

## CAPÍTULO 4. CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD EN EL USO DE AGUA

El agua constituye el elemento más importante para la supervivencia de los seres vivos siendo la base de diversos procesos metabólicos en el cuerpo. Sin embargo, debido a la creciente población humana, contaminación y calentamiento global, el suministro de este recurso está en peligro.

Al analizar la distribución de agua en la Tierra, se sabe que ocupa tres cuartas partes de la superficie del planeta, hecho que da la falsa idea es un recurso inagotable, sin embargo, solo un tres por ciento de ella es agua dulce, de la cual, el 68.7 por ciento está retenida en casquetes polares o en glaciares, el 30.1 por ciento se encuentra en depósitos subterráneos y solo un 0.3 por ciento se encuentra disponible para consumo humano.

De acuerdo con el Reporte sobre el consumo mundial del agua de la UNESCO (2003), se indica que “en los próximos 20 años, la cantidad de agua disponible para todos decrecerá en un 30%” y que “el 40% de los habitantes del mundo actualmente no tienen la cantidad mínima necesaria para el mínimo aseo.”<sup>1</sup>

Ahora bien, en los edificios, el agua se usa para diferentes fines, desde consumo humano, riego, limpieza, hasta para sistemas de control de incendios. Debido a este consumo, es necesario replantear el rendimiento del sistema hidrológico de un edificio para lograr un adecuado uso del recurso agua.

Al hablar del sistema hidrológico nos referimos al camino que recorre el agua dentro del edificio, desde su entrada como agua potable, hasta su salida, pasando por sistemas eficientes de distribución de agua, captación de lluvia, reciclaje, tratamiento, entre otras. El objetivo principal del diseño de un sistema hidrológico del edificio es optimizar el uso de este

---

<sup>1</sup> Arquitectuba.com.ar, “Agua” [en línea], 3pp, Argentina, Dirección URL: <http://www.arquitectuba.com.ar/diccionario-arquitectura-construccion/agua/> [consulta 8 de junio de 2010].

invaluable recurso, el agua, en todas las operaciones del edificio que utilicen agua. Además, el uso eficiente de este recurso implicará disminuciones en los gastos por consumo de agua y energía. En este apartado se explicarán los diferentes beneficios y componentes del sistema hidrológico del edificio.

#### **4.1 Estrategia del Sistema Hidrológico del Edificio**

Los edificios sustentables de alto rendimiento (*HPGB* o *high performance green buildings*) incorporan nuevos enfoques que hacen frente a la problemática actual del agua a través de dos de los elementos más importantes del sistema hidrológico del edificio: el suministro de agua potable y la disposición de aguas residuales.

La reducción en el consumo de agua del edificio y un replanteamiento de la estrategia de disposición de aguas residuales dentro del ambiente construido puede aumentar la cantidad de agua disponible en la red municipal de agua potable, mejorar la salud de las personas, y reducir las amenazas a los ecosistemas. Además de estos beneficios, existen otros mucho más tangibles y medibles debidos al sistema eficiente de uso del agua, como son:

- Ahorro de energía. Los ahorros en consumo de energía debidos a una reducción en la demanda necesaria para mover, procesar y tratar agua llegan a ser mayores que los del ahorro de agua en sí.
- Disminución de la producción de agua residual. El hecho de reducir el consumo del agua implicará una disminución en la producción de agua residual lo cual generará menores costos por concepto de tratamiento de aguas.
- Menor inversión en instalaciones hidráulicas. El diseñar edificios eficientes en agua reduce el costo de la infraestructura para agua potable y agua residual.
- Mayor productividad laboral. Se sabe que en las instalaciones que cuentan con un sistema de ahorro de agua, los trabajadores tienen un mejor rendimiento.
- Beneficios ambientales. El disminuir el consumo de agua resulta en un menor impacto a los sistemas naturales.
- Mayor impacto en las relaciones públicas. El proteger el ambiente es bien visto por los clientes y el público en general, lo cual le dará un valor agregado al edificio.

Al iniciar con el diseño del sistema hidrológico del edificio es muy recomendable establecer cuáles son los objetivos en cuanto a reducción de consumo de agua, por ejemplo, si se habla de un factor 10, implicará reducir a un diez porciento el consumo de agua comparado con el de un edificio tradicional. Con base en este objetivo, al presupuesto y requerimientos del

dueño se diseñará el sistema hidrológico del edificio. Los aspectos a considerar en el diseño y desarrollo de éste sistema son:

- Selección de las fuentes de agua para cada propósito. El agua potable se usará solo para aquellas actividades de consumo humano, para el caso de riego, protección contra incendios, enfriamiento, y descargas en los baños, se recomienda el uso de otras fuentes de agua tales como agua de lluvia, reciclada o tratada.
- Empleo de tecnologías que minimicen el consumo de agua para cada propósito. Esta estrategia incluye la combinación de equipos de bajo flujo (inodoros, regaderas, grifos), equipos con muy poco flujo (baños secos) y controles (sensores infrarrojos). En jardinería, la implementación de sistemas de riego por goteo<sup>2</sup> usará mucho menos agua para llegar a las raíces de las plantas que un sistema de riego tradicional con más de un 90% de eficiencia.
- Evaluación del potencial de un sistema dual de aguas residuales. Este tipo de sistema separa el agua ligeramente contaminada de lavabos, fuentes, regaderas, fregaderos y lavadoras (aguas grises) de aguas contaminadas provenientes de los inodoros (aguas negras).
- Análisis del potencial de estrategias innovadoras de tratamiento de aguas residuales. Sistemas como humedales artificiales o máquinas vivas (*living machines*) pueden ser empleados para procesar el efluente de aguas residuales.
- Aplicación de un análisis de costos del ciclo de vida (*LCC o Life Cycle Costing*) para analizar los costos y beneficios de implementar prácticas que reduzcan el consumo de agua y la producción de aguas residuales. Un análisis *LCC* que considere solo el costo del agua potable, generará periodos de retorno de inversión en un tiempo estimado de 10 a 20 años. Al incluir reducciones en la generación de aguas residuales y los costos asociados a su tratamiento nos darán un periodo más corto. Y ampliando más los alcances de este análisis, incorporando los costos de traslado de agua potable y residual, las emisiones asociadas con la generación de energía, mejoras en el rendimiento de los trabajadores, y beneficios al ambiente, el periodo de retorno de la inversión se reducirá mucho más. Finalmente, se podría incorporar el aumento del costo del agua en los próximos años.

Así, con estos datos de entrada en el análisis *LCC*, junto con otros factores de costos indirectos, deberán de resultar periodos de retorno de la inversión similares a aquellos para las medidas de conservación de energía, esto es, 7 años o menos.

---

<sup>2</sup> El agua aplicada mediante el método de riego por goteo se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros).

Un ejemplo de la aplicación de estas tecnologías es el edificio *Choi* de la Universidad de British Columbia, el cual desde su inauguración en 1996, integró un sistema de cinco baños secos independientes de la red de drenaje. Estos baños necesitan ser vaciados solo cada 10 años. Noventa por ciento de los residuos son orina, que se envía a un humedal artificial para su tratamiento, mientras que los residuos sólidos son digeridos por gusanos rojos.

## **4.2 Estrategia para el Control de Agua en el Edificio**

La estrategia básica para el suministro de agua en un *HPGB* es reducir al máximo posible el consumo de agua potable. Así que el primer paso será evaluar el potencial de usar fuente de agua no potable (agua de lluvia, gris o tratada) para reemplazar el consumo de agua potable en una amplia gama de aplicaciones. Una vez analizadas las opciones para el uso de agua no potable, el siguiente paso es reducir el consumo de agua potable y no potable en las aplicaciones del edificio. Las estrategias que pueden ser utilizadas en los edificios para minimizar el consumo de agua potable se describirán en los siguientes apartados.

### **4.2.1 Dispositivos de bajo flujo**

Los inodoros de bajo consumo de agua son los que tecnológicamente se han desarrollado para trabajar con volúmenes de seis litros o menos de agua, menores a esa cantidad se consideran con grado ecológico. Algunos inodoros en el interior de la caja cuentan con dispositivos o válvulas que regulan la salida de agua. Para considerar a un inodoro como ahorrador, es preciso que cuente con un sistema de retención de descarga que puede ser de varios tipos:

- Cisternas con interrupción de descarga. Disponen de un pulsador único que interrumpe la salida de agua en unos casos accionándolo dos veces y, en otros, dejando de pulsarlo.
- Cisternas con doble pulsador. Permiten dos niveles de descarga de agua, cada uno de los pulsadores descarga un volumen determinado de agua, siendo las combinaciones más comunes las de tres y seis litros, para residuos líquidos y sólidos respectivamente.
- Mecanismo de descarga para cisternas. Son mecanismos que pueden adaptarse a cualquier cisterna baja y permiten convertir un inodoro en ahorrador. Son de fácil instalación. Sustituyen al mecanismo antiguo.

Existen mecanismos como los fluxómetros (de pedal o de manija) o válvulas electrónicas que suministran una descarga de 4.8 litros, reduciendo así el consumo de agua. Algunos fluxómetros de manija están acondicionados para realizar la función de un doble pulsador.

Figura 4.1



Figura 4.1 Fluxómetro de doble descarga. En el aeropuerto de Calagary, Canadá, los inodoros cuentan con la tecnología *dual-flush handle* que permite ahorrar agua, suministrando una descarga de cuatro litros si se sube la manija, y de seis litros si se baja. Fuente: Tomada por la autora.

En el caso de las regaderas, el ahorro de agua se consigue a través de diferentes mecanismos que incluyen:

- Reducción del área de difusión. La concentración de chorro de salida consigue en las duchas eficientes un considerable ahorro sin reducir la cantidad de agua útil por unidad de superficie.
- Regaderas con temporizador. Estas regaderas inician el suministro de agua en cuanto es accionado manualmente el temporizador, dejando salir agua durante un tiempo determinado con un caudal de 10 litros por minuto, generalmente.

Otro de los componentes de un baño que consume una cantidad muy importante de agua en los edificios residenciales y de oficinas son las llaves. Existen diferentes tipos:

- Monomando. La instalación de llaves monomando en uso de tipo doméstico y residencial se ha generalizado debido a su facilidad de manejo. La comodidad de manejo permite regular el caudal y la temperatura reduciendo el gasto de agua en operaciones tales como el ajuste de la temperatura.
- Regulador de caudal. La función de estos mecanismos es limitar internamente el paso del agua, de manera que al abrir al máximo el monomando, no se disponga del caudal máximo, suministrando un caudal suficiente para los usos habituales (entre 6 y 8 litros por minuto).
- Llave temporizada. Se accionan pulsando un botón y dejan salir el agua durante un tiempo determinado, transcurrido el cual se cierra automáticamente.

El uso de dispositivos electrónicos y sensores infrarrojos permite disminuir el consumo de agua, suministrando un flujo reducido (5 litros por minuto) con un tiempo máximo de uso de 1 minuto.

## 4.2.2 Captación de agua de lluvia

El uso de agua de lluvia en descargas de inodoros, suministro a la lavadora, riego de jardín, limpieza de autos, entre otras actividades, puede llegar a reducir el consumo de agua potable a más de la mitad, lo cual disminuye los costos por consumo de agua potable, al mismo tiempo que cuidamos este recurso tan importante.

Los sistemas de recolección de agua de lluvia son apropiados solo cuando uno o más de los siguientes factores se presenten en el proyecto:

- El agua subterránea o acuíferos son vulnerables o limitados. Los sistemas de acuíferos vulnerables son aquellos que al ser bombeados pueden amenazar importantes fuentes de agua superficial y manantiales.
- El suministro de agua subterránea esté contaminado o tenga un contenido de minerales alto lo cual implicaría un tratamiento muy caro para su uso.
- Las lluvias son un factor muy importante en la zona de proyecto (al menos 600mm de precipitación anual para considerar al agua pluvial como única fuente de agua).

Los elementos principales de un sistema de captación de agua se muestran en la Figura 4.2.

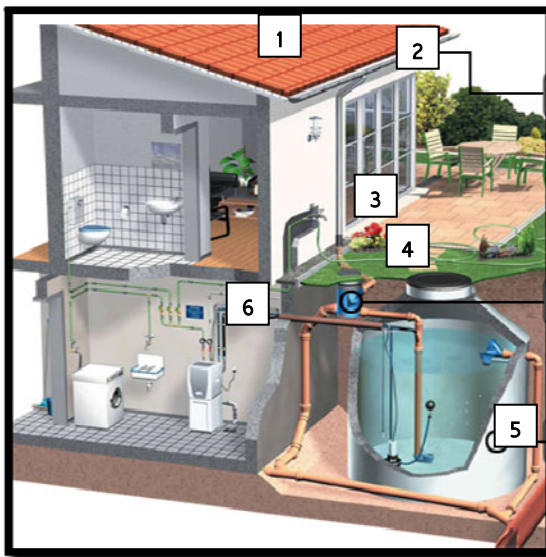


Figura 4.2 Elementos de un sistema de captación de agua pluvial.

1. Área de captación
2. Sistema de lavado del techo
3. Filtración previa
4. Sistema de conducción
5. Tanque de almacenamiento
6. Sistema de entrega

Fuente: Sitio web *BORD NA MONA Environmental Products, U.S. Inc.*

- Área de captación. La superficie de captura es el techo del edificio. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento. Además la superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la

demanda y tener la pendiente requerida para facilitar el escurrimiento pluvial al sistema de conducción.

- Sistema de lavado del techo. Este sistema es el que mantiene al polvo y demás microorganismos que se han depositado en el techo fuera de la cisterna. Es mucho más recomendable para sistemas que usan el agua pluvial como fuente de agua potable, aunque también es recomendable para otros sistemas, ya que mantiene contaminantes potenciales fuera del tanque de almacenamiento. Un sistema de lavado del techo está diseñado para purgar el flujo inicial de agua durante los primeros minutos de lluvia, mandando el flujo hacia un conducto diferente que el del tanque.
- Filtración previa. Consiste en un sistema de rejillas colocadas en las tuberías de recolección que evitan el paso de contaminantes que puedan dañar o disminuir la eficiencia del sistema, tales como hojas de árboles, piedras, semillas, etc.
- Sistema de conducción. Se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajadas con tuberías.
- Tanque de almacenamiento. Este elemento es el que representa el costo más alto del sistema de captación de agua pluvial. Existen diferentes materiales para su construcción como son acero galvanizado, ferrocemento, fibra de vidrio, polietileno y maderas. El tiempo de vida útil de este elemento estará en función del tipo de material. Por otra parte, el tamaño deberá satisfacer la demanda requerida. Los tanques de almacenamiento, dependiendo del material del que estén hechos, tienden a ser fuentes de captación de calor, por lo cual se recomienda pintarlos de blanco o colocarlos debajo de la superficie.
- Sistema de entrega. Para la entrega del agua al interior del edificio, generalmente, se requiere una bomba que conduzca el agua desde el tanque de almacenamiento al punto de uso.
- Sistema de tratamiento. Para proteger los sistemas de riego y bombeo, el agua debe de ser filtrada por medio de un filtro de sedimentos para eliminar partículas, preferentemente menores a las 5 micras. En el caso de los sistemas que son usados como fuente de agua potable, se necesita un tratamiento adicional para asegurar que el agua tenga la calidad necesaria para consumo humano. Esto se puede lograr mediante microfiltración, esterilización ultravioleta, ósmosis inversa u ozonificación (o combinación de estos), entre otros métodos.

El control de los sistemas de agua potable y de captación de agua de lluvia permiten un trabajo sinérgico entre ambos. Por ejemplo, cuando una toma de agua (inodoro, sistema de riego, etc.) se abre, el conmutador activa uno de los sistemas de suministro: agua de lluvia en caso de haber disponibilidad, o agua potable, en el caso contrario. Si producto de un periodo

prolongado de sequía el tanque se vacía, el interruptor de nivel ubicado en el interior de la cisterna le da automáticamente la orden a la válvula solenoidal<sup>3</sup> de activar el suministro de agua potable. Esto ocurre sin la necesidad de que el agua potable sea conducida directamente en el tanque, por el contrario, el agua es conducida a través de la misma red de suministro de agua de lluvia. Una vez que el tanque ha alcanzado el nivel mínimo de agua de lluvia, el interruptor de nivel cierra la válvula solenoidal y los aparatos son suministrados nuevamente con agua de lluvia.

#### **4.2.3 Sistemas de aguas grises**

Los sistemas de aguas grises consisten en un sistema dual que separa las aguas provenientes de los inodoros, mandándola al sistema de drenaje, de las aguas de lavabos, fuentes, regaderas, bebederos, etc. Su propósito es aprovechar las aguas grises para riego, inodoros, calefacción o aquellas actividades que no impliquen el consumo humano. Al separar ambos tipos de agua, el tratamiento que se le da es mucho menor, reduciendo el costo de su operación.

En caso de que se haya sobrepasado la capacidad de almacenamiento del tanque, se deberá tener una línea de conducción que mande el sobre-flujo a la red de drenaje. También deberá de incluirse una válvula de control que mande el agua gris al drenaje en caso de que el área a regar este muy mojada o por alguna razón que impida el uso del agua en alguna de las actividades predispuestas.

Las aguas grises no deberán de ser almacenadas por largos periodos de tiempo antes de su uso, debido a que la descomposición del material orgánico presente en el agua por microorganismos consumirá rápidamente el oxígeno disponible y las bacterias anaerobias se harán presentes, produciendo malos olores. Este tipo de agua se puede usar en cultivos de plantas de ornato, en jardines, árboles, y otras plantaciones, evitando su uso en vegetales.

---

<sup>3</sup> Una válvula solenoidal es un dispositivo que sirve para controlar automáticamente el flujo de fluidos en un sistema. Su funcionamiento es básicamente el mismo que una válvula de paso operada manualmente, pero accionada electrónicamente, se puede instalar en lugares remotos y puede ser controlada convenientemente por interruptores eléctricos simples. Las válvulas de solenoide pueden ser operadas por interruptores termostáticos, de flotador de baja presión, de alta presión, por reloj, o cualquier otro dispositivo que abra o cierre un circuito eléctrico



### 4.3 Estrategia para el Tratamiento de Agua Residual en el Edificio

Los enfoques que actualmente se están utilizando para el tratamiento de aguas residuales en edificios se basan en la naturaleza, directa o indirectamente. En un enfoque directo, el efluente de los edificios es tratado a través de humedales superficiales o sub superficiales. Desde un enfoque indirecto, la naturaleza es traída al interior del edificio y puesta en tanques por los que pasa el agua residual para ser limpiada por plantas, luz y bacterias (*living machines*).

#### 4.3.1 Humedales artificiales

Uno de los objetivos de un edificio sustentable de alto rendimiento es una aplicación de un diseño ecológico lo más extenso posible, incluyendo la creación de una relación sinérgica entre los sistemas naturales, el edificio y los ocupantes. El usar a la naturaleza para realizar tareas, que de otra forma serían realizadas por sistemas mecánicos y eléctricos que consumirían grandes cantidades de energía, tiene varias ventajas:

- La naturaleza realiza su limpieza, regulación y organización por ella misma.
- Los sistemas naturales pueden degradar y absorber compuestos metálicos y tóxicos, convirtiéndolos en compuestos estables.
- La naturaleza es alimentada por la energía solar y la energía química almacenada en elementos orgánicos.
- Los sistemas naturales son fáciles de construir y mantener.

El uso de humedales para el tratamiento del agua residual del edificio aprovecha estas ventajas que nos ofrecen los sistemas ecológicos, ya que pueden eliminar residuos orgánicos, minimizando la necesidad de compleja infraestructura al mismo tiempo que crea nutrientes que benefician a las especies que realizan estas tareas. Los humedales artificiales pueden ser considerados como una forma de tratamiento de aguas residuales pasivo.

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios mecanismos, incluyendo reciclaje y eliminación de nutrientes, sedimentación, disminución de la demanda biológica de oxígeno, precipitación de metales, remoción de patógenos, y degradación de compuestos tóxicos.

Los humedales artificiales, en general, son cuerpos de agua de baja profundidad que retienen temporalmente el agua y que pueden funcionar como sistemas depuradores de aguas residuales. Los humedales pueden ser contruidos de tal forma que el agua se ve en la superficie (superficiales) o cuya superficie de agua se encuentre por debajo de un lecho de piedras y prácticamente el agua no se ve (sub superficiales).

Los humedales artificiales pueden montarse a nivel de piso o sobre las cubiertas de los edificios. En esta última ubicación, realiza una triple función, aislamiento térmico, impermeabilización de la cubierta contra goteras y depuración del agua residual para volver a reutilizarla. La cubierta del edificio va recubierta por un aislante sintético semiflexible que permite la colocación de la depuradora de humedales sin ninguna filtración. La capa de aproximadamente 50cm de grosor de arenas combinadas con el agua residual forman una capa totalmente aislante del techo del edificio, impidiendo el paso de la radiación solar sobre el nivel de agua impidiendo su deterioro a la vez que el conjunto de los humedales contribuye a la depuración de cualquier tipo de agua residual.

Los humedales a nivel de piso también representan una buena opción para el tratamiento de aguas residuales, siempre y cuando se disponga del área necesaria para cubrir la demanda.

El primer paso en el tratamiento del agua por medio de humedales es la llegada del agua al tanque séptico cuya función es recibir las aguas residuales y sedimentar los sólidos gruesos y finos de tal forma que éstos ya no aparecen en la descarga del tanque. Igualmente proveen de una primera fase de tratamiento ya que en este tanque crecen bacterias que comienzan a degradar la materia orgánica. Posteriormente se pasa el agua por un filtro anaerobio de flujo ascendente con la finalidad de remover una gran parte de la materia orgánica aun contenida en el agua residual y finalmente se pasa por gravedad o por bombeo, dependiendo de la topografía del terreno, a un humedal sub superficial cuya finalidad es la de terminar el proceso de degradación con bacterias aerobias y anaerobias, oxigenar el sistema y remover la mayor parte de los patógenos. El principio de construcción de este tipo de humedales se muestra en la Figura 4.3.

El sistema de humedales es muy sencillo de construir, su apariencia es de un jardín alto, se integra al paisaje, no despiden olores ofensivos, es un proceso totalmente natural compatible con la producción de plantas ornamentales y estéticas, además de que los costos de inversión, operación y mantenimiento están por debajo de los de una planta de tratamiento convencional.

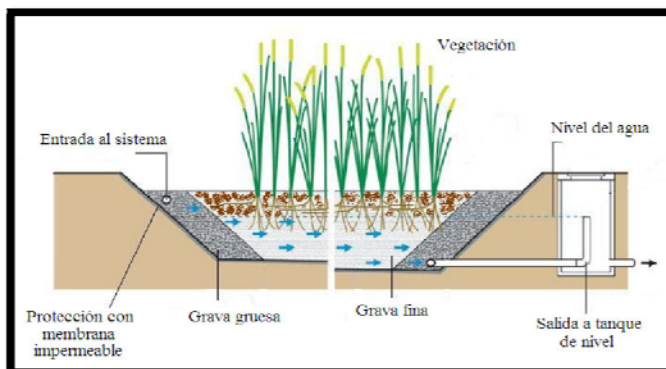


Figura 4.3 Corte transversal esquemático de un humedal artificial.

Fuente: Sitio web de *Tecnologías para Protección Ambiental S.A. de C.V.*

El consumo energético necesario para todo el proceso de reciclado constará únicamente en la alimentación de la bomba de agua que lleve el agua desde el depósito de la planta baja hasta la cubierta del edificio.

### 4.3.2 Máquinas vivas

Además de usar humedales artificiales, la naturaleza puede ser llevada directamente al interior de los edificios para allí tratar el agua residual descomponiendo los compuestos que la integran, esto se realiza a través de las máquinas vivas o *living machines*. Las características principales de éste sistema de tratamiento son:

- La mayoría de sus componentes son organismos vivos, incluyendo cientos de especies de bacterias, plantas, y vertebrados como peces y reptiles.
- Tiene la capacidad de auto-regular su funcionamiento en función de la cantidad de nutrientes y energía que se le suministre.
- Puede repararse por sí misma cuando se ha dañado a causa de sustancias tóxicas o cuando existe una inesperada interrupción de sus fuentes de energía y de nutrición.

Uno de los más claros ejemplos de la viabilidad de una Living Machine en un edificio de oficinas es la que se encuentra en el atrio del *EcoCentre*, en South Florida, EU. (Figura 4.4).



Figura 4.4 *Living Machine*, edificio *EcoCentre*. El sistema cuenta con 14 metros cuadrados los cuales ayudan a reciclar y ahorrar más de 757 mil litros de agua por año. Este sistema de tratamiento constituye la atracción principal de un promedio de 25 tours semanales dentro del edificio.

Fuente: Sitio web *Warrell Water Technologies*

#### 4.4 Estrategia para el Uso Eficiente del Agua en Jardinería

Alrededor del 30% del agua para uso residencial es destinada para uso exterior, del cual el 91% corresponde al riego de jardines y áreas verdes. La práctica del *Xeriscape* es un enfoque que ayuda a disminuir éste consumo en la jardinería. El término *Xeriscape* hace referencia a la conservación del agua, a jardinería resistente a la sequia, o simplemente al uso de la planta adecuada en el lugar adecuado con mantenimiento apropiado y riego medido. Existen siete principios característicos de ésta práctica:

- 1) Planeación y diseño cuidadoso.
- 2) Selección de la planta adecuada para el área apropiada.
- 3) Determinar los niveles de acidez y pH del suelo.
- 4) Ubicar las áreas prácticas de césped.
- 5) Regar eficientemente de acuerdo a los requerimientos de cada planta.
- 6) Usar virutas de corteza de árbol (*mulch*) que evitaren el crecimiento de hierba y retendrán la humedad.
- 7) Proporcionar un mantenimiento adecuado al jardín.

La práctica del *Xeriscape* que incorpora rocas, arbustos y plantas locales, puede ser complementada con el sistema de riego por goteo obteniendo reducciones de hasta 70% en el consumo de agua usada para jardinería.