del drenaje y que el gobierno efectúe desazolves de emergencia debido a los tapones de basura provocados tanto por transeúntes, choferes, comerciantes o amas de casa.

Es necesario elevar el nivel de la corresponsabilidad social, si bien, el planteamiento de una reeducación en materia de ahorro energético en los distintos niveles de la sociedad resulta un aspecto difícil; sea por cultura o educación. Está comprobado que con el diseño de campañas y estrategias de promoción y la implementación de normas vigiladas y aplicadas, el ahorro energético puede ser significativo. En este sentido, la inclusión de nuevas tecnologías, en conjunción con tales campañas se promueve una tríada entre gobierno, constructores y ciudadanos a modo que se reoriente la educación hacia la captación del agua pluvial y ahorro energético tanto en la zona urbana y conurbada y así hacer un uso más racional del consumo de energía.

Lo anterior, plantea una serie de ajustes a la infraestructura hidráulica urbana de agua potable ya construida y aquella por construir como lo es el drenaje pluvial, de la misma forma, estos mismos ajustes se deben operacionalizar a nivel vivienda, condominio, conjunto habitacional, etc. Este sentido de optimización, el ahorro energético y el reciclaje del agua sólo será exitoso mediante una buena administración de los distintos inmuebles. Para ello, es vital conocer las condiciones proyectuales de cada inmueble así como sus limitantes y alcances, adecuando por medio de las nuevas tecnologías la captación y aprovechamiento del agua pluvial y ahorro energético en aras de mejorar el desempeño y sacar el mayor provecho de una instalación modificada. En los desarrollos inmobiliarios de nueva creación, será preciso dotar al usuario no tan sólo del inmueble físico sino también de planos finales, memorias, manuales de operación, reglamentos y normas de administración en este marco tecnológico propuesto.

Los asentamientos urbanos crecen y parece que en ningún lugar del orbe se pueden poner límites. Las soluciones actuales son meramente paliativas y la única opción racional es la aspiración hacia la sustentabilidad que otorga el respeto a la naturaleza y que, en cierto modo, puede hacer reversible ciertos errores cometidos.

De modo específico, ubicados en los proyectos de vivienda, el reto de diseño debe incluir abatir el

volumen de agua utilizada, por medio de la reducción del gasto del agua y así evitar el desperdicio. Es preciso sensibilizar al usuario al respecto, así como dotarlo de recursos tecnológicos como dispositivos de ahorro de agua que varían en su “Grado Ecológico” como pueden ser llaves mezcladoras para lavabos y cocinas, regaderas, tapones para tina de doble salida para recircular el agua de un primer uso. Por ello, desde la etapa del proyecto, entendido como un proyecto integral sería conveniente, prever un sistema de captación, calentamiento, potabilización de aguas y optimización de materiales y dispositivos, tomando en cuenta el estilo de vida de las personas y las diferentes circunstancias ecológicas e hidrológicas que los rodean para poder pensar en un estilo de vida digno y sustentable. Para finalizar, es valioso recordar que si bien la arquitectura y el urbanismo son disciplinas que en su mayor parte proponen una mirada analítica-funcional del objeto arquitectónico desde el nivel del terreno “hacia arriba”, existen dimensiones primordiales que se conceptúan y toman vida “hacia abajo” o bien se encuentran intramuros y pese a que no son observables son sumamente importantes: el drenaje, la calefacción, la tubería, el cableado etc., y que por el lado de la naturaleza tenemos la tierra, los mantos acuíferos y más profundo los mantos freáticos y que de el buen funcionamiento de ellos se desprende la continuidad de la vida.

BIBLIOGRAFÍA

- V Reunión Nacional sobre sistemas de Captación de Agua Pluvial (1998), *Lineamientos estratégicos sobre captación de agua de lluvia para captación humana*. ED. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Alatorre, Adriana. (2007) *Planeta Azul*, En Diario Reforma: *Sufren 38 ríos alta contaminación*. Dic.

30 – 2007.

- Arnal Simón, Luis y Betancourt Suárez, Max (2005), *Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución De Obras E Instalaciones Hidráulicas Reglamento de construcciones para el Distrito Federal*. Ed. Trillas, México D.F.
- Assael, David (2008) Adiós al CAD. En Deconstrumática online. Disponible en: <http://de.construmatica.com/principales-tendencias-tic-en-construccion/> Obtenido el 1 de julio de 2010.
- Briere, François G. (2005), *Distribución de agua Potable y Colecta de Desagües y de Agua de Lluvia*. Ed.: Andree Laprise, Canadá.
- Centro de Investigación para el Desarrollo A.C (2009) obtenido de <http://www.cidac.org/es/index.php> el 17 agosto 2010.
- Deconstrumática Online (2009), *Entrevista a Miguel Villamor de Nemetschek*. Disponible en: <http://de.construmatica.com/del-cad-al-bim-ii-la-profundidad-del-cambio/> Obtenido el 1º de julio de 2010.
- Deffis, Caso Armando (1990), *La casa ecológica autosuficiente para clima templado y frío*. Editorial Concepto, México, D.F.
- _____ (1994), *La casa ecológica autosuficiente. Para climas cálido y tropical*. Editorial Árbol. México, D.F
- Diario Milenio (2009), *Captación de lluvias, soluciones para el Distrito Federal* .Publicado el 5 de Octubre del 2009, sección Ciudad. P. 9.
- Diario el Sol de México (2009) *Captación de Agua de Lluvia*, Publicado el 19 de Agosto del 2009, sección Ciudad. P.14.
- Diario Reforma (2010) *Cuenca del Valle de México*, Publicado el 30 de Junio del 2010 sección Ciudad. P. 3.
- Diario Reforma (2010) *Avanzan 60 obras hidráulicas*, Publicado el Domingo 20 de Junio del 2010, Sección Ciudad. P.3
- Ferreiro, Héctor y Lacomba, Ruth (1991), *Manual de Arquitectura Solar*. Editorial Trillas. México, D.F
- Frers, Cristian (2009), *Efectos de la Contaminación del Agua Dulce*. Waste Magazine. Agosto 2009.
- Fawcett, Peter (1999), *Arquitectura: Curso Básico de Proyectos*. Ed. Gustavo Gili. España.
- Gobierno del Distrito Federal (2004), *Normas Técnicas Complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas*. Editorial, Gaceta Oficial del Distrito Federal (Publicación: 6 de Octubre) México, D.F.
- _____ (2004), *Reglamento de Construcción del Distrito Federal*, Editorial, Gaceta Oficial del Distrito Federal (Publicación: 29 de Enero). México D.F.
- Kadlec, R. H. knight, R.L. (1995), *Hydraulic and Chemical Design Tools*. In: *Treatment Wetlands*. Lewis Publishers. Pp. 181-280.
- La Biblia de América (2001) *La Santa Biblia*. Ed. Promoción Popular Cristiana. Madrid, España.
- Llagas, Chafloque Wilmer y Gómez E. (2006) *Diseño de Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. , *Revista del Instituto de Investigaciones*. Vol. 15, No. 17. Pp. 85-96.

- Martínez Strevel, Rodolfo (2000), Nuevas* <http://depuranat.itccanarias.org>
Tecnologías Energéticas. Sistemas solares* Revista del Instituto de Investigaciones Fototérmicas. Aplicaciones en la Arquitectura.FIGMMG Vol. 15, N° 17, 85-96 (2006) UNMS
Hacia una arquitectura ecológica y sustentable.MISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097
Seminario Internacional. UAM Azcapotzalco. (electrónico)
- Organización Mundial de la Salud (1989) *Health** Wilmer Alberto Llagas Chafloque, Egresado
Envied lines for Use of Waste water in Agriculture de la Diplomatura en Gestión Ambiental para
and Acuaculture. Serie de documentos técnicos.el Desarrollo Sostenible. UPG - FIGMMG,
OMS No. 778, Ginebra Suiza. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Pérez, Carmona Rafael (1988), *El Agua*. Editorial* Enrique Guadalupe Gómez, Docente de la
Escala, Bogotá Colombia. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
• Viqueira Rodríguez, Manuel; Figueroa Metalúrgica y Geográfica de la Universidad
Castrejón, Anibal; Fuentes Freixanet, Victor; Nacional Mayor de San Marcos.
Castorena Espinosa, Gloria; Huerta Velázquez,
Verónica; García Chávez, Roberto; Rodríguez
Manzo, Fausto y Guerrero Baca, Luis Fernando
(2008), *Introducción a la arquitectura bioclimática*
Editorial Limusa. Universidad Autónoma
Metropolitana– Azcapotzalco. México, D.F.
- Wolverton, B.C., Barlow, R.M. y McDonald,
R.C. (1976) Application vascular aquatic plants
for pollution removal energy and food production
in a biological system. In *Biological Control of
water Pollution*. Tpurber, J. y Pierson, R. eds.
University of Pennsylvania Press. Pennsylvania.
- Thomsett, Michael (1994), *Contabilidad para el
constructor, guía para arquitectos e ingenieros civiles*,
Editorial Trillas, México D.F.

BIBLIOGRAFIA

* Cristian Frers es Técnico Superior en Gestión Ambiental y Consultor Ambiental.

* http://www.ecoportat.net/Contenido/Temas_Especiales/Contaminacion/El_uso_de_plantas_acuaticas_para_el_tratamiento_de_aguas_residuales

* http://www.rinconesdelatlantico.com/num3/26_depuranat.html

