



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**



**Sanitarios Ecológicos Secos como elemento de  
regularización de asentamientos humanos**

**T E S I S**

Quien para obtener el título de  
**Ingeniero Industrial**

Presenta

Marisol Granados Cruz

Director de tesis:

Dra. Rina Aguirre Saldivar

Ciudad Universitaria

Noviembre de 2009

# Índice

Índice de tablas . . . . .	ii
Índice de figuras . . . . .	ii
Glosario . . . . .	iii
<b>Capítulo 1 Introducción . . . . .</b>	<b>6</b>
1.1 Antecedentes . . . . .	6
1.2 Justificación . . . . .	7
1.3 Objetivo. . . . .	7
1.4 Metodología . . . . .	7
1.5 Alcances y limitaciones . . . . .	8
<b>Capítulo 2 Generalidades . . . . .</b>	<b>9</b>
2.1 Contaminación del aire . . . . .	9
2.2 Manejo de residuos sólidos . . . . .	12
2.3 Contaminación del agua . . . . .	14
2.3.1 Panorama nacional . . . . .	16
2.4 Saneamiento ambiental . . . . .	18
<b>Capítulo 3 Sanitario Ecológico Seco . . . . .</b>	<b>21</b>
3.1 Revisión histórica de los servicios sanitarios. . . . .	21
3.2 ¿Qué es un Sanitario Ecológico Seco? . . . . .	23
3.2.1 SES separador . . . . .	24
3.2.2 SES sin separación (sanitario de composta) . . . . .	26
3.3 Funcionamiento. . . . .	29
3.3.1 Parámetros de operación . . . . .	29
3.3.2 Mezcla seca . . . . .	31
3.3.3 Productos . . . . .	33
3.3.4 Limpieza y mantenimiento . . . . .	34
3.4 Ventajas y desventajas . . . . .	35
<b>Capítulo 4 Caso de estudio: Ayometitla parte alta. . . . .</b>	<b>37</b>
4.1 Características generales de Ayometitla parte alta. . . . .	38
4.2 Problemática ambiental . . . . .	41
4.2.1 Aire . . . . .	41
4.2.2 Residuos sólidos . . . . .	41
4.2.3 Agua potable . . . . .	42
4.2.4 Agua residual . . . . .	43
4.2.5 Residuos peligrosos y riesgo ambiental . . . . .	43
4.3 Implantación de baños secos . . . . .	44
4.3.1 Baños secos con separación . . . . .	46
4.3.2 Baños composteros . . . . .	48
4.3.3 Análisis costo-beneficio ambiental . . . . .	49
4.3.4 Aceptación ciudadana . . . . .	50
<b>Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>Mesografía . . . . .</b>	<b>54</b>



## Índice de tablas

2.1 Composición del aire seco a nivel del mar . . . . .	9
2.2 Contaminantes atmosféricos . . . . .	11
3.1 Mezcla seca recomendable para los SES . . . . .	32

## Índice de figuras

2.1 Características de los contaminantes atmosféricos . . . . .	10
2.2 Elementos físicos del sistema de manejo de residuos sólidos . . . . .	13
2.3 Generación de RSM por región, 2004 (toneladas y porcentaje de contribución)	13
2.4 Generación per cápita de RSM, 2004 . . . . .	14
2.5 Composición de los RSM en México, 2004 . . . . .	14
2.6 Balance hídrico de la República mexicana . . . . .	16
2.7 Extracción de agua, 2004 . . . . .	17
2.8 Efecto sobre la salud del abastecimiento de agua potable . . . . .	19
3.1 Sanitario ecológico seco . . . . .	24
3.2 Funcionamiento de la taza separadora . . . . .	24
3.3 Sistema de ventilación . . . . .	25
3.4 Diagrama de un SES sin taza estilo vietnamita . . . . .	26
3.5 Sanitario estilo vietnamita . . . . .	26
3.6 SES sin separación. . . . .	27
3.7 Baño compostero prefabricado de tipo carrusel . . . . .	28
3.8 Baño compostero con cámara en el exterior . . . . .	28
3.9 Arreglo para un baño con composteo exterior. . . . .	29
3.10 Fases de actividad microbiana . . . . .	31
3.11 Incorporación de mezcla o material secante. . . . .	34
3.11 Mingitorio opcional . . . . .	34
3.12 Limpieza del sanitario . . . . .	34
3.13 Sellado de la cámara . . . . .	35
4.1 Superficie del Distrito Federal. . . . .	37
4.2 Distribución de suelo urbano del Distrito Federal . . . . .	38
4.3 Distribución del suelo de conservación en el Distrito Federal.. . . .	38
4.4 Fotos áreas 2000 y 2008 de <i>Ayometitla parte alta</i> . . . . .	39
4.5 Tipo de suelo . . . . .	39
4.6 Identificación de lotes en <i>Ayometitla parte alta</i> . . . . .	40
4.7 Cobertura de la encuesta para <i>Ayometitla parte alta</i> . . . . .	40
4.8 Sitios de ubicación de los contenedores de RSM . . . . .	42
4.9 Contenedores de agua usados en <i>Ayometitla parte alta</i> . . . . .	43
4.10 Localización de fosas sépticas, letrinas y baño seco. . . . .	45
4.11 Tazas y tapas separadoras. . . . .	46
4.12 Pipi ducto y contenedor de orina . . . . .	47
4.13 Tubería de ventilación . . . . .	47
4.14 Botella para trampa de moscas . . . . .	47
4.15 Base de madera para el Sanitario compostero . . . . .	48
4.16 Cámaras de tratamiento exteriores . . . . .	49

## Capítulo 1 Introducción

Las noticias acerca del desabasto de agua en la Ciudad de México, nos recuerdan que vivimos en situación de emergencia, no sólo en la capital, sino en todo el país (especialmente en el norte y centro). La *crisis del agua* es una consecuencia más de múltiples fenómenos: explotación demográfica, cambio climático y descenso energético.

Si investigamos más a fondo sobre el tema nos podemos dar cuenta que la mayoría del agua que consumimos todos los días es, literalmente, *agua fósil*. Es acarreada desde muy lejos, utilizando energía eléctrica que se obtiene de la quema de combustibles fósiles y, muchas veces, proviene de mantos acuíferos profundos, que tardaran cientos de años en recargarse. Todo esto para que una buena parte del líquido se pierda en fugas de la red o se *utilice* en instalaciones y prácticas obsoletas, como los excusados de agua, campos de golf, parques y jardines de ornato (sembrados con plantas no productivas y hasta tóxicas), limpieza de calles, de coches, de edificios y sobre todo en un sistema de agricultura basado en riego, fertilizantes sintéticos y agroquímicos. El mismo patrón de *bombear y drenar*, se repite a diferentes escalas en todo el país, tanto en ciudades como en zonas rurales (Holger, 2009).

Pocas veces se discute sobre estrategias para encaminar nuestras actividades hacia un uso responsable de la energía y los recursos. Existen estrategias antiquísimas y otras muy recientes para proteger el ambiente, pero las que aquí nos interesan deben ser: sencillas, de bajo consumo energético, económicas y que funcionen por mucho tiempo.

Hay una larga historia de experimentación y práctica exitosa de *mejores estrategias*; por ejemplo, en la Ciudad de México son muchas las zonas que emplean el *aprovechamiento de agua de lluvia*. Nuestra ciudad tiene una precipitación promedio anual de 800 mm, lo que significa que en un techo de 49 m<sup>2</sup> (7m x 7m) se pueden captar casi 40,000 litros por año, lo cual es suficiente para dotar a una persona con los 100 lt/hab-día que recomiendan las normas mexicanas (F.I., 1979). Sin embargo, la mayor parte del agua de lluvia es actualmente enviada fuera de la ZMCM a través del drenaje profundo, y mezclada con las aguas residuales de la ciudad.

En México, el desabasto de agua se agrava por el crecimiento desordenado de los centros urbanos y la aparición de asentamientos irregulares. El constante incremento de estos asentamientos en zonas de alto riesgo o en suelo de conservación (por la falta de planeación o recursos económicos) es un gran problema, tanto para la seguridad de la población que los habita, como para el equilibrio ecológico. Según datos oficiales, los estados de la República con mayor número de asentamientos irregulares son: Baja California, Baja California Sur, Aguascalientes, Distrito Federal, Nayarit y Morelos (Coppola, 2009).

### 1.1 Antecedentes

Una de las maneras de ahorrar agua es mediante el uso de los Sanitarios Ecológicos Secos (SES), los cuales son utilizados tradicionalmente en países como China, India y Vietnam; y a partir de los trabajos de Joseph Jenkins, a mediados del siglo XX, también en Estados Unidos, Suiza y Francia.

La posibilidad de usar SES en ciudades mexicanas ha sido explorada ampliamente por el arquitecto César Añorve, el cual al ver la destrucción de las barrancas de Cuernavaca, diseñó y promovió el uso de estos sanitarios (UPN, 2000).

Actualmente, se han construido SES en Guanajuato, Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Hidalgo y Morelos; varias organizaciones civiles los han incluido en sus programas de ecología y conseguido financiamiento para instalación y capacitación. El proyecto de Añorve ha tenido tanto éxito que, países como El Salvador, Ecuador y Sudáfrica entre otros, están solicitando sus moldes para construir estos sistemas.

## **1.2 Justificación**

Con este trabajo se pretende que el saneamiento seco se considere como una alternativa ante la problemática de la escasez del agua, situación a la que hemos llegado a consecuencia del crecimiento demográfico, por la sobreexplotación de los mantos acuíferos y, principalmente, por el irracional uso del líquido como medio de transporte de las excretas.

La implantación de los Sanitarios Ecológicos Secos se propone específicamente para los numerosos asentamientos irregulares de nuestra ciudad, que además de carecer de agua suficiente no cuentan con un sistema de drenaje.

## **1.3 Objetivo**

Evaluar la posibilidad del uso de sanitarios ecológicos secos en asentamientos irregulares de la Ciudad de México.

## **1.4 Metodología**

Para cumplir el objetivo establecido en el párrafo anterior, se realizó una serie de actividades que a continuación se detallan:

- Dimensionar la problemática del agua en México en comparación con la situación mundial.
- Seleccionar el asentamiento irregular para el caso de estudio. Se efectuó una visita preliminar de reconocimiento.
- Realizar el diagnóstico ambiental del asentamiento, para conocer la problemática del lugar, analizar y seleccionar las alternativas de solución.
- Investigar acerca de los Sanitarios Ecológicos Secos.
- Hacer un análisis económico sobre la implantación de los SES en el asentamiento seleccionado.
- Proponer a los habitantes del asentamiento la instalación de SES para evaluar su aceptación.

## 1.5 Alcances y limitaciones

El objetivo de este trabajo se cumplirá dentro del marco de referencia siguiente:

- ✓ El trabajo se realizó en equipos de trabajo y aplicando esquemas de planeación.
- ✓ El proyecto formó parte de los estudios de ordenamiento ecológico territorial que realiza la Delegación de Tlalpan.
- ✓ Para el estudio del asentamiento irregular, se usó información bibliográfica, de campo a nivel de encuestas, información oficial de la propia Delegación (mapas, curvas de nivel, planos y fotografías aéreas) y datos disponibles en internet.
- ✓ Para el análisis económico de la construcción e implantación de los Sanitarios Ecológicos Secos, se emplearon los Factores de Ajuste de la Comisión Nacional del Agua del año 2001, actualizados a costo unitario actual (2009) a través del valor presente.
- ✓ La información de los SES se obtuvo de bibliografía especializada, consulta con académicos de renombre y expertos del ramo, no correspondiendo a una fuente única.
- ✓ La aceptación social de los SES se evaluó mediante una entrevista a los habitantes del asentamiento.
- ✓ La instalación de SES en el asentamiento queda fuera del alcance de esta tesis.

En el capítulo siguiente se presenta un resumen de la contaminación atmosférica y del agua, así como del sistema de manejo de residuos sólidos municipales y el saneamiento seco, para que sirva de enlace a la presentación de los Sanitarios Ecológicos Secos (capítulo 3).

Posteriormente, capítulo cuatro, se aborda la problemática del asentamiento irregular empleado como caso de estudio (*Ayometitla parte alta*), ubicado en la Delegación Tlalpan; se proponen soluciones ambientales y la instalación de Sanitarios Ecológicos Secos.

En el capítulo cinco se concluye este trabajo y se hacen algunas recomendaciones para, finalmente, incluir como material anexo: el formato de encuesta, un manual para la construcción de los SES, el análisis de costos de construcción, un archivo fotográfico de SES y un directorio de las empresas del ramo.

## Capítulo 2 Generalidades

En este capítulo abordaremos brevemente los temas relacionados con la contaminación del aire, agua y suelo (manejo de los residuos sólidos), con la finalidad de mostrar la íntima relación que existe entre las diferentes formas de contaminación ambiental y el uso de baños secos.

Durante años, la disposición irresponsable e inadecuada de residuos sólidos en sitios sin control (terrenos baldíos, patios traseros de industrias, tiraderos municipales, barrancas, derechos de vía, drenajes y cuerpos de agua) ha ocasionado un grave problema de contaminación de suelos. Lo que provoca además el deterioro del aire y del agua superficial y subterránea, debido a la migración de los contaminantes. Entendiéndose por:

**Contaminante.** Toda materia o energía (calor) en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

**Contaminación.** La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

(LGEEPA, 2007).

### 2.1 Contaminación del aire

La atmósfera terrestre es una mezcla de gases, principalmente: oxígeno, en una proporción de 21% y nitrógeno, con un 78%; también existen, en pequeña cantidad, argón, hidrógeno, neón, helio y xenón (ver tabla 2.1). La concentración de vapor de agua y bióxido de carbono, este último indispensable para el desarrollo de la vegetación, varía considerablemente. Con la altura la proporción de oxígeno y nitrógeno disminuye, mientras el helio y el ozono aumentan.

**Tabla 2.1** Composición del aire seco a nivel del mar.

Compuesto	Concentración (% en volumen)
N <sub>2</sub> (nitrógeno)	79.085
O <sub>2</sub> (oxígeno)	20.946
CO <sub>2</sub> (dióxido de carbono)	320.00x10 <sup>-4</sup>
CO (monóxido de carbono)	0.10x10 <sup>-4</sup>
NO (óxido nítrico)	0.50x10 <sup>-4</sup>
NO <sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno)	0.02x10 <sup>-4</sup>
SO <sub>2</sub> (dióxido de azufre)	1.0x10 <sup>-4</sup>
He (helio)	5.24x10 <sup>-4</sup>
Ne (neón)	18.18x10 <sup>-4</sup>
Ar (argón)	9,340.00x10 <sup>-4</sup>
Kr (criptón)	1.14x10 <sup>-4</sup>
Xe (xenón)	0.087x10 <sup>-4</sup>
NH <sub>3</sub> (amoníaco)	0 a trazas
H <sub>2</sub> (hidrógeno)	0.50x10 <sup>-4</sup>
CH <sub>4</sub> (metano)	2.0x10 <sup>-4</sup>
O <sub>3</sub> (ozono)	0.02 a 0.07x10 <sup>-4</sup>

*Adaptado de: Holum, 1977.*

La atmósfera se compone de dos zonas principales: la tropósfera y la estratósfera. La primera se eleva hasta una altura que varía entre 8 y 14 Km según la latitud; y en esta zona la temperatura va



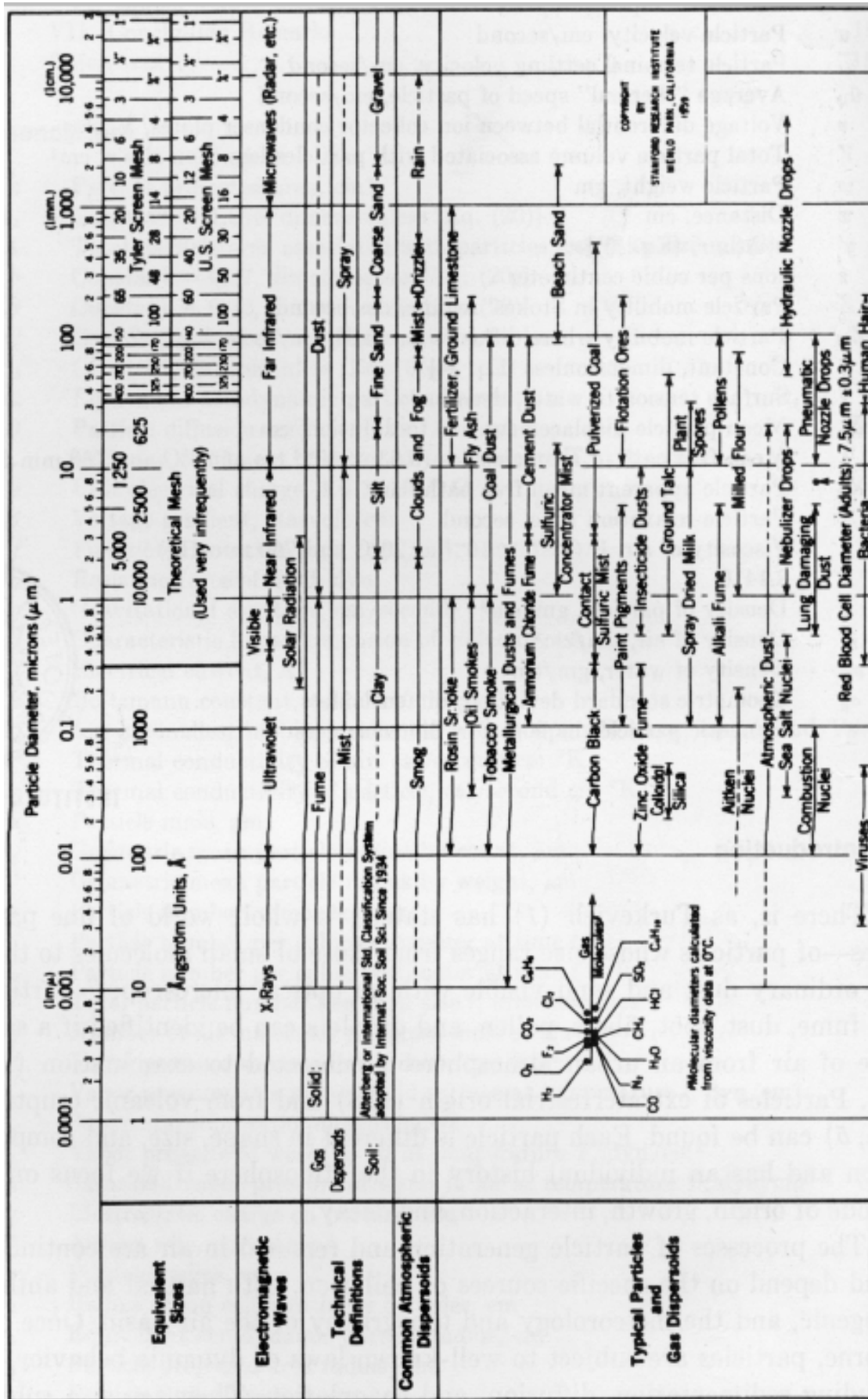
disminuyendo a razón de  $6.5^{\circ}$  por kilómetro de altura. La tropopausa es la capa limítrofe entre la tropósfera y la estratósfera. Por arriba de la tropopausa la temperatura, ya muy baja, permanece constante hasta una altura de unos 45 Km. A partir de ésta, se ha observado que la temperatura en lugar de disminuir va en aumento. Las últimas observaciones, dan a la atmósfera una altura de cerca de 1,000 Km, mucho mayor a lo que antes se suponía (la altura se mide observando la parte superior de las auroras boreales). La tropósfera es la zona de las perturbaciones y su estudio tiene gran importancia, en ella tienen lugar los fenómenos atmosféricos que influyen directamente sobre la vida (Toscano, 1950) y los procesos de contaminación que se describen a continuación.

**Clasificación de los contaminantes atmosféricos.** Existen diversas formas para clasificarlos. Según su origen, se distinguen los naturales de los antropogénicos: los primeros se deben a fenómenos en los cuales no interviene el hombre (por ejemplo: erupciones volcánicas, incendios forestales accidentales, actividad bacteriana en pantanos y diseminación del polen por el viento); en cambio, los antropogénicos se derivan directamente de las actividades del ser humano. También se clasifican en primarios y secundarios, según sean arrojados directamente a la atmósfera por el proceso que los genera, o bien, se formen en ella.

Por su estado físico se clasifican en gases y partículas (ver figura 2.1); mientras que si se encuentra o no en movimiento la fuente que genera los contaminantes, se denominan de fuente fija (industria) o de fuente móvil (transporte).

Una última clasificación, que será la usada en este trabajo, se limita a agruparlos en familias:

- Compuestos inorgánicos del carbono.
- Compuestos derivados del azufre.
- Hidrocarburos.
- Compuestos de nitrógeno.
- Oxidantes fotoquímicos.
- Metales.
- Partículas.



Fuente: Stern, 1968 (Copyright: Stanford Research Institute Menlo Park, California, 1959.)  
**Figura 2.1** Características de los contaminantes atmosféricos.

**Principales contaminantes del aire.** A continuación, se presentan en forma tabular algunas fuentes y efectos de los principales contaminantes (tabla 2.2), así como el potencial de calentamiento global (GWP) correspondiente.

**Tabla 2.2** Contaminantes atmosféricos.

Contaminante	Fuente (natural y antropogénica)	Efectos (en la salud y otros)
Monóxido de carbono CO	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Combustión incompleta de combustibles fósiles</li> <li>○ Incendios forestales</li> </ul>	Envenenamiento por carboxihemoglobina (COHb)
Dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Descomposición aerobia de materia orgánica</li> <li>○ Quema completa de combustibles fósiles.</li> <li>○ Respiración</li> <li>○ Volcanes</li> </ul>	Cambio climático (GWP = 1)*
Dióxido de azufre SO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Azufre en combustibles (industria, transporte)</li> <li>○ Volcanes</li> <li>○ Descomposición bacteriana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lluvia ácida</li> <li>○ Irritación de mucosas</li> <li>○ Enfermedades respiratorias</li> <li>○ Muerte</li> </ul>
Hidrocarburos no metánicos (HCNM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Combustión incompleta de combustibles fósiles</li> <li>○ Evaporación de compuestos orgánicos volátiles</li> </ul>	○ Los efectos dependen de la composición
Metano, CH <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Descomposición anaerobia de materia orgánica</li> <li>○ Digestión entérica</li> <li>○ Extracción de combustibles fósiles</li> <li>○ Pantanos</li> <li>○ Cultivos de arroz</li> <li>○ Rellenos sanitarios</li> </ul>	Cambio climático (GWP = 23)*
Óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Combustiones a altas temperaturas</li> <li>○ Nitrógeno en combustibles</li> <li>○ Relámpagos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lluvia ácida</li> <li>○ Precursor de ozono</li> <li>○ Fuerte oxidante</li> </ul>
Óxido nitroso, N <sub>2</sub> O	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Explosivos</li> <li>○ Fertilizantes químicos</li> </ul>	Cambio climático (GWP = 296)*
Ozono, O <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Formación en la atmósfera por NO<sub>x</sub>, COV y luz solar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Altamente oxidante</li> <li>○ Efectos nocivos en los sistemas cardiovascular y respiratorio</li> <li>○ Daña la vegetación</li> </ul>
Partículas suspendidas, PST	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Erosión</li> <li>○ Combustión incompleta</li> <li>○ Industria metal mecánica</li> <li>○ Aereosoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Deterioro de las funciones respiratorias</li> <li>○ Visibilidad</li> <li>○ Ensuciamiento</li> </ul>

\* GWP Potencial de calentamiento global (del inglés: Global Warming Potential), tiempo de horizonte 100 años (UNEP, 2003).

Como se verá en el siguiente capítulo, el baño seco es un sistema que se utiliza para la degradación (aeróbica ó anaeróbica) de la materia fecal para obtener abono como producto final. De la descomposición de la materia orgánica, se producirán metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contaminantes precursores del cambio climático, los cuales tienen un GWP de 23 y 1 respectivamente. En cambio, habrá una disminución en el uso de fertilizantes químicos, ya que estos serán sustituidos por el abono generado, y por consiguiente, se reducirá la emisión de óxido nitroso N<sub>2</sub>O, otro gas de efecto invernadero, pero con un GWP de 296.

## 2.2 Manejo de residuos sólidos

El término residuo no corresponde con *desecho*, pues éste trae implícito la imposibilidad de una reutilización o aprovechamiento. La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 2007), en el artículo 3°, frac. XXXI, define:

**Residuo.** *Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó; pero bien podría ser usado en otro proceso.*

**Clasificación de los residuos sólidos.** Se dividen principalmente en tres grupos:

- a) Urbanos (RSU). Son todos aquellos que surgen de las acciones humanas y animales. Proviene de las actividades que se desarrollan en casas habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso y no estén considerados como peligrosos (INE, 2005).
- b) Especiales. Estos a la vez se subdividen en industriales, hospitalarios no peligrosos y de eventos especiales.
- c) Peligrosos. Los establecidos por la NOM-052-SEMARNAT-2005.

**Sistema integral del manejo de residuos sólidos municipales (SIMRSM).** Se define como la aplicación de técnicas, tecnologías y programas para lograr objetivos y metas óptimas para una localidad en particular (PROARCA, 2003). Esta definición implica que primero hay que establecer los factores propios de cada localidad para asegurar su sostenibilidad y beneficios; después, se debe implementar un programa de manejo para lograr las metas propuestas. Este programa debe optimizar, en lo posible, los siguientes aspectos:

- **Aspectos técnicos:** La tecnología debe ser de fácil implantación, operación y mantenimiento; debe usar recursos humanos y materiales de la zona y comprender todas las fases, desde la generación hasta la disposición final (ver figura 2.2).
- **Aspectos sociales:** Se deben fomentar hábitos positivos en la población y promover la participación y organización de la comunidad.
- **Aspectos económicos:** El costo de implantación, operación, mantenimiento y administración debe ser eficiente, al alcance de los recursos de la población y sostenible, con ingresos que cubran el costo del servicio.
- **Aspectos organizativos:** La administración del servicio debe ser simple y dinámica.
- **Aspectos de salud:** Prevención de enfermedades infecto-contagiosas.
- **Aspectos ambientales:** El programa debe evitar impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

Las etapas del SIMRSM son las expuestas a continuación en la figura 2.2 (PROARCA, 2003).

La separación debe realizarse en el origen; desde el momento que decidimos adquirir un producto debemos considerar el tipo de empaque o envase y las materias primas utilizadas en su elaboración. Separar contribuye a reducir el volumen de los residuos sólidos que llegan a los tiraderos o rellenos sanitarios, así como a disminuir los costos económicos de recolección y disposición final de los mismos.

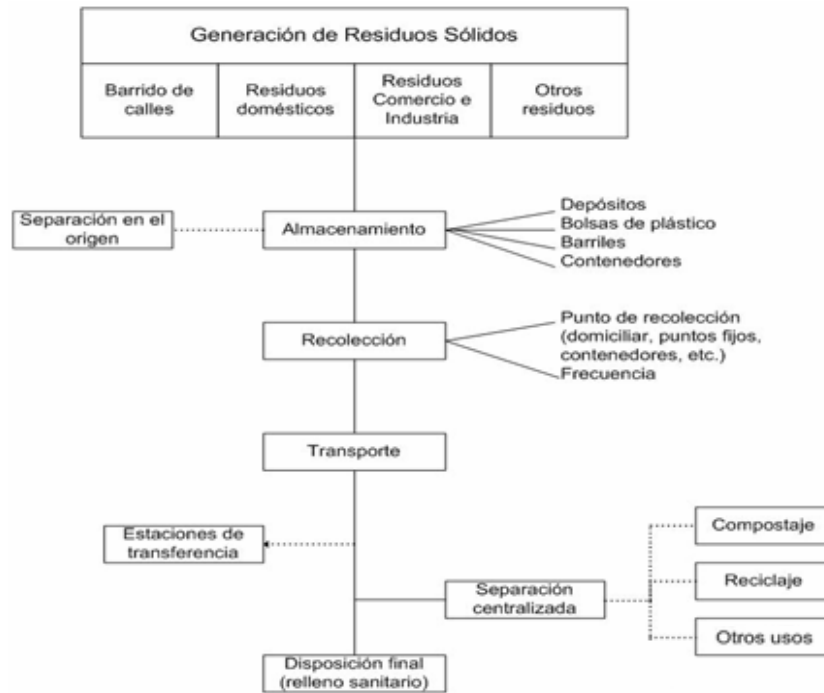


Figura 2.2 Elementos físicos del sistema de manejo de residuos sólidos.

El éxito del reciclaje depende, en gran medida, de la participación de la población en la separación de los residuos sólidos, para la reincorporación de éstos a la vida útil. Los objetivos que se buscan mediante el manejo adecuado de los residuos sólidos municipales son los siguientes:

- Controlar la diseminación de enfermedades
- Evitar problemas de contaminación del suelo, agua y aire
- Optimizar el uso de los recursos mediante el reciclado
- Mejorar la imagen de las ciudades
- Controlar la “pepena” de los residuos sólidos

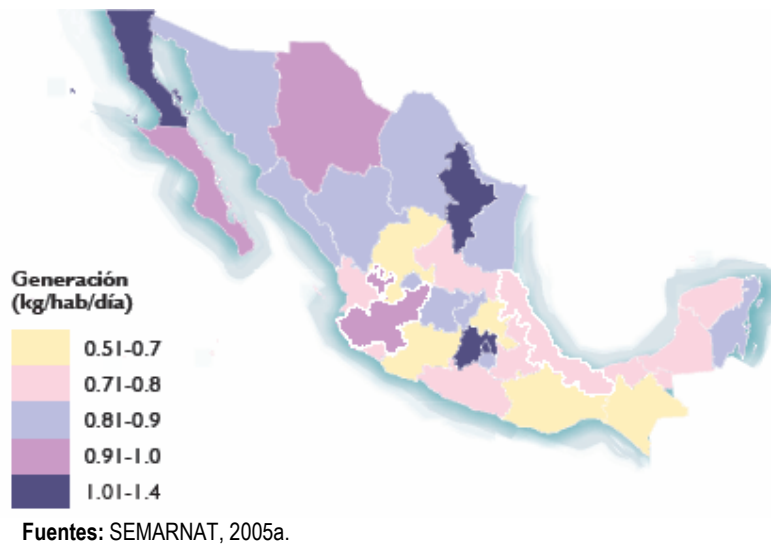
**Generación de RSM en México.** En los últimos años se incrementó la generación de RSM, alcanzando 34.6 millones de toneladas en 2004 (SEMARNAT, 2005a). La mayor cantidad se produjo en la región Centro (50%), siguiendo el Norte (18%) y el Distrito Federal (13%) (ver figura 2.3).



Fuentes: SEMARNAT, 2005a.

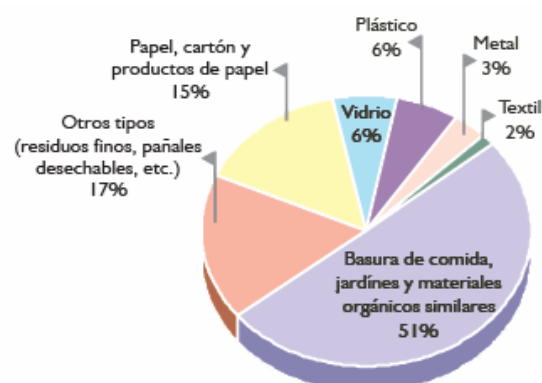
Figura 2.3 Generación de RSM por región, 2004 (toneladas y porcentaje de contribución).

Además del incremento en la cantidad total de residuos generados en el país, la generación per cápita a nivel nacional también ha aumentado. En 1997 se producían 300 kg/hab-año y en el 2004 se alcanzó la cifra de 328; esta generación muestra diferencias importantes entre los estados muy urbanizados como el Distrito Federal, Nuevo León, Estado de México y Baja California, que generaron más de 1kg/hab-día, en contraste con los 0.7kg/hab-día promedio en estados como Oaxaca, Chiapas, Hidalgo, Zacatecas y Tlaxcala (ver figura 2.4).



**Figura 2.4.** Generación per cápita de RSM, 2004.

Por otro lado, la composición de los RSM (figura 2.5) también depende de los niveles y patrones de consumo, así como de las prácticas dentro del sistema de manejo. En México, poco más de la mitad de los residuos (51%) es de naturaleza orgánica (residuos de comida, jardines, etc.). De 1995 al año 2004 no se han observado cambios importantes en la proporción relativa del tipo residuos generados (SEMARNAT, 2005a).



**Figura 2.5.** Composición de los RSM en México, 2004.

## 2.3 Contaminación del agua

La disponibilidad promedio anual de agua en el mundo es aproximadamente 1,386 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5% (35 millones), es agua dulce. De esta cantidad casi el 70 por ciento no está disponible para consumo humano porque se encuentra en los glaciares (CONAGUA, 2008).

La renovación natural del recurso se realiza a través del ciclo hidrológico: por precipitación cae 28% del agua en la tierra y el 72% en el mar (Jiménez, 2001). Del agua que cae en la tierra:

- ✓ 7% se percola a los acuíferos
- ✓ 8% va al mar por escurrimientos y el
- ✓ 13% restante, regresa a la atmósfera por evaporación (de los cuerpos de agua superficiales) y evapotranspiración (de la cubierta vegetal).

De tal manera que sólo el 7% del agua de lluvia se recupera en los diversos cuerpos de agua para su posible empleo como agua dulce, mientras que el 93% se pierde por medios físicos o biológicos.

Además de la condición climática, la distribución y abundancia de agua en el mundo depende de la geología, orografía, tipo de suelo y cubierta vegetal. La disponibilidad del agua subterránea (principal fuente para consumo humano) depende del tipo de suelo: permeabilidad, grado de drenaje y la relación erosión/infiltración. Como resultado, la distribución mundial es muy desigual, a tal grado que ocho países (Canadá, Noruega, Brasil, Venezuela, Suecia, Australia, la Comunidad de los Estados Independientes y Estados Unidos) concentran prácticamente el 90% del recurso, mientras que otros (como Egipto y Sudáfrica) deben completar su abastecimiento con la importación de los excedentes de otras naciones.

Por si fuera poco, la carencia de infraestructura para el aprovechamiento del agua acrecienta las diferencias; mientras 3,400 millones de personas cuentan con una dotación de apenas 50 l/hab-día, en países desarrollados este valor fácilmente sobrepasa los 400 l/hab-día (Garduño, 1992).

**Tipos de agua.** El agua, por su procedencia y uso se clasifica en:

- **Agua potable.** Que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.
- **Aguas negras.** Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos (líquidos o en suspensión) de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes. Recibe este nombre por el color que adquiere al emplearse como vehículo de materia fecal.
- **Aguas grises.** Aguas domésticas residuales, principalmente agua de lavado procedente de la cocina, cuarto de baño, fregaderos y lavaderos.
- **Aguas residuales.** Fluidos en el sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.
- **Aguas residuales municipales.** Residuos líquidos originados por una comunidad, formados por aguas residuales domésticas y descargas industriales (FCEA, 2009b).

**Tipos de contaminantes.** Los contaminantes básicos del agua son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 estos son: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, materia orgánica (medida como demanda bioquímica de oxígeno) nitrógeno total, fósforo total, temperatura y pH.

La misma norma define como contaminantes patógenos y parasitarios, aquellos quistes y huevos de parásitos que puedan estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna, coliformes fecales y huevos de helmintos.

Otros contaminantes en esta norma son los metales pesados, incluyendo: arsénico, cadmio cianuro, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc.

**Sistemas de tratamiento de aguas residuales en México.** En México, para el tratamiento de aguas residuales municipales se cuenta con 361 plantas de para tal efecto, con una capacidad instalada de 25 m<sup>3</sup>/s, tratando sólo el 24%, del cual, la mitad del agua tratada (50%) es para reuso y no para el control de la contaminación. En la industria existen 282 plantas para el tratamiento de sus aguas residuales, con una capacidad instalada de 20 m<sup>3</sup>/s. Del 43% total de aguas residuales que genera la industria, sólo tiene capacidad para tratar el 25% de ellas. Se estima que sólo el 50% de las plantas operan regularmente (Aguamx, 2009).

### 2.3.1 Panorama nacional

Los recursos hídricos varían entre las diferentes regiones hidrológicas del país; en la región administrativa Frontera Sur la disponibilidad es de 158 km<sup>3</sup>, mientras que en la región Río Bravo no llega a 14 km<sup>3</sup> y en la Península de Baja California, el sistema de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala es inferior a 5 km<sup>3</sup>. Esta disponibilidad no debe interpretarse como utilizable para consumo humano, ya que una gran parte del líquido es necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos, como ríos y lagos (SEMARNAT, 2005b).



**Nota:** Las cantidades indicadas en los círculos expresan la disponibilidad media anual en km<sup>3</sup> por Región hidrológico-administrativa.  
**Fuente:** SEMARNAT, 2005b.

**Figura 2.6** Balance hídrico de la República mexicana.



La cobertura del sistema de abastecimiento de agua potable en México fue en 2004 del 89.5%. Sin embargo, la dotación de este servicio aún es mucho mayor en zonas urbanas (95.6%) que en zonas rurales (71.3%), las cuales incluyen a los asentamientos irregulares del país.

La calidad del agua en los sistemas de abastecimiento es importante para la salud e higiene de la población. A nivel nacional, se suministraron más de 320,000 lt/s para consumo humano, de los cuales el 95% fue desinfectado; en promedio, se suministran 264 lt/hab-día (algunos estados como Hidalgo y Puebla difícilmente sobrepasan los 150 lt/hab-día y en Oaxaca reciben apenas 100 litros) (SEMARNAT, 2005b).

En el caso de abastecimiento público en zonas urbanas, una persona utiliza en promedio 250 litros de agua al día (FCEA, 2009a):

En la ducha	100 litros
Descarga del baño	50 litros
Lavado de ropa	30 litros
Lavado de trastes	27 litros
En el jardín	18 litros
Lavado y cocción de alimentos	15 litros
Otros usos (lavarse las manos)	10 litros

**Extracción de agua y usos consuntivos.** En 2004, el uso de agua para fines agropecuarios representó 76% del total extraído, seguido por el abastecimiento público, con 14%, mientras que el uso industrial fue del 10%. Esta proporción muestra variaciones regionales importantes: mientras que en la región Pacífico Norte se destinó más del 94% del agua al uso agropecuario, en el Golfo Centro, el Valle de México y Sistema Cutzamala no alcanzó el 50% (ver figura 2.7). El agua que se destina al uso agropecuario e industrial proviene principalmente de fuentes superficiales, en contraste con la que se destina al abastecimiento público que es extraído de fuentes subterráneas.

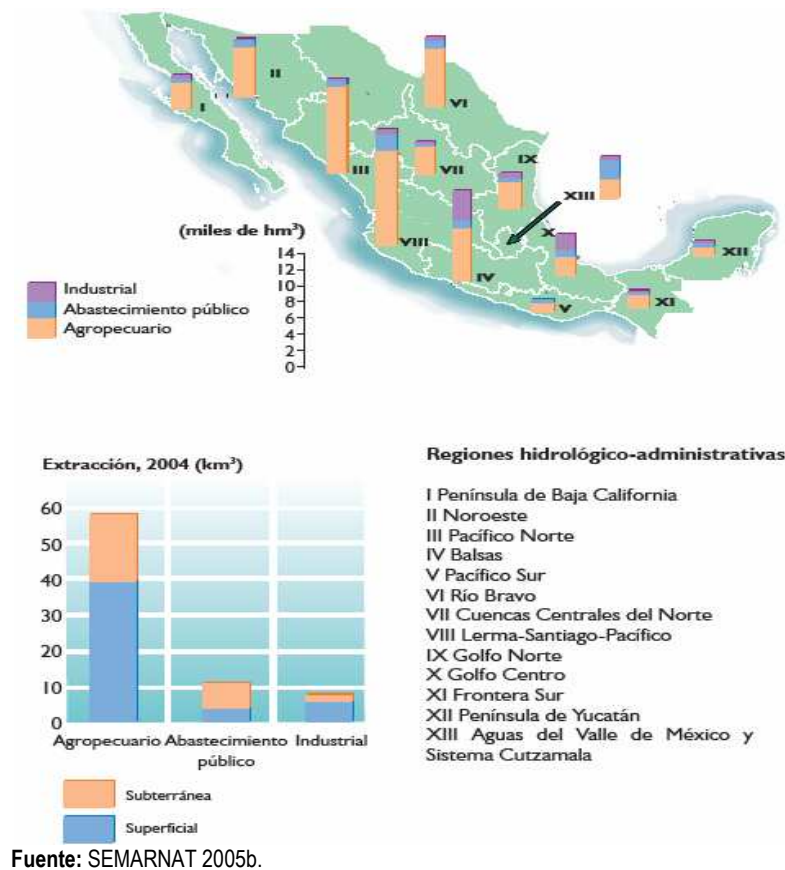


Figura 2.7 Extracción de agua, 2004.

Es importante diferenciar entre los usos consuntivos, aquellos en los que el agua es transportada y no regresa al cuerpo de agua del que proviene, de los no consuntivos. Un ejemplo de uso no consuntivo lo constituye el agua empleada para la generación de energía en las centrales hidroeléctricas (SEMARNAT, 2005b).

**Cobertura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.** Al igual que en el resto de los países, en México se han destinado más esfuerzos para suministrar agua para el consumo humano que para la instalación de alcantarillado y drenaje. En 2004, la cobertura nacional de alcantarillado era de 77.5% (90.7% en zonas urbanas 38.5% y en las rurales).

El tratamiento de aguas residuales es aún muy bajo en el país, en 2003 se contaba con una capacidad instalada para procesar 89.6 m³/s, pero sólo se trataron alrededor de 60.2 m³/s. En el mismo año, los centros urbanos generaron 255 m³/s de aguas residuales, el 80% se recolectó en alcantarillas y sólo el 29.7% fue tratado antes de verterse a cuerpos de agua. La mayor parte del agua tratada recibe tratamiento secundario mediante lodos activados y lagunas de estabilización, procesos que tienen entre 80 y 90% de eficiencia para la remoción de la materia orgánica biodegradable, medida como DBO<sub>5</sub> (CONAGUA, 2008).

Considerando el déficit nacional en sistemas de alcantarillado, la dotación de agua potable, los costos de suministrarla y las plantas de tratamiento de aguas residuales, se propone el uso de los Sanitarios Ecológicos Secos como alternativa ante el saneamiento convencional, ya que no utilizan agua, no requieren estar conectados a la red de agua, no contaminan mantos acuíferos, no producen aguas

negras y por lo tanto el costo de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento se verán reducidos. En el capítulo siguiente se abordará más a fondo este tema.

## 2.4 Saneamiento ambiental

Se define como el conjunto de intervenciones dedicadas al abastecimiento de agua potable y el manejo higiénico de excretas y otros residuos. Consiste en el mantenimiento de los elementos del ambiente (tanto naturales como antropogénicos) en condiciones aptas para el desarrollo del ser humano, tanto en lo individual como en lo colectivo. Estas prácticas son ejecutadas por los gobiernos e instituciones a través de obras, servicios, técnicas y dispositivos, como respuesta a las necesidades sanitarias de las comunidades o pueblos (FCEA, 2009a).

El saneamiento es determinante para lograr tanto la equidad social, como la capacidad de esta sociedad para sustentarse. Los enfoques de saneamiento deben estar concebidos a partir de la idea de *recurso*, más que en la de *desperdicio*. Por lo tanto, no puede hablarse de equidad en tanto la mitad de la población mundial carece de infraestructura sanitaria básica.

Un sistema sanitario que contribuya a alcanzar el objetivo de una sociedad con equidad y sustentable, deberá lograr o al menos estar en camino de lograr los cinco criterios siguientes:

1. **Prevención de enfermedades.** Ser apropiado para destruir o aislar patógenos.
2. **Accesibilidad.** Para los pueblos más pobres del mundo y todos sus habitantes.
3. **Protección ambiental.** Prevenir la contaminación, regresar nutrientes a los suelos y conservar las fuentes de agua.
4. **Aceptable.** Ser estéticamente inofensivo y respetuoso de los valores culturales y sociales.
5. **Simple:** Un sistema sanitario debe ser lo suficientemente sencillo y de fácil mantenimiento, considerando los límites de la capacidad técnica local, el marco institucional y los recursos económicos.

La realización de una propuesta de saneamiento ambiental y la aplicación de los cinco criterios mencionados, requiere de la comprensión del saneamiento como *sistema*. Por tanto, es importante que todos sus elementos se consideren partes del mismo conjunto.

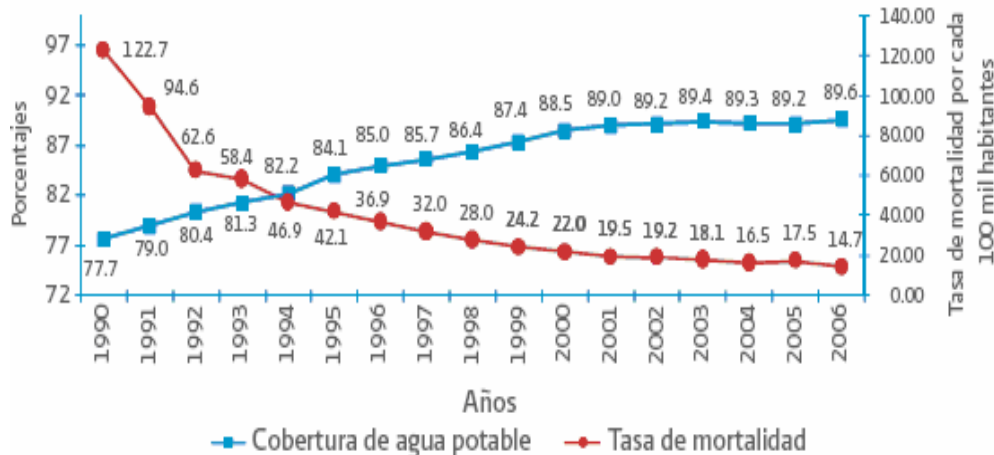
Los elementos principales de un sistema de saneamiento son: naturaleza, sociedad, proceso y aparato.

- **Naturaleza.** Clima (humedad, temperatura), agua (nivel de acceso, cantidad, niveles de mantos freáticos) y suelos (estabilidad, permeabilidad y dureza).
- **Sociedad.** Implica el patrón del asentamiento (concentrado/disperso, crecimiento bajo/alto), actitudes, hábitos, creencias y tabúes relacionados con la excreta humana, así como el nivel económico de la comunidad en cuestión.
- **Proceso.** Los procesos físicos, químicos y biológicos que hacen de la excreta humana un producto inofensivo, no peligroso y útil.
- **Aparato** Hace referencia al instrumento y estructuras construidas específicamente para la excreción de heces y orina: los muebles de baño, cámaras de almacenamiento, ventilación y composteo (Esrey, 1998).

**Agua y salud.** Estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) indican que anualmente en el mundo muere un millón y medio de personas por enfermedades diarreicas, la mayor parte niños

menores de 5 años y, principalmente, en países en vías de desarrollo. Entre las enfermedades diarreicas se encuentran el cólera, la tifoidea y la disentería, todas ellas relacionadas con vías de transmisión “fecal-oral” (CONAGUA, 2008). La mayor parte de estas muertes se podrían evitar con acciones en los temas de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Se estima que al mejorar el alcantarillado y manejo de las excretas reduce en 32% la frecuencia de las enfermedades diarreicas, aumentar el abastecimiento tendría un impacto de sólo el 25%, mientras que mejorar la calidad del agua suministrada puede reducir en 31% las enfermedades diarreicas. La gráfica de la figura 2.8 muestra la relación entre las enfermedades diarreicas en los menores de cinco años y la cobertura del abastecimiento de agua potable a nivel mundial.



Fuente: CONAGUA, 2008.

**Figura 2.8** Efecto sobre la salud del abastecimiento de agua potable.

**Baños secos y saneamiento.** La importancia de los baños secos como un sistema de saneamiento radica en que, con su implementación no se generan aguas negras al no utilizar el vital líquido como medio de transporte de la materia fecal y se tendría un ahorro de 40 l/hab-día, aproximadamente.

Al mismo tiempo, se eliminarían las letrinas o aparentes fosas sépticas, con lo que se evitaría la contaminación de los mantos acuíferos provocada por la infiltración en los mismos. Por otra parte, el sistema nos brinda la oportunidad de regresarle nutrientes a la tierra, al obtener abono mediante la descomposición de los residuos fecales.

Existen diferentes diseños y formas de funcionamiento de los baños secos, las cuales se revisan en detalle en el siguiente capítulo, a fin de establecer sus ventajas y posibles desventajas como sistemas de saneamiento.

## Capítulo 3 Sanitario Ecológico Seco

Tradicionalmente, sanear una población era sinónimo de dotarla de una red de alcantarillado; sin embargo, el uso del agua como medio de transporte de desechos humanos no es una solución completa, ya que los focos de contaminación no se evitan, sólo se llevan a otros sitios generando en ocasiones una problemática mayor.

Una alternativa a este escenario es el uso de baños secos, cuya descripción se aborda a lo largo del presente capítulo, donde no sólo se analiza su funcionamiento sino sus ventajas y desventajas, así como los cuidados necesarios para su operación.

Es importante señalar además, que esta tecnología no es nueva y que ha sido utilizada, con variantes, desde la aparición de los primeros asentamientos humanos.

El contenido sobre el Sanitario Ecológico Seco con separación que será tratado a lo largo de este capítulo, está basado en la experiencia y trabajo del arquitecto mexicano Cesar Añorve (UPM, 2000), mientras que la información sobre los SES aboneros proviene principalmente del libro de Joseph Jenkins, *The humanure handbook*, con ilustraciones de Lourdes Castillo Castillo (Castillo, 2003).

### 3.1 Revisión histórica de los servicios sanitarios

Se denomina inodoro al elemento sanitario utilizado para recoger y evacuar los excrementos humanos hacia la instalación de saneamiento y que mediante un cierre de sifón de agua limpia, impide la salida de los olores del desagüe hacia los espacios habitados. Generalmente los inodoros se fabrican de porcelana, pero también de loza y de acero inoxidable.

Otro nombre con el que se le conoce al inodoro es wáter clóset (W.C., del inglés *water closet*: armario o gabinete del agua, en referencia al hecho de que solía tratarse de una habitación pequeña en la que estaban no sólo el inodoro sino el lavamanos, la ducha y la bañera, todo lo relacionado con el agua (Wikipedia, 2009a).

A continuación se presenta una breve relación del desarrollo y evolución de los baños secos y el inodoro:

- Los baños primitivos más perfeccionados de la antigüedad fueron los de las familias reales minoicas en el palacio de Cnossos, en Creta. En el año 20,000 A.C., la nobleza minoica disponía de bañeras que se llenaban y vaciaban mediante tuberías verticales de piedra con juntas cementadas. Con el tiempo, fueron sustituidas por tuberías de cerámica por las cuales circulaba agua caliente y fría, y sus conexiones arrastraban los desechos lejos del palacio real, el cual disponía también de un retrete con un depósito encima, lo que permite clasificarlo como el primer inodoro con cisterna en la historia. El depósito estaba destinado a recoger agua de lluvia o, en ausencia de ésta, a ser llenado manualmente (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- Hace diez mil años, los habitantes de las islas Oreadas, frente a la costa de Escocia, construyeron los primeros sistemas tipo letrina para alejar de sus hogares los desechos. Una serie de toscas conducciones iban desde las viviendas de piedra hasta los torrentes, lo que permitía defecar en el interior en vez de tener que salir (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).

- En Oriente, 3000 a.C., muchas casas poseían ya instalaciones sanitarias privadas. En el valle del Indo, en Pakistán, los arqueólogos han descubierto inodoros públicos y privados provistos de cañerías de barro cocido incrustadas en ladrillo (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- En lugares comunitarios encontramos ejemplos de saneamiento: en los monasterios budistas de la ciudad de Anurâdhapura, en la actual Sri Lanka, donde se utilizaban botes porosos para filtrar la orina, mientras que el excremento era usado como abono. Dicha reutilización se remonta a las numerosas civilizaciones donde la agricultura era preponderante (Wikipedia, 2009b).
- La Edad Media marcó una separación entre Europa y Asia, donde los excrementos eran aprovechados como abono a través de un sistema organizado. La ciudad de Sanna, en Yémen, contaba con un sistema en la parte alta de sus edificios donde se depositaba el excremento para que cayera a una fosa al nivel de la calle. Las fosas se vaciaban inmediatamente y el excremento se secaba al sol, para finalmente ser utilizado como carburante. Esta técnica de recuperación existió en otras ciudades asiáticas, mientras que en la India, la defecación se realizaba a la orilla de un río o en el mar (Wikipedia, 2009b).
- La orina humana también tuvo muchos usos durante la Edad Media; era recogida en vasijas dispuestas en las calles y en los rellanos de las escaleras y utilizada, por su alto contenido en amoníaco, en las lavanderías. La blancura de las lanas y los linos de senadores, emperadores, reyes, nobles y caballeros procedía de los orines de los pobres, los siervos y los campesinos. También fue empleada para la higiene bucal: los europeos se lavaban la boca con sus propios orines (Wikipedia, 2009b).
- En Francia, durante el reinado de Carlos V, se solicitó a todos los propietarios que poseían inmuebles en la villa y los suburbios de París instalar en sus casas letrinas (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- Durante cuatro milenios los orinales eran volcados a la calle, sin previo aviso. El prócer del higiénico cambio fue, entre otros, el inglés John Harrington (poeta), quien en 1597 desarrolló el wáter clóset de válvula, que bautizo Ajax y fue instalado en el palacio de Isabel I en Richmond (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- En el siglo XVIII cuando los magistrados parisinos intentaron prohibir la práctica de las calles-letrina, una delegación de burgueses se presentó en la casa de la Villa para protestar contra la medida. No se encontró otra solución para la evacuación de los excrementos que la creación de unos canales especiales, los "mierderos". En los castillos las deyecciones se depositaban en fosas y en ciertos casos como en Coucy, una saliente en el muro permitía defecar directamente al aire, sobre el foso del castillo (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- Una innovación importante en el siglo XVIII, fue la instalación en algunas casas, de pozos negros que iban a dar a unos contenedores especiales (conos truncados de 86 cm de alto, 40 de base y 26 de boca), inventados en 1786 por P. Giraud. Los contenedores eran transportados periódicamente y vaciados a las afueras de la ciudad. La gente acomodada, prefería generalmente la *silla excretora*, que podía colocar en cualquier parte, y llamar acto seguido a algún lacayo diligente para que vaciase en la calle la cubeta (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).

- En 1775 John Cummins patentó un W.C. de cisterna, perfeccionado posteriormente, en 1778, por Samuel Prose al introducir una válvula esférica (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- Setenta años después, en virtud del acta de Salud Pública inglesa, se obligó a instalar en todas las casas que se construyeran un servicio de inodoro (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- La urbanización progresiva de las ciudades y el crecimiento demográfico hicieron la situación cada vez más insostenible. En el primer tercio del siglo XIX las inmundicias cubren las calles y llueven a traición desde las ventanas. En 1837, las catorce empresas que se encargaban de vaciar las tinas de los inmuebles burgueses de París, para transportarlas en carretas (máximo treinta y dos contenedores por viaje), ya no se daban abasto (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- El vertido de materias fecales en los ríos, que era la solución adoptada en todas las ciudades europeas, provocó que los ríos se convirtieron en auténticas cloacas a cielo abierto. Entre 1865 y 1885 se produjeron dos inventos sucesivos, que muy pronto se complementarían (la taza y la cisterna). El primero fue un invento colectivo y anónimo, atribuido al Instituto Carnot de París: es la taza de retrete, muy parecida a la que conocemos actualmente, provista de una tapa horadada fabricada de chapa que podía subir y bajar. Este modesto invento, no era más que una adaptación de la silla excretora (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).
- Este retrete moderno se impuso finalmente al asociarse con otro invento, la cisterna de agua, que al parecer data de 1886 y se atribuye al inglés Thomas Crapper. Este inventor tuvo la idea de instalar encima de la taza, a cierta altura, un depósito con capacidad para diez litros de agua que por medio de un sistema de palanca liberase su contenido al tirar de la cadena. La función de la cisterna era por tanto expulsora y limpiadora, pero además favorecía una valiosa ventaja complementaria, y es que al diluir las materias fecales contribuía a que los vertidos finales sobre los ríos fueran mucho menos densos. Crapper, modificó también el diseño de la taza incorporando el sifón, que garantizaba que siempre hubiese agua en el fondo de ésta para aislar el bombillo del conducto de bajada. El wáter-clóset protegía la vivienda de emanaciones perniciosas; sin embargo, este invento sólo pudo triunfar una vez que se impusieron sistemas de alcantarillado público y se garantizó el suministro de agua corriente a todas las viviendas, algo que no se consiguió hasta muy entrado el siglo XX (Alonzo y Sánchez-Nájera, 2008).

Como se puede observar, el origen de los baños secos no es reciente y, a pesar de ser funcional, fue desplazado por el wáter clóset que sólo ofrece mayor comodidad. Actualmente se utilizan grandes cantidades de agua como medio de transporte de los desechos humanos, lo cual no sólo no resuelve el problema desde la raíz, sino que además lo acrecienta al contaminar un recurso cada vez más escaso, el agua.

### **3.2 ¿Qué es un Sanitario Ecológico Seco?**

Los baños secos son conocidos también como Sanitarios Ecológicos Secos (SES); no utilizan agua para la evacuación de orina y excremento, y por lo tanto no se conectan a la red de aguas residuales. Además, tratan el detritus humano fermentándolo y deshidratándolo para producir abono, un producto utilizable y valioso para el suelo (GDTCF, 2002).



Figura 3.1 Sanitario ecológico seco.

El SES es:

- **Sanitario**, porque satisface la necesidad de manejar las excretas de una forma higiénica.
- **Ecológico**, porque aprovecha los ciclos biológicos naturales para transformar la materia orgánica –excretas- en un producto inofensivo y listo para nutrir al suelo, porque no desperdicia agua y evita contaminarla
- **Seco**, porque no utiliza agua.

El SES es una alternativa para todos. Funciona con una tecnología eficiente para los gustos más exigentes. Actualmente el SES es un sistema ampliamente adaptado en distintos contextos. La seguridad que ofrece permite instalar un SES en el exterior del hogar, en el interior de la casa y en edificios de varios niveles. Las posibilidades de adaptación son tan diversas como la creatividad del ser humano lo permita. Básicamente, los baños secos se dividen en dos tipos: separador y sin separación (Castillo, 2003).

### 3.2.1 SES separador

Consiste en un asiento, o taza, especial para separar las heces de la orina (ver figura 3.2). La materia fecal cae dentro de una cámara, mientras la orina es dirigida hacia un bote para después diluirla y usarla como fertilizante; también puede ser enviada a un pozo de absorción directamente al suelo.

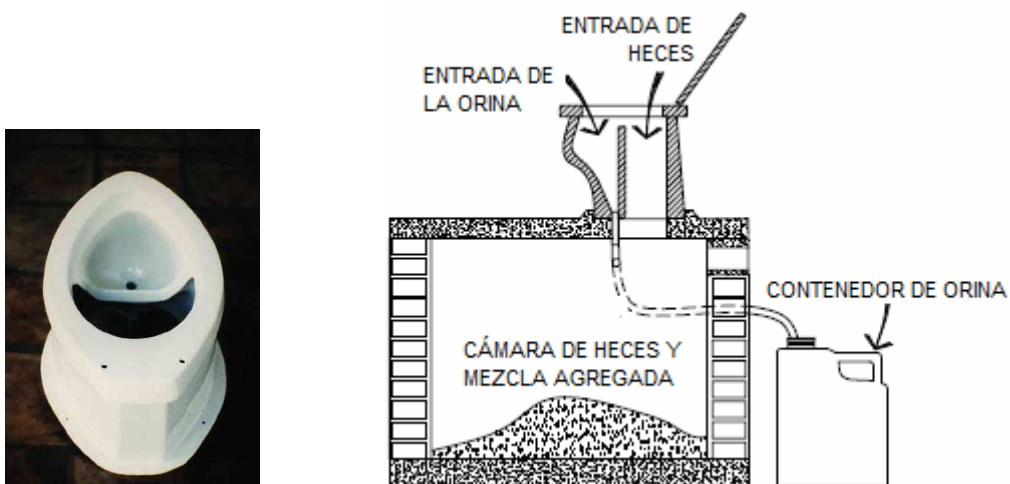


Figura 3.2 Funcionamiento de la taza separadora.



Generalmente se construyen dos cámaras, pero cuando no se tiene el espacio suficiente, se puede construir una sola y en su interior instalar contenedores intercambiables. El tamaño de las cámaras depende del número de personas que van a usar el baño y del tiempo que pasan en sus hogares. Por ejemplo: una familia de 6 personas llena una cámara de 500 litros en seis meses aproximadamente; entonces, las dimensiones de la cámara pueden ser 75x70x100cm (largo, ancho, alto), para una capacidad de 525 litros (Castillo, 2003).

Las cámaras necesitan ser ventiladas mediante tubos de 30 a 50 cm de longitud por arriba del techo y con un diámetro de 5 a 10 cm; se recomienda pintar estos tubos de negro, para que cuando éstos se calienten por el sol, los gases de la cámara sean succionados estableciéndose una circulación constante (ver figura 3.3). Se recomienda colocar al final de la tubería un capuchón y una malla para evitar la entrada de insectos (Castillo, 2003).

Si el SES se instala en el exterior de la vivienda la caseta puede construirse de cualquier material, según considere el usuario y debe ser más alta que quienes van a usarla.

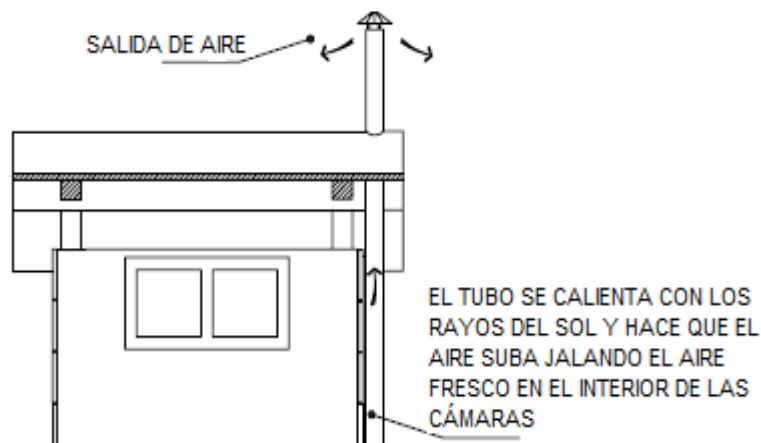


Figura 3.3 Sistema de ventilación.

El sanitario de doble cámara que se utiliza en Vietnam es un ejemplo clásico de un sistema sanitario ecológico con base en la deshidratación. Este sanitario es de uso cotidiano en el norte de Vietnam, y en los últimos veinte años en América Central, México y Suecia (GDTFC, 2002). A continuación, se presenta una breve descripción de este sistema.

**SES estilo vietnamita.** Este sistema es un descendiente directo de la letrina vietnamita, donde el sistema de dos cámaras usadas alternamente y la ventilación, funcionan exactamente igual al sanitario con taza, la diferencia está en el sistema de separar la orina de los sólidos. En el caso vietnamita, la losa está diseñada para hacer la función separadora de la taza, así que no necesitamos asiento. En la figura 3.4 podemos ver un esquema de las partes de este sistema.

Funciona con una apertura en cada cámara para separar los sólidos. Para cada orificio existe un par de huellas para poner los pies y sentarnos en cuclillas al usar el sanitario. En esta posición, logramos dirigir la orina por unas rampas hacia un canal que la conduce hasta un contenedor o un filtro (ver figura 3.5).

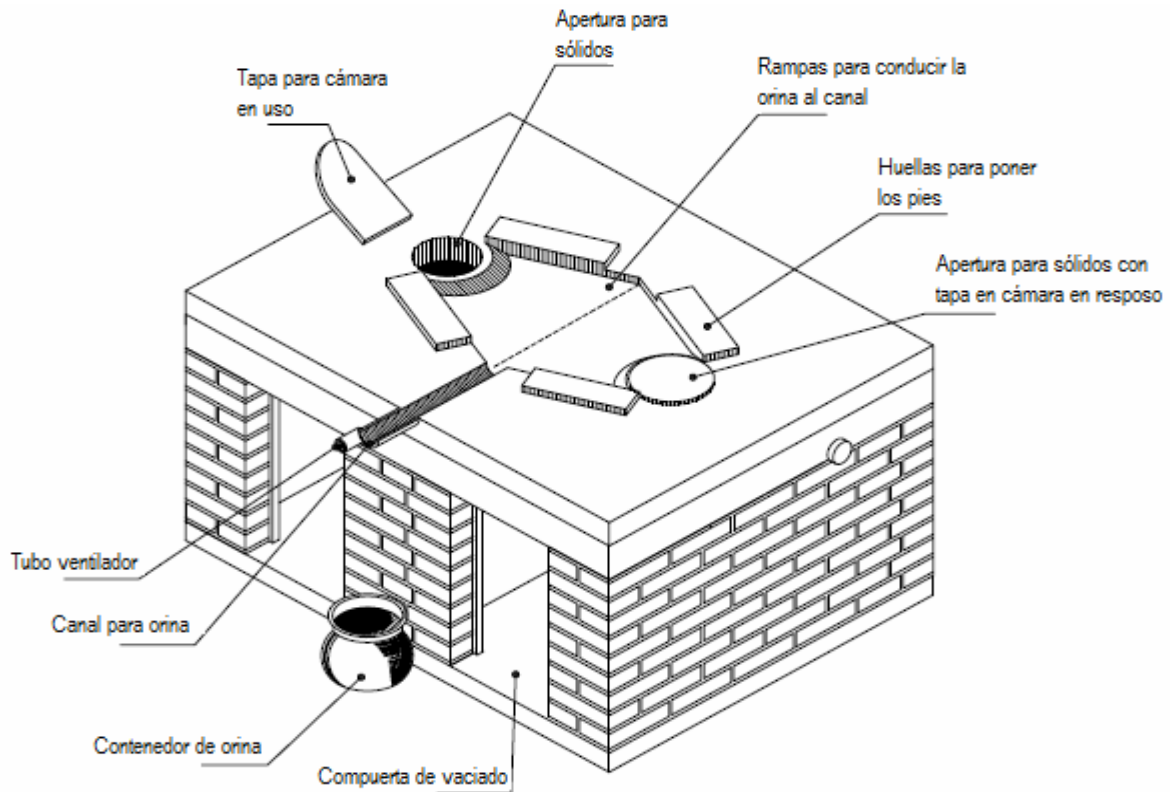


Figura 3.4 Diagrama de un SES sin taza estilo vietnamita.

Para mantener limpio el sanitario, es recomendable echar agua con cal por las rampas siempre que sea necesario para mantenerlo sin olores. Podemos modificar este diseño para conducir la orina a través de tubería, así mantenemos sellado el canal desde las rampas hasta el contenedor (Castillo, 2003).

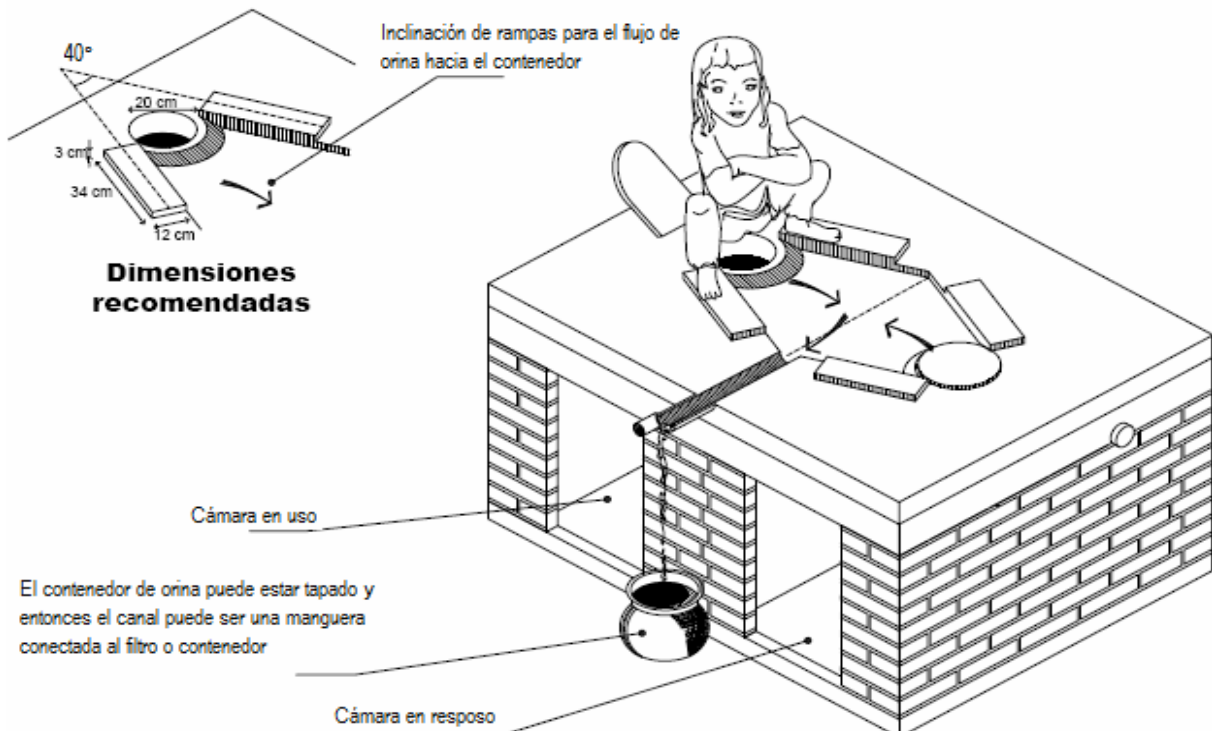


Figura 3.5 Sanitario estilo vietnamita.

### 3.2.2 SES sin separación (sanitario de composta)

En este sistema no se hace una separación de orina y heces (ver figura 3.6). Funciona mediante la fermentación aeróbica (en presencia de aire) de residuos orgánicos heterogéneos: excrementos, papel, restos de cocina y necesariamente material poroso para que la masa esté aireada.

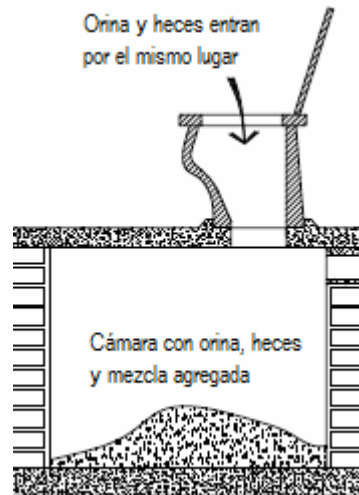


Figura 3.6 SES sin separación.

El composteo es un proceso biológico sujeto a condiciones controladas, donde bacterias, gusanos y otros organismos descomponen las sustancias orgánicas para producir humus (abono). El abono que se produce en el proceso es un excelente acondicionador de suelos (un medio rico y estable donde las raíces se consolidan fácilmente), libre de patógenos humanos siempre y cuando el composteo se realice bajo las condiciones adecuadas y que el material se almacene durante el tiempo necesario en el digestor.

En un sanitario de composta se deben alcanzar las condiciones óptimas para la descomposición biológica aerobia. Esto es: circulación de suficiente oxígeno en el material acumulado, humedad (entre 50 a 60%), relación carbón-nitrógeno (C/N) entre 15/1 a 30/1 y la temperatura superior a 15°C (GDTCF, 2002). En caso de no cumplir con estas condiciones, empezarán a generarse malos olores y a originarse fauna nociva como moscas, insectos y ruidores.

Una gran diversidad de organismos contribuye a la descomposición de las heces y otros materiales en el sanitario de composta. Varían en tamaño, pues van desde virus, bacterias, hongos y algas hasta gusanos e insectos. Todos ellos juegan un papel importante para mezclar, airear y descomponer el contenido del material apilado en la cámara de tratamiento, incluso se pueden colocar lombrices de tierra en el sanitario (siempre y cuando no se use cal junto con la mezcla seca) para que se multipliquen y hagan orificios en el material de composta y consuman olores y materia orgánica, transformándolos en suelo orgánico enriquecido.

Entre los baños secos sin separador se encuentran los llamados baños composteros prefabricados y los composteros de cámara exterior.

**Baños composteros prefabricados.** Son modelos con varios contenedores (ver figura 3.7), intercambiables o tipo carrusel, son generalmente grandes y siempre debe haber un contenedor listo para usarse; cuando uno se llena se cambia por otro vacío. Cuando todos los contenedores están llenos, el primero que estaba en uso, deberá estar fermentado totalmente, se vaciará y volverá a

utilizar. Los excedentes líquidos se pueden captar del fondo del contenedor y utilizarse como fertilizante.



Figura 3.7 Baño compostero prefabricado de tipo carrusel.

**Compostero de cámara exterior.** Las cámaras donde se da tratamiento a la materia orgánica no están debajo del asiento o taza del sanitario, existe una cámara exterior (pila de composteo) donde se transfiere el excremento. Esto puede ser una ventaja para tratar con más facilidad e independencia la materia en transformación (ver figura 3.8).

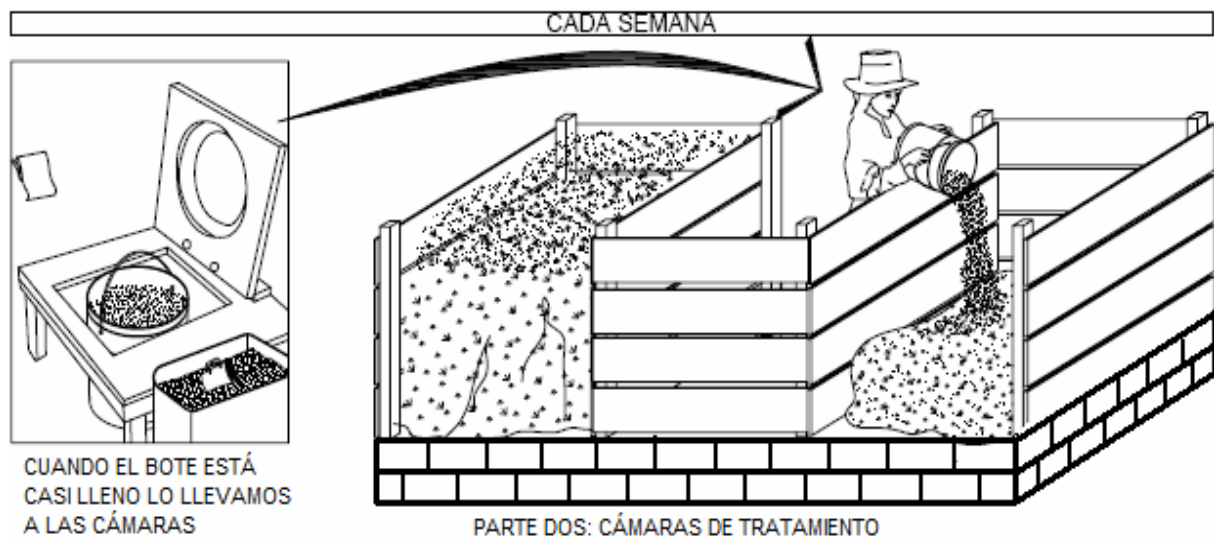


Figura 3.8 Baño compostero con cámara en el exterior.

Es una opción perfecta para quienes no tienen suficiente espacio para hacer un sanitario con dos cámaras ó para quienes prefieren desocuparlas con frecuencia y procesar las excretas en otro sitio. Bajo el asiento se instala un bote de recolección de las excretas, pero los botes pueden llevarse a otro lugar para realizar el proceso de transformación (ver figura 3.9). Lo importante es mantenerlas en un sitio durante 6 a 12 meses, aproximadamente, en las condiciones básicas requeridas: oxígeno, temperatura, humedad y balance.

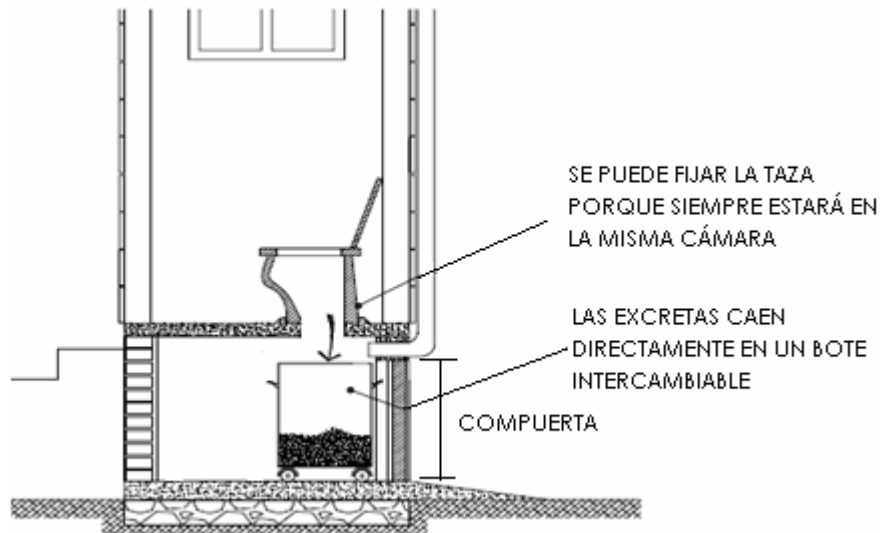


Figura 3.9 Arreglo para un baño con composteo exterior.

### 3.3 Funcionamiento

Como se mencionó antes, el SES funciona mediante la fermentación aeróbica de los residuos orgánicos; excrementos y material secante (cal, viruta de madera, ceniza o paja, mezclada con tierra), para que la masa esté aireada y seca. El uso alternado de dos cámaras, garantiza un tiempo suficiente para el secado del excremento. La ceniza o cal que se utiliza para cubrir el excremento y la falta de humedad dentro de la cámara facilitan el proceso de destrucción de los organismos que producen enfermedades (patógenos).

En el caso de los SES sin separación, se tiene una mayor variedad en cuanto a la materia seca a utilizar, ya que además de los materiales mencionados en el SES separador, podemos optar por usar los desperdicios de la comida, materia orgánica como hojas de lechuga, cáscaras de tomate, olotes, granos de café, por mencionar algunos.

Es importante destacar que la composta procedente del baño seco no es recomendable para el cultivo de hortalizas, ya que algunos huevecillos y quistes de parásitos del ser humano son capaces de sobrevivir durante mucho tiempo en diferentes medios y contagiarnos. Sin embargo, sí es una composta adecuada para utilizar en árboles frutales (Pérez-Guille, 2009).

#### 3.3.1 Parámetros de operación

En un SES, el tratamiento dado a las excretas humanas es similar al proceso requerido en cualquier sistema de compostaje; el cual es el control aeróbico (que usa oxígeno) para lograr la descomposición biológica de materia orgánica hasta convertirla en un enriquecedor del suelo. Debido a que se requiere oxígeno, el excremento no debe sumergirse en agua. Los encargados de la transformación son miles de microorganismos que se encuentran dentro de las cámaras. Pueden hacer un trabajo excelente de transformación si aseguramos que estén bajo las condiciones adecuadas (humedad, aeración, temperatura, pH y balance C/N) para realizar su tarea. Las siguientes condiciones benefician el desarrollo de los microorganismos y aseguran la degradación total de la materia orgánica, así como la destrucción de organismos patógenos:

**Humedad.** En un SES con separación la humedad no es deseable, pues parte del procesamiento de las excretas es la deshidratación. Separar la orina, agregar suficiente mezcla secante y cuidar que no haya filtraciones en las cámaras debe ser suficiente para mantener los sólidos adecuadamente secos.

En el caso de un SES sin separación, la humedad ideal es entre 50 y 60%. Esta humedad se alcanza al mezclar la orina con las excretas o, de ser necesario agregando (rociando) un poco de agua de vez en cuando (de preferencia agua de lluvia). La cantidad de humedad que el abono retiene depende de los materiales agregados, de la temperatura y evaporación en el mismo (el agua requerida para hacer abono va entre 700 y 1,200 litros por metro cúbico de abono terminado).

Cuando el composteo se realiza en un pila exterior es más sencillo manejar una pila con poca humedad que una con exceso.

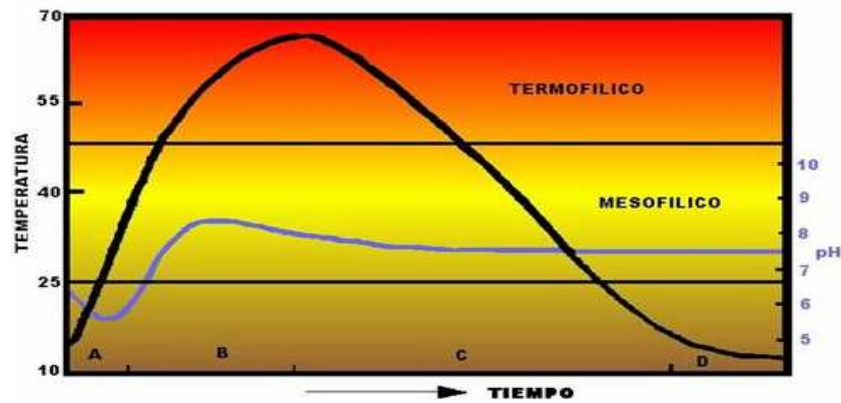
**Aeración.** Dentro de las cámaras del sanitario necesitamos aire para evitar bacterias anaeróbicas y malos olores. Esto se logra cuando el *material agregado* (aserrín con cal) tiene un tamaño aproximado de 2.5 a 5 cm para aumentar la porosidad (espacios internos llenos de aire), pero cuidando que estos no sean tan pequeños que dificulten el paso del aire por la pila (Montoya, 2009).

Las bacterias aeróbicas sufren por falta de aire si están sumergidas en líquidos, lo que puede ser un problema en los SES sin separación que no se usen correctamente. En ausencia de aire la descomposición bacteriológica continúa, pero de una forma lenta y no tan caliente, por lo que en poco tiempo puede producir compuestos ácidos con olor a huevo podrido, leche descompuesta, vomito o putrefacción. Para evitar esos olores se prefiere la descomposición aerobia.

Para lograr una pila saludable (aireada y sin olores) se debe seguir una simple regla: cualquier cosa depositada que huelga mal debe cubrirse con materia orgánica limpia. Esto quiere decir que cada vez que usamos el sanitario debemos cubrir el excremento con *material agregado* (ver inciso 3.3.2).

**Temperatura.** Debe mantenerse entre 15 y 45 °C durante la fase mesófila, que es la de máximo crecimiento para los microorganismos, y entre los 45 y 70 °C en la fase termófila, durante la cual el calor elimina a la mayoría de los microorganismos patógenos, incluyendo huevos de helminto (solamente las bacterias termófilas pueden resistir). Posteriormente, se produce el periodo de enfriamiento en el que actúan, fundamentalmente coleópteros y lombrices, para degradar la celulosa. Finalmente inicia la fase de maduración, que es la más larga y se realiza a temperatura ambiente (ver figura 3.10 y Montoya, 2009).

La falta de humedad o condiciones climáticas pueden alterar las fases del proceso. Generalmente, la adición de materia vegetal verde o el rociado con agua es suficiente para reactivar la degradación; incorporar lombrices a la pila de composteo mejora la aireación y acelera la descomposición (Botanical-online SL, 1999-2009).



A, Fase mesofílica; B, Fase termofílica; C, Fase de enfriamiento y D, Fase de maduración

**Figura 3.10.** Fases de actividad microbiana.

**pH.** Al igual que la temperatura el pH se modifica por la acción bacteriana. Existen varios rangos de acidez o alcalinidad en los que los organismos operan de manera eficiente, siendo en general de 6.0 a 7.5 para bacterias y de 5.5 a 8.0 para algunos tipos de hongos. A diferencia de la temperatura este factor no se recomienda que sea modificado, pues también es un indicador del estado de degradación en que se encuentra la composta y tiende a estabilizarse por sí solo al ir finalizando el proceso (Montoya, 2009 y figura 3.10)).

**Balance C/N.** La proporción entre el carbono y el nitrógeno, componentes de la materia orgánica, es un factor determinante para la transformación de la misma en un producto estable, inofensivo y rico en nutrientes. En un SES con separación es necesario agregar materia orgánica seca y alcalina al excremento (tierra, cal, ceniza o aserrín) para deshidratarlos y aumentar la cantidad de carbono presente; mientras que en un SES sin separación se busca sólo alcanzar una proporción carbono/nitrógeno por lo menos de 15/1 (Castillo, 2003).

Para los microorganismos, el carbono es el elemento base de la vida y un recurso de energía, mientras que el nitrógeno también es necesario para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Una mezcla orgánica con 30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno constituye una dieta balanceada para los microorganismos del compostaje. Si hay mucho nitrógeno se escapa en forma de gas y produce mal olor.

Una mezcla ideal para composteo es aquella que combina un 70% de elementos ricos en carbono (hojas secas, corteza triturada, papel, cartón, aserrín, paja, pasto seco, tierra de hoja; especialmente residuos considerados *fríos*, que son los de color marrón), con un 30% de elementos ricos en nitrógeno (estiércol, pasto recién podado, hierbas frescas, plumas, orina y los desechos orgánicos *calientes*, que son aquellos de color verde). Una mala combinación puede ser la responsable de putrefacción y olores desagradables. Por ejemplo el típico olor a huevos podridos se produce por exceso de residuos *calientes* (Botanical-online SL, 1999-2009).

### 3.3.2 Mezcla seca

En todos los SES se debe contar con un depósito de *agregado* o *mezcla seca*, que se añade al excremento para cubrirlo y aumentar el contenido de carbono. La proporción de C/N en las excretas humanas es de 8/1, así que para alcanzar el balance 30/1 recomendable, es necesario agregar elementos ricos en carbono (ver tabla 3.1). La *mezcla seca* tiene tres finalidades:

- 1) Mejorar la apariencia del SES al cubrir las excretas
- 2) Evitar malos olores al impedir su salida por la taza
- 3) Balancear la proporción C/N de la mezcla en la cámara del SES.

Como se mencionó anteriormente, para SES con separación, es recomendable emplear tierra como mezcla seca, por ser un elemento fácil de conseguir y mezclada con otros materiales resulta un agregado económico y sencillo de preparar. Generalmente se le agrega cal para aumentar sus propiedades alcalinas y como desodorante. La proporción recomendada es un tanto de cal por diez tantos de tierra. Al bajar el nivel de acidez en las heces se acelera la deshidratación, sin embargo el exceso de cal puede matar a los organismos encargados del proceso de descomposición.

Nunca debe usarse sólo cal como agregado. Es preferible emplear otro material seco rico en carbono (como aserrín), que además de evitar malos olores y reducir la acidez, proporciona el balance de C/N adecuado para obtener un abono más nutritivo. La ceniza es fácil de conseguir en lugares donde se cocina con leña, por eso y por sus propiedades alcalinas también es usada en SES separadores.

El aserrín, paja, hojas y hierbas secas son ricos en carbono; por lo tanto ideales como agregado para el SES sin separación. En la tabla 3.1 Se presentan algunos materiales que pueden agregarse a las excretas (Castillo. 2003). Casi todos los materiales orgánicos pueden ser parte de una pila de compostaje, siendo recomendable no usar aquellos que son más lentos en descomponerse por ser duros (huesos) o por necesitar altas temperaturas (grasas, carne o lácteos).

**Tabla 3.1** Mezcla seca recomendable para los SES

Simbología	Material	% Nitrógeno	Proporción C/N	Simbología	Material	% Nitrógeno	Proporción C/N
	Algas	1.9	19	●	Madera dura	0.09	560
●	Amaranto	3.6	11	●	Madera suave	0.09	641
●	Aserrín	0.11	511		Mejillones	3.6	2.2
●	Aserrín putrefacto	0.25	200-500	●	Olotes de maíz	0.6	56-123
	Betabel	1	44	➔	Orina	15-18	0.8
	Camarón	0.10	400-563	●	Paja	0.7	80
●	Cartón	0.3	121	●	Paja de avena	0.9	80
●	Cáscara de arroz	1.05	48	●	Paja de trigo	0.4	80-127
●	Cáscara de avena	2.65	15	●	Pan	2.10	100-800
●	Corteza dura	0.241	223	●	Papel	-	100-800
●	Corteza suave	0.14	496	●	Pasto	2.4	12-19
●	Directorios telefónicos	0.7	772	●	Periódico	0.06-0.14	398-852
	Frijol de soya	7.2-7.6	4-6	●	Planta de betabel	2.3	19



	Frutas	1.4	40	●	Planta de maíz	0.6-0.8	60-73
	Granos de café	-	20	●	Planta de papa	1.5	25
➔	Heces	5-7	5-10		Productos vegetales	2.7	19
●	Helecho	1.15	43		Sobras de pescado	10.6	3.6
●	Hierba (pastura)	2.10	-		Zanahoria	1.6	27
●	Hierba de legumbres	2.5	16				

- Materiales recomendables
- Materiales muy recomendables
- ➔ Valores de la orina y heces

**Fuente:** Castillo, 2003.

### 3.3.3 Productos

El excremento humano no es necesariamente un desecho; es un elemento inofensivo y sin olor si lo tratamos adecuadamente. Se convierte en desecho por el hábito de mezclar las excretas con agua, combinando dos elementos que no tienen por qué estar juntos. Las excretas - como las hojas de los árboles - son parte de un ciclo natural que las puede transformar en nutrientes para alimentar y sostener a otros seres vivos.

En las cámaras del SES puede realizarse este ciclo natural permitiendo que diferentes organismos (lombrices, hongos y bacterias) se alimenten y liberen los nutrientes de la materia fecal. Solamente se requiere tiempo para que este proceso se realice.

Al incorporar una dosis de abono de un SES al suelo, estamos agregando una cantidad importante de nutrientes que ayudan a alimentar las plantas y a protegerlas de enfermedades y plagas. El abono mejora la capacidad de absorción del suelo, reteniendo el agua y oxígeno esenciales para las plantas. Un suelo bien nutrido es de color oscuro y tibio, ideal para el crecimiento balanceado de los organismos vivos que lo habitan.

La orina contiene más nutrientes que las heces, sobre todo nitrógeno, fósforo y potasio. Es el fertilizante más fácil de conseguir, podemos separarla y diluirla para regar y nutrir las hortalizas o biodegradarla junto con las heces y la mezcla agregada.

Por otro lado, la producción y aprovechamiento de biogás a partir del estiércol animal y heces humanas, tiene como primer propósito coadyuvar a la reducción de gases que provocan el cambio climático, pero también es una alternativa que permite obtener energía, reducir el volumen de residuos sólidos y obtener abono, por lo que es posible su desarrollo para la obtención de bonos de carbono (Antonio, 2009).

### 3.3.4 Limpieza y mantenimiento

Antes ya se mencionó que se debe tener un bote con material secante para agregar al SES. En el caso del SES sin separación se puede tirar el papel sanitario dentro de la cámara o depositarlo en un bote para disponerlo con los residuos sólidos domiciliarios, o bien quemarlos y echar las cenizas en el SES.

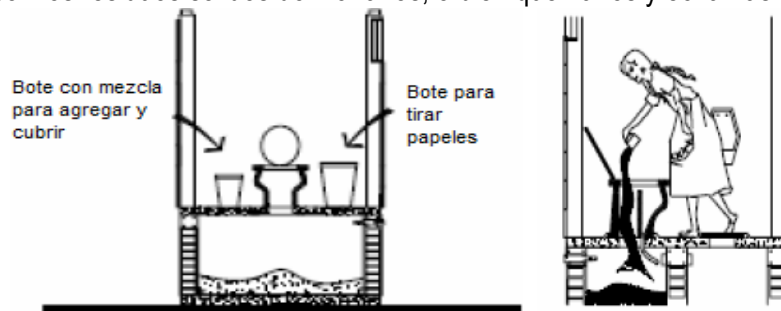


Figura 3.11 Incorporación de mezcla o material secante.

Es muy importante echar al interior de la cámara una medida equivalente a una taza de mezcla seca, después de usar nuestro sanitario para cubrir las excretas y, en caso del SES separador, cuidar que no caiga este material en la parte por donde se va la orina para no tapar el conducto.

En caso de SES separador es recomendable tener un mingitorio para los varones. Puede ser más cómodo y fácil para los hombres tener su propio mueble para orinar.



Figura 3.12 Mingitorio opcional.

Como parte del mantenimiento, es necesario deshacer con un palo el montículo que se forma en el interior de la cámara (aproximadamente una vez por semana), para evitar malos olores, al hacer que toda la materia tenga contacto con el oxígeno y se integre la mezcla agregada.

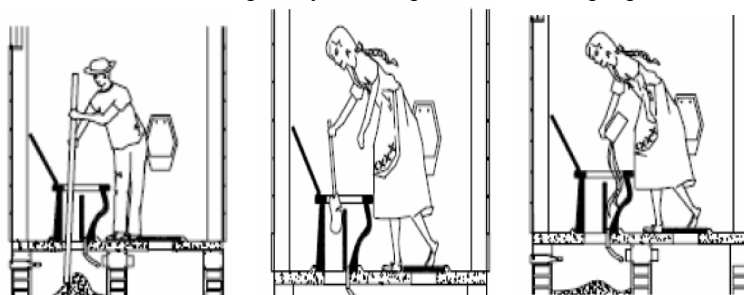


Figura 3.13 Limpieza del sanitario

Asear regularmente el sanitario: la taza, el piso, el mingitorio. En caso de tener un SES separador limpiamos la parte para la orina y el mingitorio con un poco de agua caliente con cal disuelta, de esta manera evitamos olores y que el conducto se tape.

Cuando se tiene un SES de dos cámaras y una se llena, cambiamos la taza a la otra cámara. A la llena la cubrimos con una capa de tierra y material seco, la tapamos y empezamos a usar la otra cámara.



Figura 3.14 Sellado de la cámara.

El proceso de aprender cómo usar y mantener efectivamente al SES depende de la experiencia previa y muchas veces de nuestro propio esfuerzo por resolver las dificultades que se presenten en el uso cotidiano del sanitario. Cuando conocemos como funciona el sistema de un SES resulta fácil y sencillo adaptarlo a nuestro entorno y a nuestras preferencias para saber qué hacer y qué no (Castillo, 2003).

### 3.4 Ventajas y desventajas

En un Sanitario Ecológico Seco el objetivo es transformar excretas humanas potencialmente dañinas en una materia estable, inofensiva a nuestra salud y rica en nutrientes. Sin embargo, el uso indiscriminado de sanitarios convencionales (que usan agua como medio de transporte), representa serias desventajas para la aplicación de SES.

Para concluir este capítulo resumiremos las ventajas y desventajas de esta tecnología:

**Ventajas.** Ante la crisis de abastecimiento de agua que nos afecta, es obvio que el ahorro del vital líquido encabeza nuestra lista:

- **Ahorro de agua.** Ya que al no requerir de este líquido se ahorran 40 l/hab-día, cantidad promedio destinada en cada hogar al sanitario convencional.
- **No requiere conexión a la red de drenaje.** Esto hace posible su aplicación en sitio alejados o con fuertes carencias económicas donde no existe drenaje alguno.
- **Protege el ambiente.** Al no producir aguas residuales, reduce riesgo de infiltraciones y evita la contaminación de los mantos acuíferos.
- **Produce abono.** Que puede ser utilizado con toda seguridad, ya que se encuentra libre de patógenos debido al proceso aeróbico de deshidratación (de 6 a 12 meses aproximadamente). Por tanto, reduce el consumo de fertilizantes químicos, los cuales producen un contaminante atmosférico ( $N_2O$ ) precursor del cambio climático.
- **Es económico.** En comparación con el sanitario convencional, ya que no se requiere como se mencionó anteriormente, estar conectado a la red, ni a la de agua potable ni la de drenaje: Para el caso de *Ayometitla parte alta*, el periodo de tiempo entre la demanda de una pipa y otra será más largo, reduciendo el consumo y el costo.
- **Fácil construcción.** Puede instalarse fácilmente con mano de obra y materiales locales o adquirir un sistema prefabricado.
- **Higiénico.** Es un sanitario limpio y sin olores. No se generan ni entran animales al sistema (roedores e insectos) y los olores son eliminados por el tubo de ventilación.

**Desventajas.** Como se mencionó anteriormente la principal desventaja es el rechazo público, por lo que ésta encabeza nuestra lista:

- **Rechazo público.** Falta de conocimiento del sistema, prejuicios, hábitos y costumbres dificultan la entrada de esta tecnología en zonas urbanas.
- **Riesgo a la salud.** Un manejo inadecuado y falta de higiene puede conducir a la generación de fauna nociva (roedores e insectos).
- **Riesgo ambiental.** Si las cámaras de un SES no han sido construidas adecuadamente es posible que, como en el caso de fosas sépticas, los mantos acuíferos puedan llegar a contaminarse.

## Capítulo 4 *Ayometitla parte Alta*

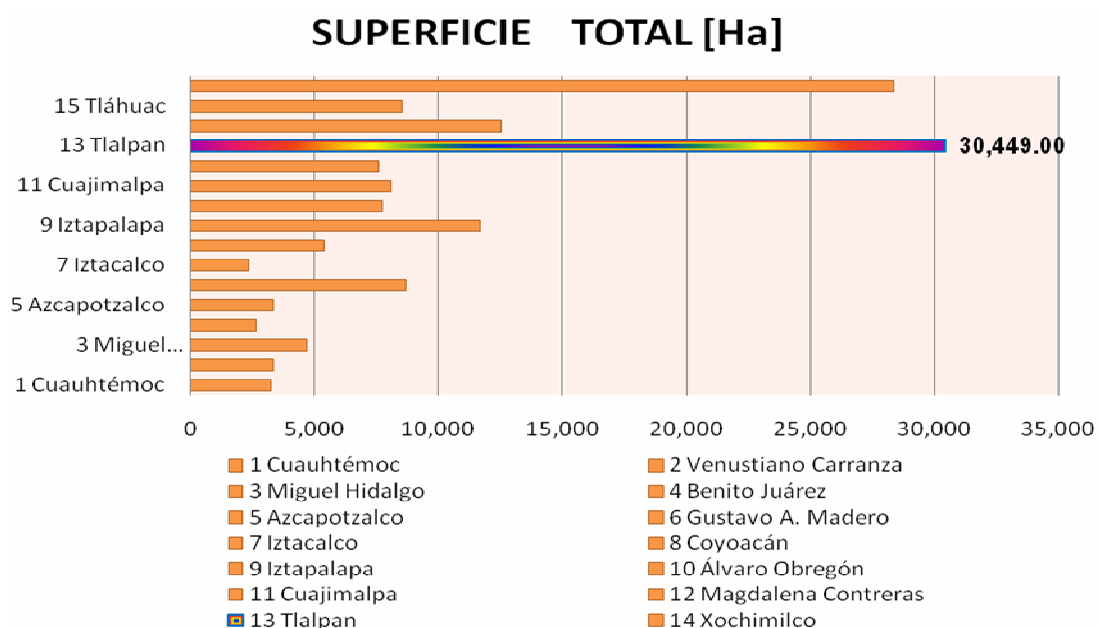
Para realizar el caso de estudio se eligió Tlalpan por ser la delegación con mayor superficie de suelo de conservación (85.4%) y una importante zona de recarga de los mantos acuíferos del Distrito Federal.

Escenario de importantes acontecimientos de la historia de México, Tlalpan, antes conocida como San Agustín de las Cuevas, atesora espacios que son un agradable escape a la vida cotidiana de la ciudad, sin salir de ella. Se encuentra ubicada al sur de la Ciudad de México en las estribaciones de la serranía del Ajusco, el Pedregal de San Ángel y Ciudad Universitaria, ocupa parte del conjunto de la Sierra de Chichinautzin, y es una de las zonas de mayor belleza paisajística de la ciudad,

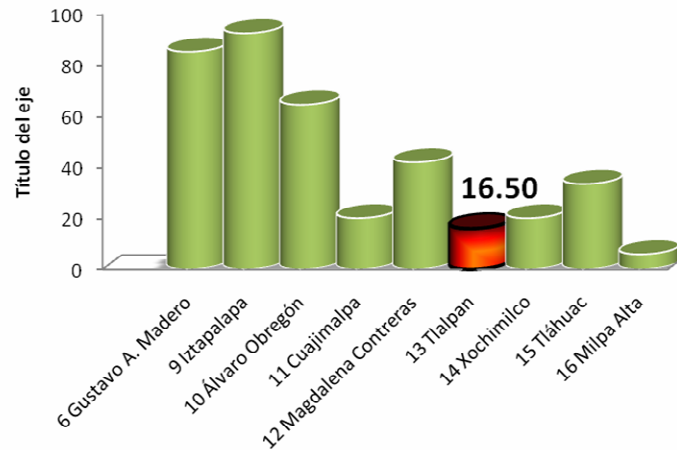
Tlalpan, cuyo nombre náhuatl significa "en la tierra", tiene sus orígenes, como parte de la población de Cuiculco, entre los años 900 y 600 antes de la era cristiana. En la actualidad todavía puede apreciarse una pirámide cónica, única en Mesoamérica, de esta antigua cultura. La aldea prehispánica fue destruida por un cataclismo volcánico que cubrió de lava toda la zona creando los pedregales del sur del Valle de México (Ciudadmexico, 2008).

La delegación Tlalpan se ubica a 19°09'57" de latitud norte y 99° 09'57" de longitud oeste. Colinda al norte con las delegaciones de Álvaro Obregón y Coyoacán, al oriente con Xochimilco y Milpa Alta, al poniente con Magdalena Contreras y al sur con el municipio de Huitzilac (Morelos) y Santiago Tlanquistenco (Edo. de México). La máxima altitud es de 3,930 en la cumbre del cerro Cruz del Marqués, y la mínima de 2,260 en el cruce de las avenidas anillo periférico y viaducto Tlalpan.

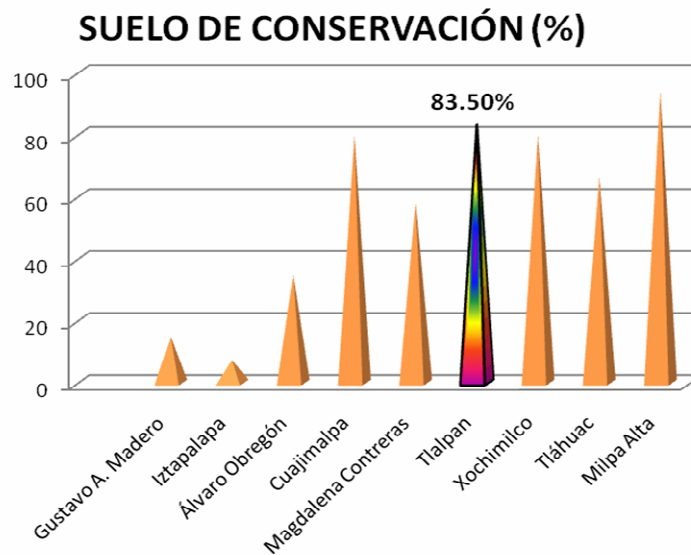
Tlalpan es la mayor de las delegaciones del Distrito Federal con una superficie de 33,061 hectáreas (figura 4.1), de las cuales 7,635 son de uso urbano y 25,426 (casi 80%) es suelo de conservación (ver figuras 4.2 y 4.3). De aquí la relevancia de Tlalpan como la más importante zona de recarga de agua y pulmón para el Distrito Federal, además de contar con una gran biodiversidad (Mollá-Ruíz, 2006). En cuanto a su densidad poblacional (2,041.6 habitantes/km<sup>2</sup>, CONAPO, 2007), es una de las menos habitadas, con sólo 600,000 habitantes distribuidos entre nueve pueblos y 148 asentamientos irregulares (PEMA, 2008).



**Figura 4.1** Superficie del Distrito Federal.  
**SUELO URBANO (%)**



**Figura 4.2** Distribución de suelo urbano del Distrito Federal.



**Figura 4.3** Distribución del suelo de conservación en el Distrito Federal.

#### 4.1 Características generales de *Ayometitla parte alta*

El asentamiento irregular seleccionado dentro de Tlalpan es *Ayometitla parte alta*, el cual por su lejanía de otros centros urbanos no tiene posibilidades de contar con una red de agua potable.

*Ayometitla parte alta*, corresponde al polígono 27 de la subdivisión establecida por la delegación Tlalpan. Es el resultado de la expansión del D.F. y tiene una antigüedad no mayor a diez años (la figura 4.4 presenta el crecimiento del asentamiento para un periodo de ocho años, 2000-2008).



**Figura 4.4** Fotos áreas 2000 y 2008 de Ayometitla parte alta.

*Ayometitla parte alta* tiene una extensión de 22,487.65 m<sup>2</sup> y está perimetralmente confinado por una barrera física (mampostería con drenes pluviales y malla ciclónica), para evitar la expansión del asentamiento, resguardar el suelo de conservación que lo rodea y mantener su vocación agrícola (Diario de México, 2008).

Se encuentra a 2,881.06 metros de distancia del centro del poblado de San Miguel Topilejo, en el kilómetro 28 de la Carretera Federal México-Cuernavaca (Pérez, 2008). Las dos características fisiográficas más importantes de este asentamiento para nuestro estudio son el tipo de suelo y precipitación pluvial.

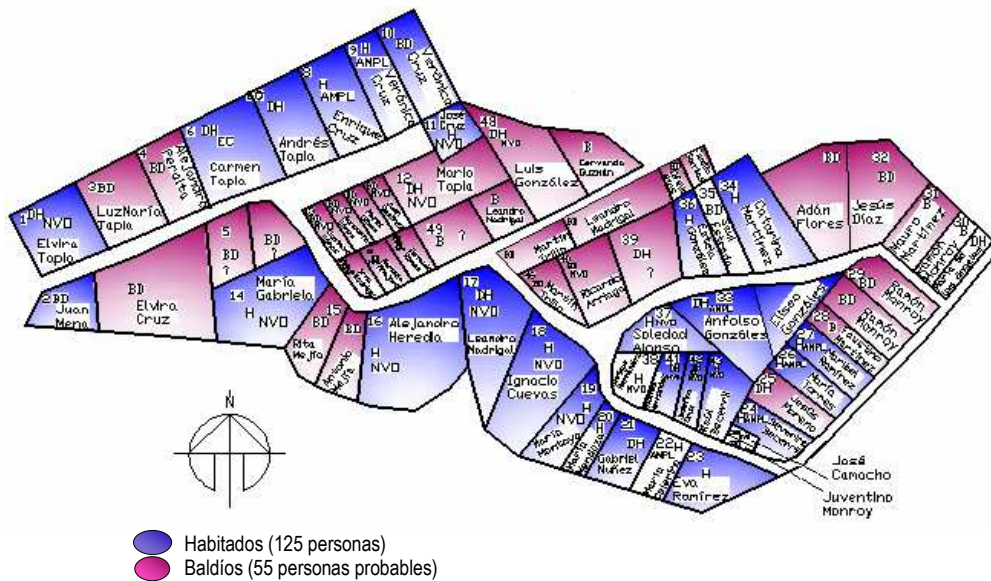
**Tipo de suelo.** Caracterizado por una capa superficial oscura, rica en materia orgánica y nutrientes (*Feozem haplico*) (ver figura 4.5). Tiene condiciones aeróbicas y por tanto un buen drenaje, lo que convierte a esta zona en una importante fuente de recarga (INEGI, 2008a).



**Figura 4.5** Tipo de suelo.

**Precipitación.** Es de 750 mm (mínima 700 mm y máxima 800 mm) de acuerdo con los datos de la propia Delegación (Pérez, 2008) y, según el INEGI (2008b), existe un rango promedio anual para la delegación de Tlalpan de 700 a 1,500 mm y para San Miguel Topilejo, donde se encuentra Ayometitla, de 800 a 1,000 mm anuales. Cualquiera de estos datos acentúa la importancia de este suelo como zona de recarga, además de convertir el aprovechamiento de agua de lluvia una de las eco-tecnias más útiles para sus habitantes.

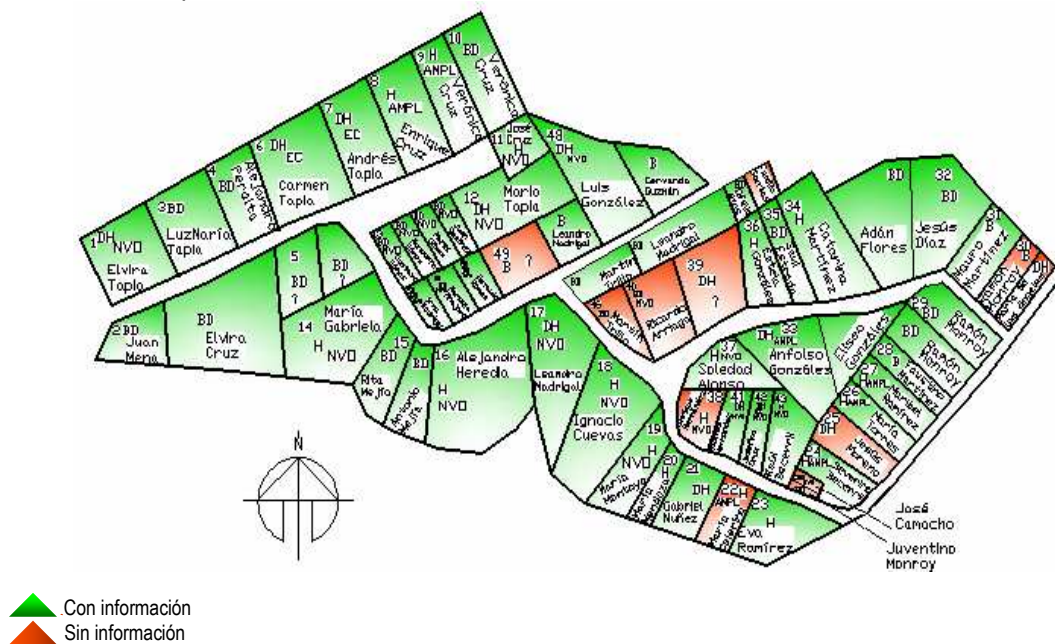
En cuanto a su población, en *Ayometitla parte alta* existe un total de 67 lotes (figura 4.6), de los cuales 26 están habitados (38.81%) y los restantes, 41, son lotes baldíos o en construcción. Actualmente habitan 125 personas en el asentamiento, pero se espera un total de 180.



**Figura 4.6** Identificación de lotes en *Ayometitla parte alta*.

La población de *Ayometitla* se caracteriza por ser heterogénea, económica, social y académicamente hablando, además de proceder de lugares diferentes, lo que hace difícil su integración.

Para realizar el presente estudio, del total de pobladores que habitan o están por habitar *Ayometitla*, se encuestaron a 55 propietarios (82.09%), el sábado 8 de noviembre de 2008 (ver figura 4.7), aplicando el formato que se incluye como anexo al final de este trabajo. El objetivo de la encuesta fue recabar información acerca de los recursos, hábitos y costumbres de los pobladores del asentamiento con el fin de caracterizar su población.



**Figura 4.7** Cobertura de la encuesta para *Ayometitla parte alta*.



## 4.2 Problemática ambiental

A partir de las observaciones de la visita preliminar y los resultados de la encuesta realizada, se elaboró el siguiente diagnóstico ambiental del asentamiento irregular *Ayometitla parte alta*. Las preguntas formuladas (ver anexo A.1) fueron diseñadas para obtener información de cinco grandes rubros ambientales: contaminación del aire, contaminación del agua, manejo de residuos sólidos, manejo de residuos peligrosos y riesgo ambiental.

### 4.2.1 Aire

Los principales problemas de contaminación atmosférica en Ayometitla, son la presencia de organismos patógenos en el aire resultado de la defecación al aire libre de perros, vacas y caballos, así como la presencia de partículas suspendidas (polvo y tierra), originadas por la erosión de los lotes baldíos y de las calles sin pavimentar.

Las alternativas propuestas para eliminar esta problemática fueron:

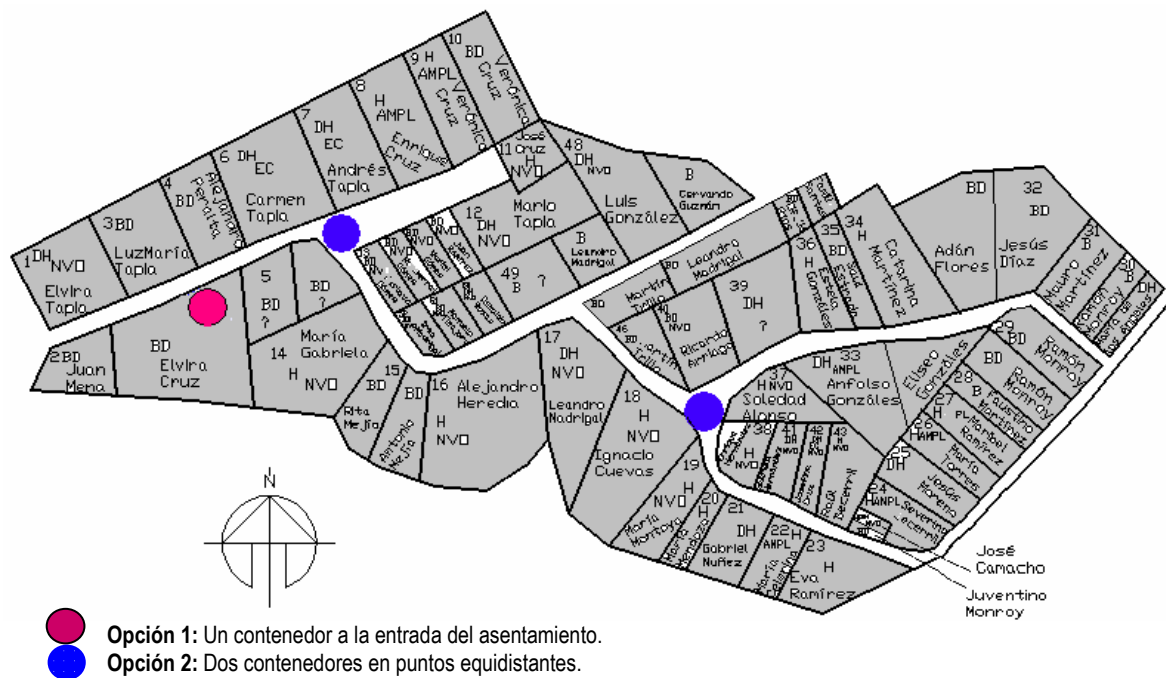
- Instalación de un paso de ganado. Ya que sólo existe una entrada al asentamiento es posible evitar que vacas y caballos ingresen con la construcción de un paso de ganado, que tienen un costo de \$4,800.
- Control de excretas de perros, al no permitir que los animales defecuen en la vía pública o, si es el caso, recoger sus heces.
- Empedrado artesanal. Para evitar la erosión, sin impedir la recarga de acuíferos en el área se recomendó empedrar los 430m de longitud por 4m de ancho de las calles del asentamiento, con un costo aproximado de \$139,958.
- Barreras naturales. Para controlar la posible entrada de polvo de terrenos aledaños, se recomendó plantar árboles en los linderos de los lotes baldíos (PEMA, 2008).

Con el uso de baños secos y una pila de composteo comunitaria, se puede utilizar la materia fecal de los animales callejeros para la composta, la cual sería aplicada en los terrenos baldíos con la intención de evitar su erosión y ayudar en el crecimiento de las barreras naturales

### 4.2.2 Manejo de Residuos sólidos

En cuanto a los residuos sólidos urbanos (RSU) el mayor problema es la falta de un sistema de recolección y, como consecuencia, se practica la quema y parte de residuos orgánicos son enterrados en los jardines para evitar cargarlos hasta el contenedor que está ubicado a 600 m del asentamiento, sobre la carretera federal México-Cuernavaca.

La alternativa propuesta es la separación de los residuos sólidos, la instalación de contenedores públicos para el almacenamiento temporal (ver figura 4.8) y el compostaje casero. En el caso de la instalación de los contenedores, se proponen dos opciones para su ubicación: la primera es colocar un sólo contenedor a la entrada del asentamiento (círculo rosa) en un lote destinado a servicios comunitarios y la segunda opción es colocar dos contenedores en puntos equidistantes (círculos azules) con la finalidad de que los habitantes recorran una distancia menor al transportar sus residuos.



**Figura 4.8** Sitios de ubicación de los contenedores de RSM.

Con la integración de los baños secos dentro del asentamiento, los residuos orgánicos secos se verían disminuidos al utilizarlos como agregado o mezcla seca para el balance C/N. Otro beneficio asociado con el establecimiento de SES podría ser la instalación de cámaras exteriores para el composteo de las excretas de todo el asentamiento, pudiendo generar un empleo remunerado al contar con una persona que se encargue de mantenerlas y vigile los parámetros de operación descritos en el capítulo anterior para su correcto funcionamiento.

## 2.3 Agua potable

Ya que se trata de un asentamiento irregular no posee un sistema entubado de abastecimiento de agua potable; por lo tanto, el problema principal es la dotación del vital líquido y su almacenamiento. Actualmente los habitantes obtienen el agua potable de pipas particulares (54%) o de las que subsidia la Delegación (42%).

Sabiendo que, debido a las condiciones del asentamiento (lejanía del sistema actual de abastecimiento y tipo de terreno) no se contará con tubería de abastecimiento en ese sitio, las alternativas propuestas deben estar dirigidas a conservar la calidad del agua que se obtiene (almacenamiento) y reducir los requerimientos de agua potable. Estas alternativas fueron:

- Mejorar almacenamiento de agua mediante cisternas:
  - de polietileno de alta densidad de 10 m<sup>3</sup> de capacidad, con un costo de \$18,770.
  - de ferro-cemento de 10 m<sup>3</sup> de capacidad, con un costo de \$5,552, sin incluir mano de obra.
  - ó cisternas de concreto de 8 m<sup>3</sup> de capacidad, cuyo costo es de \$23,500.
- Aprovechamiento de agua de lluvia, lo que tendría un costo aproximado de \$1,680
- Reuso de aguas grises, con un costo de implementación de \$848.

Es, esta problemática ambiental sobre la que más incidencia tendría la instalación de baños secos. Al estar en funcionamiento el baño seco, habrá una disminución considerable de agua (40 l/hab-día

aproximadamente), lo cual impactará directamente no sólo en su consumo sino también en la capacidad de los sistemas de almacenamiento tales como las cisternas, tambos metálicos y tanques de polietileno de alta densidad (ver figura 4.8).



Figura 4.9 Contenedores de agua usados en Ayometitla parte alta.

#### 4.2.4 Agua residual

Gran parte de los lotes de Ayometitla (más del 96%) vierten sus aguas residuales al suelo sin tratamiento alguno, siendo esta la principal problemática del asentamiento, ya que no sólo se provoca la contaminación de la zona, sino que a través del subsuelo se pueden contaminar los mantos acuíferos del Valle de México.

Bajo estas circunstancias, las alternativas de manejo de aguas residuales son:

- Eliminación de letrinas. El 73.08% de los pobladores dijeron tener fosas sépticas, mientras el 23.08% hicieron referencia a letrinas.
- Inspección de fosas sépticas. Con el objetivo de eliminar las que presenten infiltraciones y sustituirlas por baños secos.
- Implantación de baños secos. Como condicionante para las nuevas construcciones y sustitución de letrinas y fosas sépticas por SES.
- Fomento del reuso del agua. Mediante instalaciones que nos permitan la captación y recirculación de aguas grises dentro de la vivienda (ver PEMA, 2008).

Con el funcionamiento de los baños secos, el porcentaje de aguas grises destinado a las fosas sépticas o letrinas (83.33%) se vería reducido, teniendo un exceso de aguas grises, las cuales tendrían que ser reaprovechadas en otras actividades, como por ejemplo: el agua de los trastes puede ser destinada para el riego de las plantas y el agua jabonosa de la ducha y lavadora para el aseo de la vivienda y limpieza del auto.

#### 4.2.5 Residuos peligrosos y riesgo ambiental

*Ayometitla parte alta* está situada en una zona de recarga, por lo que es muy importante que sus pobladores sepan cómo manejar sus residuos especiales y peligrosos.

En cuanto a los residuos provenientes del asentamiento, ninguno es considerado de manejo especial ya que no reúnen las características de acuerdo a la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal;

mientras que entre los posibles residuos peligrosos susceptibles de producirse en *Ayometitla parte alta*, están:

- **Pilas.** Contienen metales pesados, que son tóxicos al acumularse en los organismos vivos, además de contaminar el agua y el suelo. Las pilas también son explosivas si son expuestas al calor.
- **Solventes.** Están en algunos limpiadores y en pinturas de uso doméstico, producen gases tóxicos y también son corrosivos. El contacto con solventes puede causar problemas en la piel y los ojos.
- **Aceites.** Los aceites gastados automotrices y los usados para mantenimiento de maquinaria son muy tóxicos. En general son inflamables y contaminan grandes cantidades de agua.

El 96.1% de los encuestados tiran sus residuos peligrosos junto con el resto de su basura. En dos lotes (menos del 8%) se entierran los medicamentos caducos en el jardín, ya que se cree que esto elimina a las lombrices y mejora los cultivos, lo cual no es necesariamente bueno. Sólo en un lote se reporta la separación de residuos peligrosos: no se usan pilas ni solventes; y los medicamentos caducos se entregan al consultorio de un dentista, familiar del encuestado, quien dispone de ellos, aunque no se aclaró como lo hace.

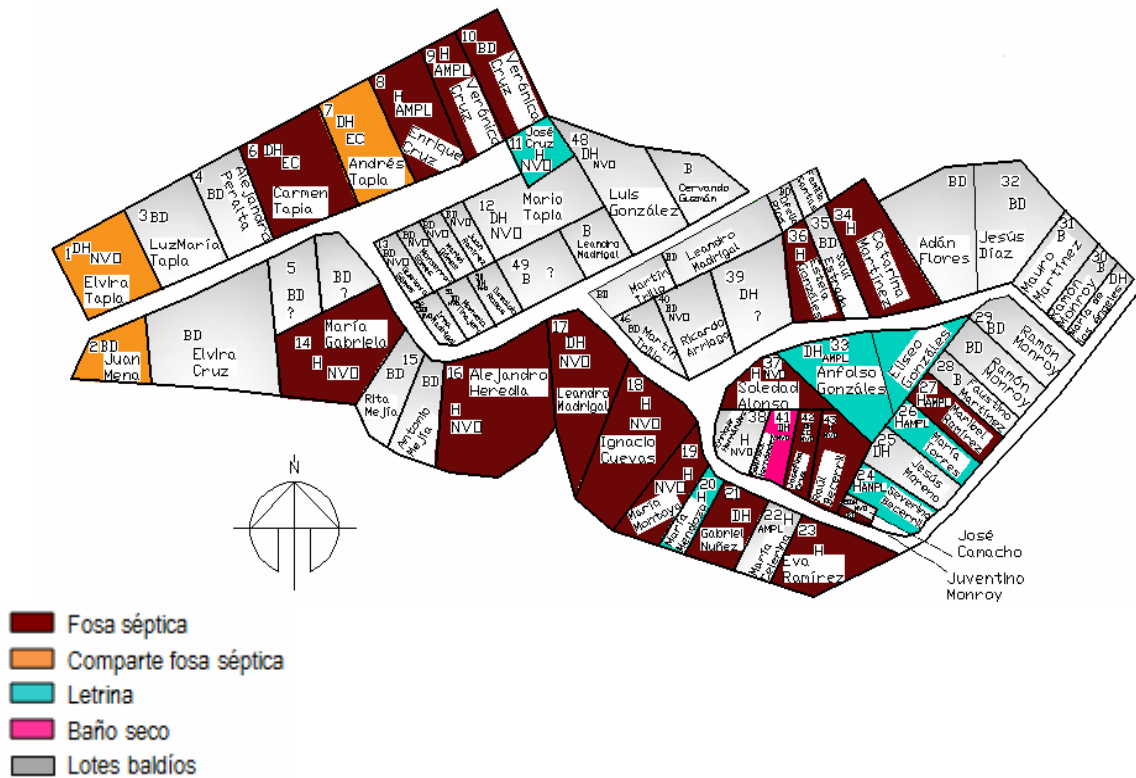
### 4.3 Implantación de baños secos

A pesar de que Tlalpan es la delegación con mayor contribución a la recarga de los mantos acuíferos del Distrito Federal, también es una de las que más los contamina. Esto, debido a las prácticas agropecuarias en la zona y la inexistencia de drenaje en los asentamientos irregulares, donde las llamadas fosas sépticas casi nunca lo son (según estimaciones de la Dirección de obras y desarrollo urbano de Tlalpan, casi el 50% de los 620,000 habitantes de la Delegación contaminan el subsuelo al carecer de una auténtica fosa séptica, pues lo que realmente poseen es un “pozo negro”, donde los desechos terminan filtrándose a los mantos acuíferos) (Tlalpan, 2008).

De acuerdo con la encuesta realizada en *Ayometitla parte alta*, el consumo promedio de agua potable se estimó en 38 l/hab-día, cantidad muy baja comparada con los 216.6 l/hab-día estimados a nivel nacional y también la dotación recomendada por las normas mexicanas de aprovisionamiento de agua potable, 100 l/hab-día para poblaciones menores a 15 mil habitantes ubicadas en clima frío (F.I., 1979) y aún por debajo de la dotación mínima dictaminada por la Organización Mundial de la Salud, 50 l/hab-día, para preservar condiciones de salubridad.

En el asentamiento el 73.08% de los pobladores dijeron tener fosas sépticas, mientras el 23.08% hicieron referencia a letrinas, como los sitios donde aprovechan las aguas grises. Sin embargo ninguno de los encuestados reportó haber vaciado su fosa séptica a pesar de llevar varios años viviendo en el lugar. De los encuestados sólo una persona dijo utilizar baño seco (ver figura 4.9).

El 92.31% de las personas reutilizan el agua, principalmente arrojándola a fosas sépticas o letrinas (83.33%), para regar plantas (87.5%) y lavar sus pisos (45.3%); lo que habla de la carencia en la zona del vital líquido. Debe mencionarse que el aprovechamiento de agua de lluvia y la reutilización de aguas grises en los sanitarios son prácticas arraigadas entre la población (por lo menos el 61.54% afirma realizar una u otra), situación que se atribuye a los bajos niveles de dotación predominantes en la zona.



**Figura 4.10** Localización de fosas sépticas, letrinas y baño seco.

En los incisos anteriores se revisó ya la forma en la cual los habitantes de este asentamiento disponen de sus aguas residuales, debiendo recordar aquí cual es la distribución típica del uso de agua potable dentro de una casa habitación (Ortiz-Monasterio, 1991):

regadera y lavabo	25%,
cocina	10%,
sanitario	40%,
lavado de ropa	15% y
riego	10%

La población total actual del asentamiento (125 habitantes) emplea 4.75m<sup>3</sup>/día de agua y, de acuerdo al *Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de alcantarillado sanitario en localidades urbanas de la República Mexicana* que indica que el 80% de la dotación servida se debe considerar como aportación directa al sistema de drenaje (F.I., 1993), se puede estimar que el volumen mínimo de agua residual descargado al suelo de Ayometitla parte alta asciende a 3.8m<sup>3</sup>/día.

Por todo lo anterior, el propósito de este trabajo es plantear la instalación de baños secos como alternativa al problema de escasez de agua que existe no sólo en el asentamiento, sino en todo el mundo. Además, es importante señalar que esta instalación toma en cuenta que la mayoría de los habitantes (61.54%) dijeron tener conocimiento de estos sistemas, por lo que se cree que la posibilidad de ser rechazados disminuye.

Además, se pretende que los lotes que aún no están construidos adopten obligatoriamente el uso de SES, mientras que los habitantes que ya están alojados, el compromiso será que inspecciones sus fosas sépticas y de no operar adecuadamente las cambien por baños secos, para que este asentamiento cause el menor daño posible al ambiente.

Para el caso especial de *Ayometitla parte alta*, se proponen dos modalidades: baño seco con separación y baño compostero. El primero, como ya se mencionó en el capítulo 3, puede ser instalado tanto dentro (lo cual brindaría comodidad a los usuarios) como fuera de la casa y la materia fecal es separada de la orina por medio de una taza especial.

Debemos recordar que el baño compostero no necesita una taza para separar la orina, ya que tanto ésta como las heces y el papel sanitario, son depositados en una cámara junto con materia secante; pero para obtener un producto final de calidad, se debe cuidar la aeración y relación C/N de la mezcla.

### 4.3.1 Baños secos con separación

Los SES con separación son ideales para zonas donde no hay alcantarillado, donde es difícil acceder al servicio de agua o su costo es elevado, pueden ser construidos en el patio o dentro de la casa, son económicos, limpios, cómodos, estéticos, no requieren agua y tampoco necesitan de un pozo ciego. Para conocer las dimensiones de las cámaras (en el caso de nuevas construcciones) ó del contenedor de la materia fecal (para las viviendas que ya están establecidas), como primer paso se calcula el volumen de generación de heces y orina que se deben almacenar.

A continuación se muestran los detalles de una instalación de este tipo de baños en la ciudad de México (Cisneros, 2009). En la figura 4.11 se muestra la taza y tapa recomendadas, mientras que la figura 4.12 corresponde a un detalle de la conexión del ducto para la orina (llamado *pipiducto*) y el bidón que la contendrá.



Figura 4.11 Tazas y tapas separadoras.

El *pipi ducto* es la tubería de polietileno de baja densidad (PEBD), con un diámetro mínimo de 0 25 mm (3/4 de pulgada), sin codos (para limpiar y destapar fácilmente), y con pendiente mínima de 2%. Los contenedores de orina deben ser preferentemente translúcidos para ver directamente el nivel en el que se encuentra. Conviene dejar reposar la orina un 1 mes para que fermente y sea utilizada como abono (siempre diluida).



**Figura 4.12** Pipi ducto y contenedor de orina.

El tubo de ventilación debe salir de la casa y se recomienda esté expuesta a los rayos del sol y pintada de negro para que al calentarse aumente la velocidad de salida de los gases del interior de la cámara del SES. El diámetro recomendable es de 25 mm con un codo de 45° o menos a la salida de la cámara, para que el aire caliente salga con mayor facilidad. En la parte superior se aconseja poner un sombrero de plástico o del material que sea este tubo, para evitar la entrada de agua de lluvia y una malla para evitar el ingreso de moscas en la cámara (ver figura 4.13).



**Figura 4.13** Tubería de ventilación.

Se recomienda además instalar una trampa de moscas. Esta es una botella de plástico transparente de medio litro que se corta en la parte superior (ver figura 4.14) introduciendo la boca invertida; de tal manera que, los insectos que pudieran entrar en la oscuridad de la cámara almacenadora del SES, al ver la luz del exterior irán hacia ella y quedarán atrapadas en la botella. Este artefacto debe ser removible para facilitar su vaciado y limpieza.



**Figura 4.14** Botella para trampa de moscas.

### 4.3.2 Sanitarios composteros

Para la instalación de estos SES en Ayometitla se recomienda ubicar en el exterior las pilas de compostaje, para favorecer las condiciones de degradación. Las casas que ya se encuentran construidas en el asentamiento y deseen optar por estos SES, deberán cancelar las tuberías debajo del inodoro actual e instalar un cajón y asiento según las especificaciones discutidas en la sección 3.2.2 de esta tesis.

Para el nuevo sistema sanitario se necesita una cubeta de 20 litros que servirá de almacén temporal (una semana por adulto) de la materia fecal y orgánica. La cubeta debe estar dentro de un cajón de madera de 50x40x45 cm (largo, alto, ancho) en donde se adapte un asiento y tapa convencional para hacer más fácil y cómodo el uso del sanitario (ver figura 4.15). Cada semana, según el ritmo de uso, se vaciará la cubeta una cámara de tratamiento (pila de composteo).



**Figura 4.15** Base de madera para el Sanitario compostero.

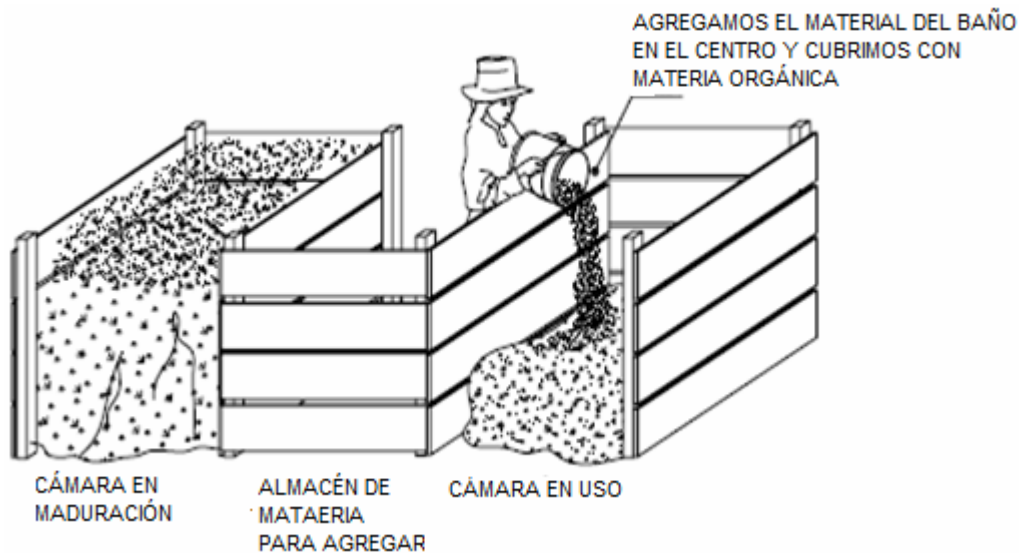
En cuanto a las nuevas construcciones, se recomienda la instalación de un SES con dos cámaras. Los detalles para la construcción y los costos relacionados se presentan en los anexos A.2 y A.3, respectivamente.

Para hacer composta doméstica se requiere de un espacio, ya sea en un patio, jardín, azotea o huerto. El área necesaria varía según la cantidad de residuos biodegradables que se pretenda compostar; el espacio mínimo es un metro cuadrado. Idealmente, el lugar adoptado debe ser protegido de los elementos naturales. Por ejemplo, una excesiva exposición al sol o al viento puede secar la composta y la lluvia excesiva puede influir negativamente en el proceso de compostaje.

El compostaje doméstico puede realizarse en pilas o en un recipiente compostador (ver figura 4.16). La elección depende de la disponibilidad de espacio y del volumen a compostar. En general, para Ayometitla se recomienda que cada casa tenga dos cámaras de uso alterno, ubicadas en el exterior.

El volumen de cada cámara debe ser suficiente para almacenar la materia fecal generada en medio año, además del material secante, tierra y residuos orgánicos que se deseen compostar (principalmente restos de comida).





**Figura 4.16** Cámaras de tratamiento exteriores.

Para una familia de hasta 5 miembros son suficientes dos cámaras de 0.8 m de largo por 0.75 m de ancho y 1 m de alto cada una (ver anexo A.2). Se puede construir una tercera cámara que sirve como almacén para la materia que agregamos (paja, aserrín, etc.). Este espacio está en el centro para trabajar con las dos cámaras fácilmente. La producción de composta doméstica ofrece los siguientes beneficios:

- **Beneficios económicos:** El municipio reduce gastos en la recolección, transporte y disposición de residuos sólidos (basura). Los habitantes del asentamiento dejan de comprar abono para sus jardines o sembradíos.
- **Beneficios ambientales:** Al reducir la cantidad de residuos se alarga la vida de los sitios de disposición (relleno sanitario), se reduce el número de terrenos destinados a este fin y el riesgo de contaminación del subsuelo (por la generación de lixiviados de los residuos orgánicos). La producción de composta permite aprovechar los nutrientes de los residuos orgánicos y reduce la utilización de fertilizantes sintéticos.
- **Beneficios sociales:** Implementar un programa de compostaje doméstico puede mejorar la imagen política de la municipalidad y de su administración, ya que los problemas ambientales tienen una gran importancia desde la perspectiva pública. Así mismo, ofrece a la ciudadanía una oportunidad de participar en una actividad de protección ambiental (INE, 2007).

### 4.3.3 Análisis costo-beneficio ambiental

El saneamiento seco es una adaptación moderna de la práctica antigua de manejar las excretas humanas sin el uso de agua, y por lo tanto, sin drenaje. Implica:

- a) sanitarios que no requieren de agua para su funcionamiento;
- b) el tratamiento de las excretas en el mismo lugar de su generación y
- c) la producción de un abono fértil y seguro.

Sus beneficios incluyen el ahorro de una gran cantidad de agua, la reducción de la contaminación del agua, reducción del volumen de excretas, inviabilizar patógenos y retener en un solo lugar los nutrientes que pueden ser posteriormente aplicados a cultivos agrícolas.

El saneamiento seco en zonas urbanas tiene dos funciones: reducir el impacto negativo que tienen las ciudades sobre las áreas y recursos naturales que las sustentan y, ofrecer una calidad de vida digna y sana a las poblaciones que carecen del vital líquido, así como del alcantarillado.

A través del saneamiento seco:

- a) Los hogares y consecuentemente las ciudades, pueden ahorrar hasta un 40% del consumo doméstico de agua. Este ahorro puede ser redirigido a otras comunidades humanas o bien a cuerpos de agua naturales para mantener hábitats y servicios ambientales.
- b) Se reduce significativamente la carga de nutrientes en las descargas de hogares y de ciudades, disminuyendo así la contaminación a cuerpos receptores. Esto reduce los montos de inversión en infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales.
- c) Se ahorra en recursos públicos en la provisión de saneamiento, ya que en la mayoría de los casos, es más económico instrumentar un programa de saneamiento seco, que invertir en un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para el manejo de las excretas humanas.

Los párrafos anteriores corresponden a los beneficios ambientales y sociales asociados con la implantación de SES en *Ayometitla parte alta*, mientras que los costos ligados con estos beneficios varían ampliamente de acuerdo con la modalidad de SES seleccionado, las dimensiones de las cámaras, los muebles de baño y materiales de construcción; pero, en forma general se pueden presentar como referencia los siguientes costos estimados:

Para nuevas construcciones:

SES con separación, dos cámaras	\$ 3,354
SES sin separación, dos cámaras	\$ 2,653

Adaptación para construcciones existentes:

SES con separación y pila de composteo	\$ 3,975
SES sin separación y pila de composteo	\$ 3,416

El desglose de costos y la descripción de materiales y elementos de cada uno de estos SES se presenta en el anexo A.3 de esta tesis, aclarando nuevamente que su variabilidad es tan amplia como instalaciones de realicen en Ayometitla.

#### **4.3.4 Aceptación ciudadana**

Es fundamental para el éxito de una intervención en saneamiento el tener en cuenta todos los factores socioculturales (valores y costumbres) de la población afectada.

Se debe aceptar que no existe una solución universal, independientemente de la factibilidad técnica de la propuesta, ya que cada comunidad humana ha desarrollado hábitos particulares que deben ser considerados e integrados correctamente dentro de la nueva tecnología. Por ejemplo: los hábitos de limpieza anal varían de una cultura a otra, en México y la mayoría de las ciudades de América y Europa se emplea papel; en muchas zonas rurales de Latinoamérica, hojas o pasto; en los países musulmanes, agua; además de que existen comunidades donde el uso de piedras o mazorcas es lo

común. Estos usos y costumbres, así como su posible significado religioso no pueden desatenderse al proponer una forma nueva de saneamiento.

En general las mujeres, que suelen ser responsables de las tareas de higiene y saneamiento en las comunidades y comprenden mejor la incidencia del saneamiento en la salud y es por eso indispensable trabajar mano a mano con este sector de la población (ACF, 2008).

Como resultado del estudio PEMA, se recomendaron dos acciones puntuales relativas al saneamiento de *Ayometitla parte alta*, relacionadas con la instalación de baños secos:

- Inspección inmediata de las fosas sépticas del asentamiento, clausura de las que presenten infiltraciones y sustitución por SES.
- Instalación de SES en todas las nuevas construcciones del asentamiento.

Sin embargo, no se consideró suficiente dejar estas recomendaciones por escrito en los documentos entregados a las autoridades delegacionales, ni el haberlas mencionado sólo una vez ante los pobladores del asentamiento, junto con todas las demás recomendaciones resultado del estudio (ver sección 4.2). Por lo tanto, el día 14 de junio de 2009, se realizó una presentación de los Sanitarios Ecológicos Secos para los habitantes del asentamiento.

A la reunión informativa asistieron 49 representantes de los 67 lotes del asentamientos (construidos y por construir), así como un representante de la delegación. La orden del día fue la presentación detallada de la instalación y funcionamiento de los SES, en sus dos modalidades, los costos relacionados y la discusión de ventajas y desventajas asociadas.

Durante la presentación se solicitó la aclaración sobre los posibles materiales a emplear; por ejemplo, en el caso del SES de una sola cámara, la propuesta realizada en este trabajo es la del uso de un cajón de madera, pero se aclaró que puede ser cualquier material, dependiendo del gusto individual el estilo de decoración del hogar y la disponibilidad económica del usuario.

También se cuestionó sobre los costos estimados, manifestando los pobladores que es posible para ellos (ya que algunos tienen conocimientos prácticos sobre construcción), reducir los costos empleados al poner ellos mismos la mano de obra o emplear materiales de los que ya disponen.

La principal inquietud manifestada, y que tiene que ver con los usos y costumbres, fue sobre la posible *aparición* de enfermedades al no usar agua para *limpiar* el excremento ni aplicar cloro para *lavar* el baño. Para aclarar esto se explicó detalladamente el proceso de destrucción de microorganismos patógenos dentro del composteo de la materia orgánica y los pasos a seguir para la limpieza y mantenimiento del SES (ver sección 3.3), además de invitar a los presentes a visitar algunos de los SES instalados en la ciudad de México, especialmente el de la Ing. Dulce María Cisneros, que opera dentro de una escuela y donde es posible constatar su funcionamiento y verificar la ausencia de olores desagradables.

Durante la reunión de presentación, ningún poblador de Ayometitla manifestó oponerse a la instalación de SES en el asentamiento pero, de acuerdo a entrevistas previas con el representante de la delegación responsable de la regularización de este asentamiento se sabe que sólo el 10% de los pobladores han aceptado abiertamente estar de acuerdo con la instalación de estos en sus hogares.

## Capítulo 5

### Conclusiones y recomendaciones

La cantidad de agua disponible se ha visto disminuida notablemente en las últimas décadas no sólo por su uso irracional como medio de transporte de la materia fecal, sino también por el crecimiento demográfico y, consecuencia de este fenómeno, la sobreexplotación de los mantos acuíferos. Es por eso que los Sanitarios Ecológicos Secos son una excelente alternativa ante el saneamiento convencional al no utilizar el vital líquido para su funcionamiento.

### Conclusiones

El trabajado en equipo, especialmente en temas ambientales es, además de una experiencia interesante, indispensable para analizar los problemas actuales a los que se enfrenta el ser humano y la ingeniería. Prácticamente no existe una disciplina que se desarrolle independientemente de otras, por lo que es necesario establecer grupos de trabajo interdisciplinarios y saber manejar las herramientas para construir canales de la comunicación entre los integrantes del grupo, las autoridades y público receptor, para alcanzar con éxito los objetivos propuestos.

El desarrollo del proyecto PEMA y, particularmente el estudio de factibilidad para la instalación de SES en *Ayometitla parte alta*, cumplió con los objetivos planteados, llegando a las conclusiones siguientes:

Entre las ventajas más relevantes de los SES está su fácil instalación, ya que se pueden implantar tanto en nuevas construcciones como en viviendas ya establecidas; son de menor costo en comparación con los sanitarios tradicionales al no estar conectados a la red de drenaje, existen en diferentes modalidades y estilos y pueden ser construidos por los propios usuarios.

Para el caso de estudio *Ayometitla parte alta*, resultaron concluyentes los beneficios de estos sistemas:

- Eliminación del riesgo de contaminación de los mantos acuíferos por la infiltración de las fosas sépticas.
- Ahorro de agua para la delegación al reducir la dotación requerida por los habitantes del asentamiento.
- Ahorro económico para los pobladores al reducir el número de *pipas* (cisternas) que deben adquirir al año.
- Posible ganancia económica de los habitantes del asentamiento al dejar de comprar abono para sus jardines.
- Ganancia social de los pobladores y la Delegación al implantar tecnologías amigables al ambiente, que no sólo aseguran la calidad de vida de los lugareños, sino de todos los habitantes del D.F., cuya fuente de abastecimiento de agua es la extracción desde pozos.

En cuanto a la aceptación del público, se considera que esta es el obstáculo más grande que existe para la instalación de los SES. La posible existencia de olores desagradables y la generación de fauna nociva como insectos o roedores inquieta a los habitantes, por lo que será necesario que se instalen algunos en las nuevas viviendas y el resto de los pobladores se familiaricen con su funcionamiento para que se generalice su uso.

La participación de las autoridades de la *Delegación de Tlapan* es decisiva en la instauración de esta política, en especial en asentamientos irregulares en donde el impacto de concentraciones humanas en zonas de reserva compromete seriamente el equilibrio ecológico de toda la región.

Durante la elaboración del presente trabajo, se obtuvo un número importante de fuentes informativas. Existe actualmente gran cantidad de trabajos nacionales e internacionales, realizados por institutos de investigación, empresas y expertos en el ramo, que discuten en detalle las ventajas de los SES y que permiten concluir sobre la importancia que el saneamiento ambiental tiene a nivel mundial, además de servir como aval para la difusión de esta tecnología.

Es inminente el futuro desalentador que nos espera ante la escasez del agua, por lo se debe actuar con prontitud y abordar la situación con alternativas factibles que nos ayuden a atenuar el impacto negativo que estamos viviendo. El uso de los SES no sólo es factible ante la problemática del agua, sino se puede considerar como una excelente fuente de energía, ya que en la grandes ciudades, a través de la descomposición anaeróbica de la materia fecal se puede obtener biogás para ser usado como combustible.

## Recomendaciones

Debe recordarse que la mayoría de la población en general (ocho de cada diez personas) no sabe qué es un Sanitario Seco, y los que lo saben sólo tienen un escaso conocimiento de su funcionamiento y posibilidades como fuente de abono o energía. Por lo tanto se recomienda:

- Hacer campañas publicitarias en donde la gente no sólo obtenga un folleto sobre SES, sino pueda asistir y ver físicamente (inclusive utilizar) estos baños para conocer su funcionamiento, recibir capacitación, resolución de dudas y asistencia técnica para su instalación.
- Incluir en los programas de saneamiento seco toda la gama existente de SES, para que el usuario determine el modelo y tipo que mejor responda a sus necesidades y recursos.
- No se recomienda promover la instalación masiva de un modelo único de SES para una zona mientras su funcionamiento no haya sido probado para las condiciones climáticas y sociales de la misma.
- Los programas de instalación de SES por parte de la autoridad ambiental deben incluir la retroalimentación entre proveedores y usuarios, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de los baños instalados; al tiempo que se brinda al proveedor la oportunidad de mejorar sus diseños.
- Se recomienda a los proveedores de *muebles para baño* que se fabriquen tazas separadoras, ya que este mercado va en aumento y no existe suficiente oferta en nuestro país.
- Se recomienda usar los SES como una opción donde:
  - ✓ No existen condiciones financieras u operativas para construir redes de alcantarillado.
  - ✓ No existen plantas de tratamiento de aguas residuales.
  - ✓ Las fosas sépticas de un sitio no están bien construidas o se emplean letrinas que ponen en peligro los mantos acuíferos.
  - ✓ Existe escasez de agua.
  - ✓ La población o autoridad local deciden optar por la implantación de tecnologías amigables al ambiente.

Finalmente, se recomienda que los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial conozcan las tecnologías ambientales y consideren la importancia de administrar adecuadamente los programas y planes gubernamentales que se implantan para el saneamiento de los asentamientos humanos.

## A.1 Formato de encuesta



Universidad Nacional Autónoma de México  
PEMA - Tlalpan

Asentamiento: \_\_\_\_\_

No.de lote: \_\_\_\_\_

### Datos personales

Nombre del ecuestado: \_\_\_\_\_

Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_

### Preguntas

1. ¿Hace cuanto tiempo vive aquí?

2. ¿Cuántas personas habitan en la casa?

3. ¿Cuánto tiempo pasa en la casa?

4. ¿De donde obtiene el agua?	
Pipas particulares	<input type="text"/>
Pipas delegación	<input type="text"/>
Captación lluvia	<input type="text"/>
¿Cuánto cuesta?	<input type="text"/>
Otro	<input type="text"/>

5. ¿Qué apariencia tiene el agua que usted recibe?	
Sucia	<input type="text"/>
Limpia	<input type="text"/>
Con olor Cloro Otro	<input type="text"/>

6. ¿Utiliza el agua que le abastecen para beber?	
La hierve	<input type="text"/>
Directamente	<input type="text"/>
Otro	<input type="text"/>

7. ¿Cuánta agua consume?

8. ¿De qué manera almacena el agua y con frecuencia limpia los depósitos ?	
Cisterna	<input type="text"/>
Tinacos	<input type="text"/>
Otro	<input type="text"/>

9. ¿Reusa de alguna manera el agua? ¿Cuál?	
WC	<input type="text"/>
Plantas	<input type="text"/>
Pisos	<input type="text"/>
Otros	<input type="text"/>

10. ¿Hacia donde va el agua que utiliza?	
Red de drenaje	<input type="text"/>
Fosa séptica / hoyo negro / letrina	<input type="text"/>
Otros	<input type="text"/>

11. ¿En qué cocina sus alimentos?	
Estufa eléctrica	<input type="text"/>
Horno de microondas	<input type="text"/>
Estufa de gas (estacionario o cilindros)	<input type="text"/>
Estufa de leña / anafre	<input type="text"/>
Otros	<input type="text"/>

12. ¿Utiliza calefacción en época de frío?	
Calentador eléctrico	<input type="text"/>
Calentador de gas	<input type="text"/>
Calentador de leña o carbón	<input type="text"/>
Otro	<input type="text"/>

13. ¿Con qué calienta el agua para bañarse?	
Gas estacionario	<input type="text"/>
Tanques de gas ¿cómo lo adquiere?	<input type="text"/>
Carbón	<input type="text"/>
Leña	<input type="text"/>
Electricidad	<input type="text"/>
Quema basura	<input type="text"/>
Otros	<input type="text"/>

14. ¿Qué tipo de baño utiliza?	
WC dentro de la casa	<input type="text"/>
Comparto con los vecinos	<input type="text"/>
Fosa séptica	<input type="text"/>
Hoyo negro / letrina	<input type="text"/>
Baño secos	<input type="text"/>

15. ¿Qué tipo de animales domésticos tiene? (indicar el número en cada tipo de animal)	
Perros	<input type="text"/>
Cerdos	<input type="text"/>
Vacas	<input type="text"/>
Gallinas o guajolotes	<input type="text"/>
Otros	<input type="text"/>

16. ¿Qué enfermedades ha padecido y con qué frecuencia?	
Enfermedades en la piel	
Enfermedades en el estómago?	
Enfermedades respiratorias	
Otras	

17. ¿Tiene automóvil?	
-----------------------	--

18. ¿Qué hace con los medicamentos, pilas, solventes, aceites, productos de limpieza que se vencieron o no utiliza?	
Los tiro a la basura	
Los quemo	
Los entierro	
Otro	

19. ¿Cuánta basura produce? ¿Cuanto de desperdicio?

20. ¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar su basura dentro de su casa?	
Bote con tapa	
Bote sin tapa	
Caja de madera	
Caja de cartón	
Bolsa de plástico	
Otro	

21. ¿Separa su basura? ¿Aprovecha los desperdicios? ¿Qué hace con los plásticos, vidrio, etc.?

22. ¿Cómo se deshace de su basura?	
El camión de basura pasa a (¿Cada cuantos días?)	
Lleva la basura a un contenedor fijo	
La tiro en la calle (tiradero)	
La quemo ¿Algun vecino lo hace?	
La entierro ¿Algun vecino lo hace?	
Pago para que la recojan ¿Cuánto?	
Otro	

23. ¿Dónde adquiere su despensa?	
Supermercado	
Tianguis / mercado	
Otro	

24. ¿Qué se quema en la zona, cada cuántos	
Llantas	
Basura	
Terrenos baldíos o	
Animales muertos	
Otro	

25. ¿Ha sabido de inundaciones cerca de su casa?, ¿cuál ha sido el motivo? Y ¿cada cuánto?	
Lluvias	
Drenaje	
Tuberías rotas	
Otro	

26. ¿Ha sabido de accidentes por descargas eléctricas?, ¿con qué frecuencia?

**COMENTARIOS**

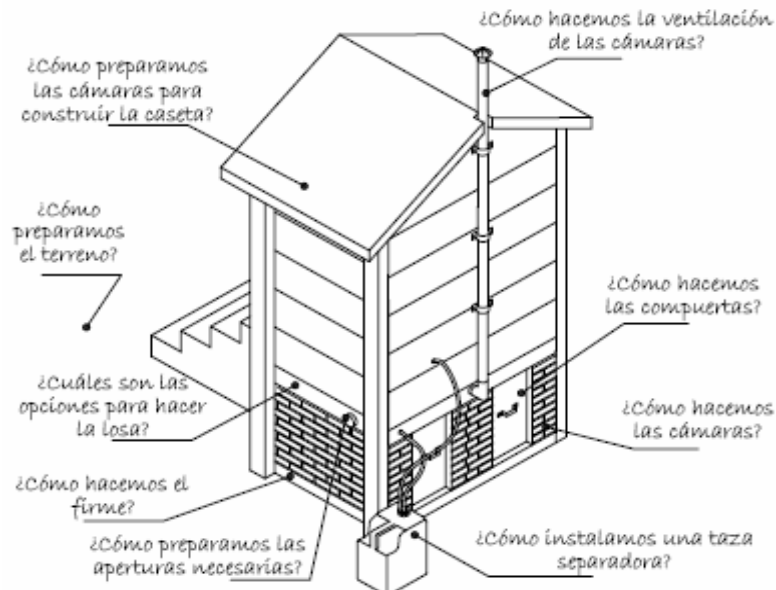
- ¿Aceptaría asesoría para diseñar sus sistemas de abastecimiento de agua potable?
- ¿Sabe lo que es un baño seco?
- ¿Estaría dispuesto a separar la basura?
- ¿Estaría dispuesto a pagar por el servicio de limpia?



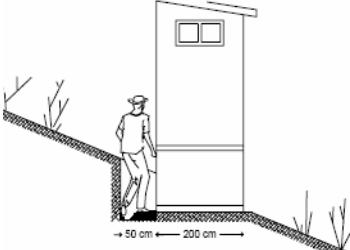
## A.2 Construcción básica de un SES

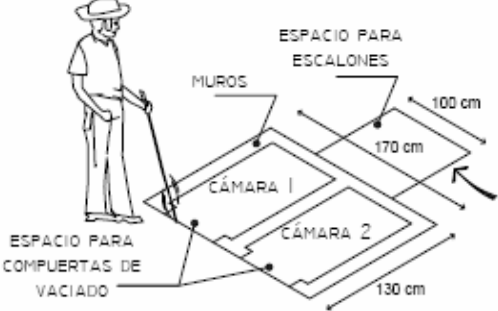
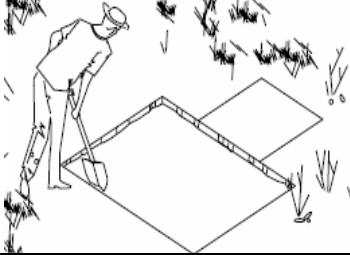
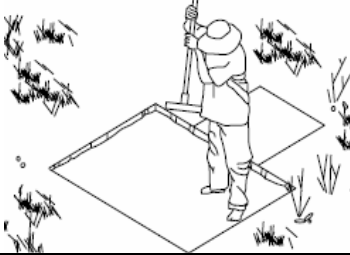
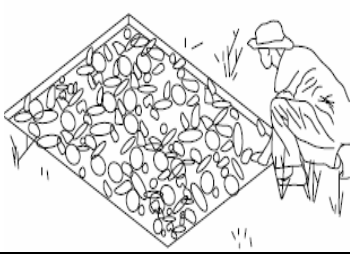
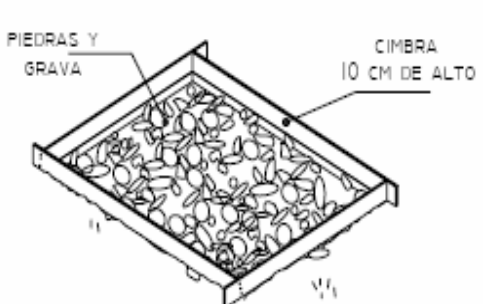
En este anexo se presenta la construcción detallada de un sanitario ecológico seco (SES) básico, mencionando las partes clave para su correcto funcionamiento, y a partir de la cual el usuario podrá realizar adaptaciones (Castillo, 2003).


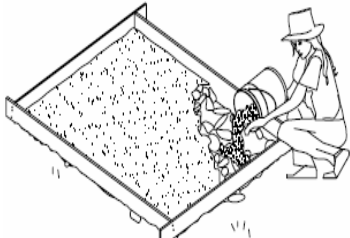
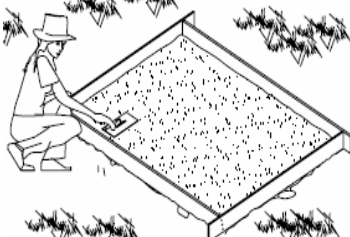
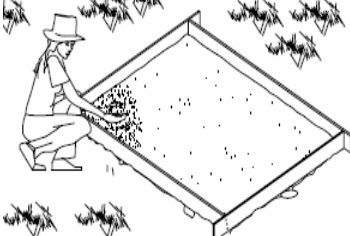
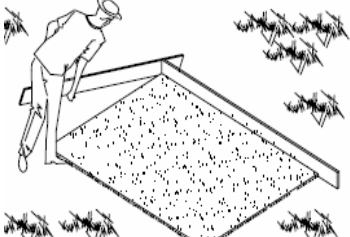
### A.2.1 Construcción del SES con separación



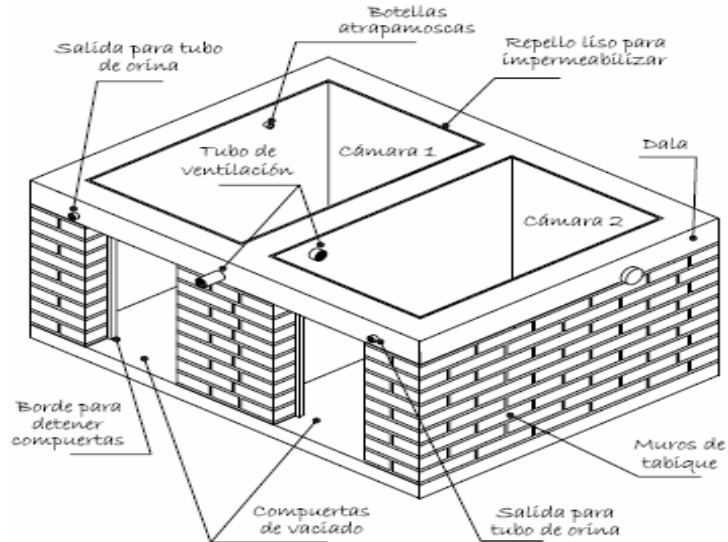
<p><b>Preparación del terreno</b></p> <p>1)</p> <p>Limpieza del área de construcción del SES. Cortar la hierba y quitar las piedras para emparejar el terreno.</p>	
<p>2)</p> <p>Si el terreno tiene pendiente, escarbar para emparejar el terreno.</p>	
<p>3)</p> <p>Aplanar y limpiar perfectamente la superficie de construcción del SES.</p>	

<p>4)</p> <p>Dejar espacio suficiente entre el terreno y el sanitario para hacer las paredes de las cámaras.</p>	
--	--

<p><b>Hacer el firme</b></p> <p>5)</p> <p>Dibujar las cámaras en el suelo para empezar a hacer el firme.</p>	
<p>6)</p> <p>Escarbar 10 cm en todo el cuadro donde se va a hacer el firme.</p>	
<p>7)</p> <p>Compactar el terreno hasta tener el piso completamente plano y limpio.</p>	
<p>8)</p> <p>Colocar piedras en el agujero para que el suelo del firme tenga un buen apoyo.</p>	
<p>9)</p> <p>Con tablas de 10 cm de alto hacer marco como cimbra para colar el firme. Tapar con piedras o tierra los huecos por donde pueda salirse la mezcla.</p>	

<p>10)</p> <p>Preparar mezcla para el firme con la proporción:  ✓ 1 bote de cemento x 3 botes de arena de río x 3 botes de grava.  Revolver todo hasta tener una mezcla espesa.</p>	<p>*MEDIDAS CON BOTES DE 19 LITROS</p>  <p>UN BULTO MORTERO O CEMENTO</p> <p>6 BOTES DE ARENA</p> <p>6 BOTES DE GRAVA</p> <p>1 1/2 BOTES DE AGUA</p>
<p>11)</p> <p>Echar mezcla dentro de la cimbra hasta hacer una capa de 7 cm de espesor en toda el área de nuestro firme.</p>	
<p>12)</p> <p>Emparejar la mezcla para tener un firme plano cuando seque.</p>	
<p>13)</p> <p>Echar un poco de polvo de cemento sobre toda la superficie que aún está húmeda.</p>	
<p>14)</p> <p>Esperar hasta el día siguiente para quitar la cimbra.</p>	

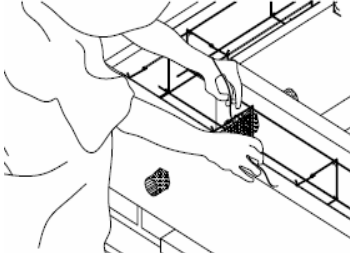
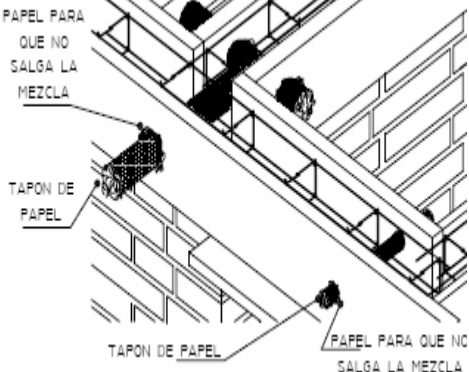
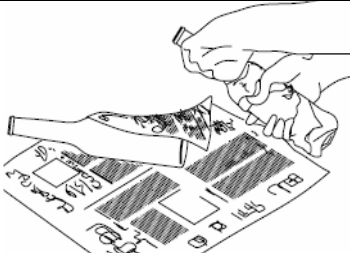

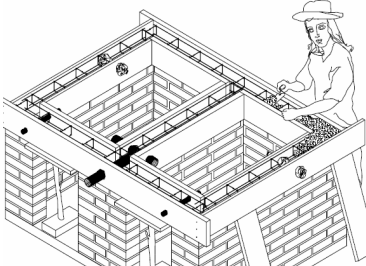
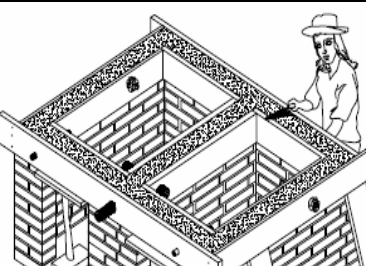
**Construcción de las cámaras.** Las cámaras se construyen con muros de tabique repellados para que no haya filtraciones. Cada cámara debe tener una compuerta de vaciado para sacar el producto final cuando esté listo. Sobre los muros se construye una dala de concreto para reforzar las cámaras y colocar la losa. La dala contará aperturas para ventilar las cámaras, para pasar la instalación de orina y para las trampas atrapa-moscas.

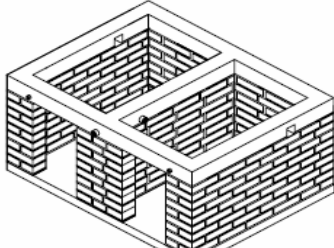

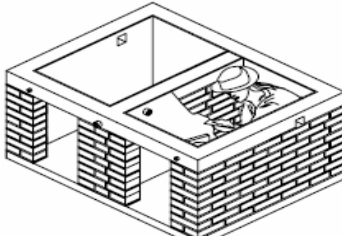
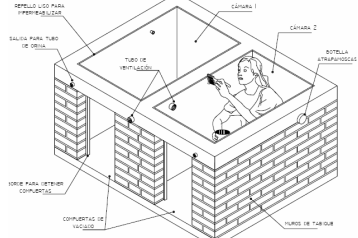


<p><b>15)</b>                  Marcar sobre el firme las medidas para hacer los muros y las compuertas.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Planta</b></p>
<p><b>16)</b>                  Amarrar un hilo a 4 palos para hacer una guía sobre el suelo para levantar los muros de las cámaras. Verificar que éstos estén a 90°.</p>	
<p><b>17)</b>                  Preparar el cemento para pegar los ladrillos con la proporción:                  ✓ 1 de mortero x 3 de arena                  Revolver todos los materiales con agua hasta tener una mezcla espesa.</p>	<p style="text-align: center;">*MEDIDAS CON BOTES DE 19 LITROS</p>
<p><b>18)</b>                  Empezar con la primera hilada del muro de nuestras cámaras, dejando el espacio requerido en las compuertas.</p>	

<p><b>19)</b> Hacer la segunda hilada. Tener cuidado de que haya traslape en todas las uniones de los ladrillos.</p>	
<p><b>20)</b> Las hiladas nones (1°,3°,5°,7°,9°) van a ser iguales a la primera hilada. Y las pares (2°,4°,6°,8°) igual a la segunda hilada.</p>	
<p><b>21)</b> Hacer las hiladas necesarias hasta tener una altura de 65 a 70 cm aproximadamente. Colar una dala de cerramiento de entre 10 y 15 cm que nos dará la altura final de 80 cm.</p>	
<p><b>22)</b> Antes de colar la dala, se necesita una estructura de acero para reforzarla. Puede utilizarse armex prefabricado de sección triangular del tamaño más pequeño.</p>	
<p><b>23)</b> Otra opción es hacer nuestro propio armado. Se necesita: ✓ varilla de 3/8 y ✓ alambón para los estribos. Medir muros de las cámaras y cortar tramos de varilla según el largo. Se necesitan 3 varillas por cada armado y se pone un estribo de alambón cada 18 cm.</p>	
<p><b>24)</b> Doblar el alambón en triángulos de 8 cm cada lado y amarrar con alambre recocado el traslape.</p>	

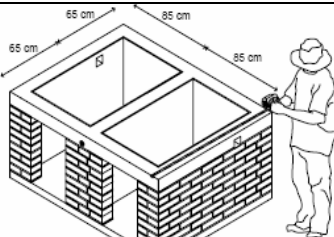
<p style="text-align: center;"><b>25)</b></p> <p>Para los armados, amarrar con alambre recocido a 3 varillas los estribos a cada 18 cm.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Detalle de armado</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>26)</b></p> <p>Preparar cimbra para colar la dala. Ubicar las perforaciones donde va a estar el tubo de ventilación y las botellas atrapamoscas. Meter las botellas y el tubo ventilador y sujetarlos.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>27)</b></p> <p>Ponemos el armado dentro de cimbra. Amarrar con alambre recocido cada cruce de varilla que se haga entre un armado con otro.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>28)</b></p> <p>Instalar el tubo de ventilación.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>29)</b></p> <p>Pasar entre la cimbra la tubería para ventilación.</p>	

<p><b>30)</b> Para evitar que se muevan los tubos, los amarramos con alambre recocado al armado.</p>	
<p><b>31)</b> Colocar en los orificios de los tubos papel para que no se entre mezcla.</p>	
<p><b>32)</b> Colar las botellas atrapamoscas. Para que no se peguen a la dala, antes de colar las envolvemos con periódico.</p>	
<p><b>33)</b> Preparar mezcla para la dala con la proporción: ✓ 1 de cemento x 2 de arena x 3 de grava Revolver todo con agua hasta tener una mezcla espesa.</p>	<p>*MEDIDAS CON BOTES DE 19 LITROS</p> 
<p><b>34)</b> Instalar todos los elementos necesarios y pasar por la dala: tubo ventilador, trampa atrapamoscas y salida del tubo para la orina. Echar la mezcla en la dala.</p>	
<p><b>35)</b> Cuando la dala esté llena, cubrir el armado y alisar.</p>	

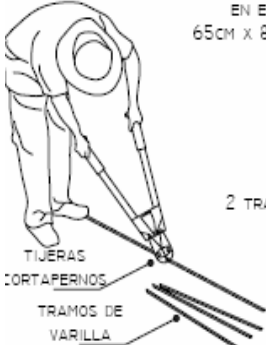
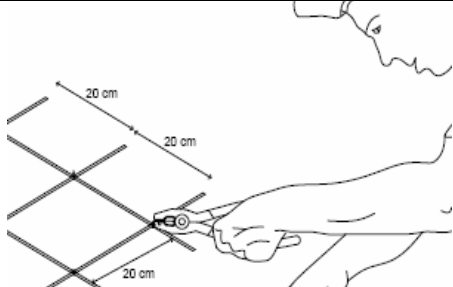
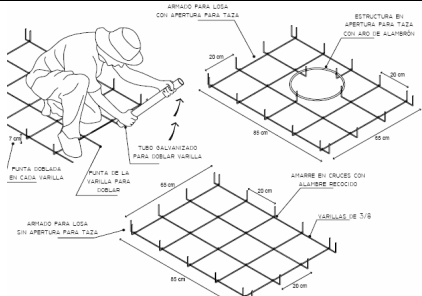
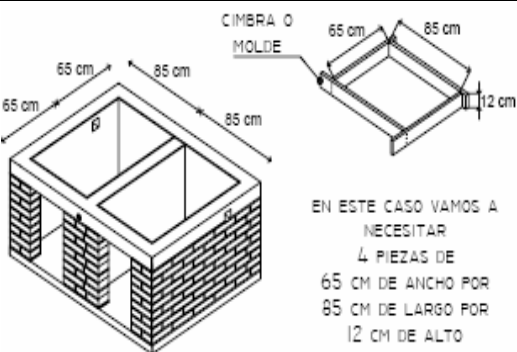
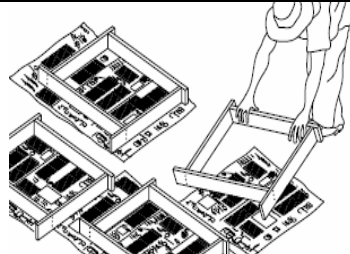
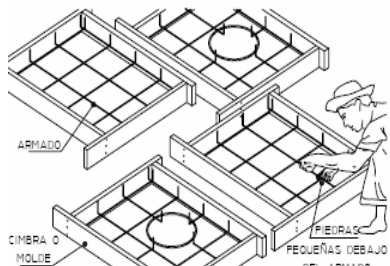
<p>36) Después de 24 horas quitar cimbra de la dala para impermeabilizar cámaras.</p>	
<p>37) La proporción de la mezcla para repellar el interior de las cámaras es: ✓ 1 de cemento x 3 de arena Revolver todo y agregar agua hasta tener una mezcla espesa.</p>	<p>→ MEDIDAS CON BOTES DE 19 LITROS</p> 
<p>38) Repellar todas las paredes internas de las cámaras.</p>	
<p>39) Pintar el interior de las cámaras con una lechada. Para prepararla, mezclamos cemento con un poco de agua hasta tener una consistencia como de pintura.</p>	

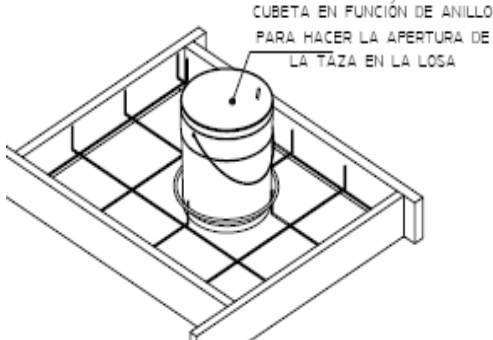



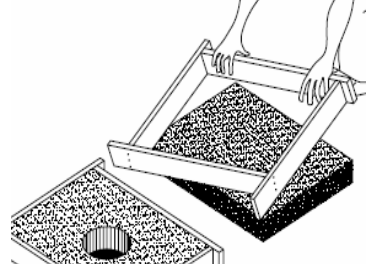
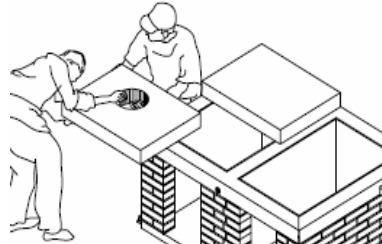
**Construcción de la losa.** La losa será el piso del sanitario. Debe ser resistente para caminar sobre las cámaras. Debe haber una apertura en cada cámara para instalar la taza. Aunque la losa puede ser de cualquier material resistente, se recomienda (por su costo, buen sellado y disponibilidad) una losa de concreto reforzado con varillas (o con malla electrosoldada).

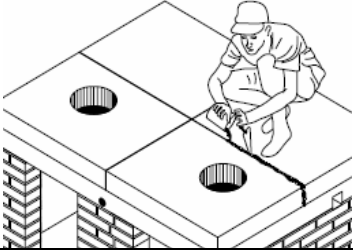
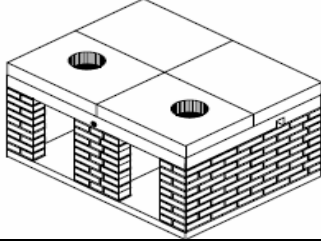
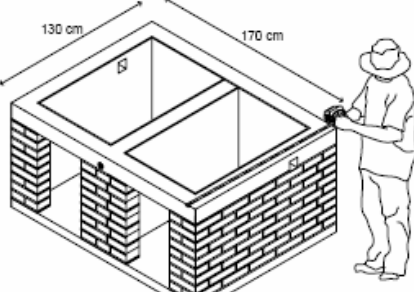
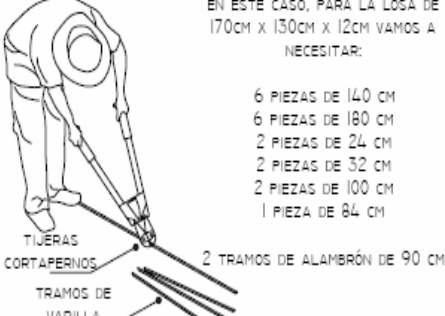
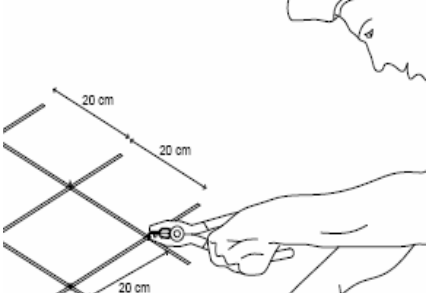
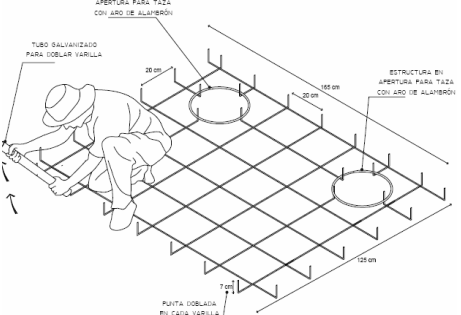
Antes de empezar a hacer la losa es importante tener los moldes para las aperturas donde irá colocada la taza. La losa puede construirse directamente sobre las cámaras o construir en varias piezas en moldes de madera y colocarse cuando estén secas sobre las cámaras.

<p>40) Medir la superficie de las cámaras y cuidar que las piezas no sean muy pesadas porque puede ser difícil subirlas.</p>	
--	--

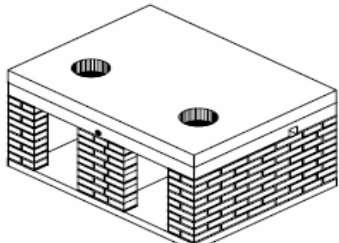


<p><b>41)</b>                  Medir el largo y ancho que ocupará cada pieza para cortar los tramos de varilla según estas medidas más 14 cm que serán los dobleces en las puntas.                  Ubicar el espacio para la apertura de la taza.</p>	 <p>EN ESTE CASO, PARA 4 LOSAS DE 65CM X 85CM X 12CM VAMOS A NECESITAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>22 PIEZAS DE 76 CM</li> <li>14 PIEZAS DE 96 CM</li> <li>2 PIEZAS DE 22 CM</li> <li>2 PIEZAS DE 32 CM</li> </ul> <p>2 TRAMOS DE ALAMBRÓN DE 90 CM</p>
<p><b>42)</b>                  Hacer una retícula con una varilla cada 20 cm. y amarramos los cruces con alambre recocido.</p>	
<p><b>43)</b>                  Doblar 7 cm de cada punta de las varillas.                  Cuidar que los moldes estén escuadrados para que encajen bien una pieza con otra.</p>	
<p><b>44)</b>                  Preparar las cimbras donde vamos a colar las piezas de la losa. Son suficientes 12 cm de alto.</p>	 <p>EN ESTE CASO VAMOS A NECESITAR 4 PIEZAS DE 65 CM DE ANCHO POR 85 CM DE LARGO POR 12 CM DE ALTO</p>
<p><b>45)</b>                  Ubicar las cimbras en un lugar bajo sombra. Cuidar que el suelo donde las colamos esté plano y limpio.</p>	
<p><b>46)</b>                  Poner dentro de la cimbra los armados que hicimos. Levantamos el armado con piedras pequeñas para que pase mezcla por debajo y las varillas queden cubiertas.</p>	

<p><b>47)</b> Colocar un anillo en las piezas que necesitan la apertura para la taza</p>	
<p><b>48)</b> Preparar mezcla para colar las piezas con la proporción: ✓ 1 de cemento x 3 de arena x 2 de grava Revolver todo hasta con agua hasta tener una mezcla espesa.</p>	<p>*MEDIDAS CON BOTES DE 19 LITROS.</p> 
<p><b>49)</b> Poner la mezcla dentro de las cimbras todas las piezas tengan la misma altura.</p>	
<p><b>50)</b> Alisar la superficie de las piezas.</p>	
<p><b>51)</b> Esperar al día siguiente para quitar la cimbra. Después de 6 horas de haber colado las piezas podemos quitar el molde para la apertura de la taza.</p>	
<p><b>52)</b> Colocar las piezas sobre las cámaras.</p>	

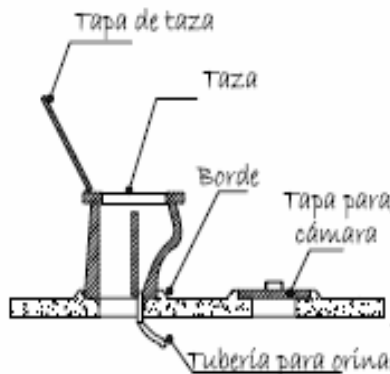
<p><b>53)</b> Para sellar los espacios entre una pieza y otra, preparar una mezcla con cemento y arena muy fina.</p>	
<p><b>54)</b> Colocar taza en una de las aperturas y hacer borde alrededor de la base para evitar que entre agua a las cámaras cuando limpiamos el sanitario.</p>	
<p><b>55)</b> Losa puede colarse directamente en las cámaras colocando una cimbra que detenga la mezcla mientras se seca. Si decidimos hacer la losa de una sola pieza, se explicará cómo hacerlo.</p>	
<p><b>56)</b> Para el armado, cortar tramos de varilla de 3/8 pensando que tenemos que doblar 7 cm de las puntas para reforzar la losa en los extremos.</p>	 <p>EN ESTE CASO, PARA LA LOSA DE 170CM X 130CM X 12CM VAMOS A NECESITAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>6 PIEZAS DE 140 CM</li> <li>6 PIEZAS DE 180 CM</li> <li>2 PIEZAS DE 24 CM</li> <li>2 PIEZAS DE 32 CM</li> <li>2 PIEZAS DE 100 CM</li> <li>1 PIEZA DE 84 CM</li> </ul> <p>TIJERAS CORTAPERROS TRAMOS DE VARILLA 2 TRAMOS DE ALAMBÓN DE 90 CM</p>
<p><b>57)</b> Hacer una retícula con varilla cada 20 cm y amarramos los cruces con alambre recocido.</p>	
<p><b>58)</b> A las piezas donde estará la taza, ponerle un aro de alambón para reforzar la parte donde está la apertura.</p>	 <p>ESTRUCTURA EN APERTURA PARA TAZA CON ARO DE ALAMBÓN</p> <p>TUBO SALVANIZADO PARA DOBLAR VARILLA</p> <p>ESTRUCTURA EN APERTURA PARA TAZA CON ARO DE ALAMBÓN</p> <p>PIJITA DOBLADA EN CADA VIGILADA</p>

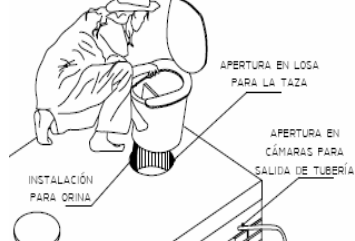
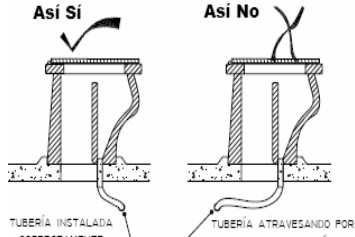
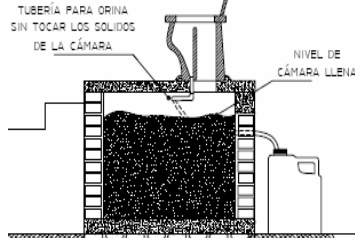
<p><b>59)</b>                  Hacer losa de 12 cm de espesor. Para hacer la cimbra de madera, cortar tablas del tamaño necesario para cubrir los huecos de las cámaras.</p>	
<p><b>60)</b>                  Poner dentro de cimbra el armado que hicimos. Levantar armado con piedras pequeñas para que pase mezcla por debajo y varillas queden cubiertas.</p>	
<p><b>61)</b>                  Colocamos un anillo en las piezas que necesitan la apertura para colocar la taza.</p>	
<p><b>62)</b>                  Preparar mezcla para colar la losa con la proporción:                  ✓ 1 de cemento x 3 de arena de río x 2 de grava                  Revolver todo con agua hasta tener una mezcla espesa.</p>	<p>*MEDIDAS CON BOTES DE 19 LITROS.</p>
<p><b>63)</b>                  Ponemos la mezcla dentro de las cimbras cuidando que el armado esté bien cubierto.</p>	
<p><b>64)</b>                  Alisar la superficie de la losa.</p>	


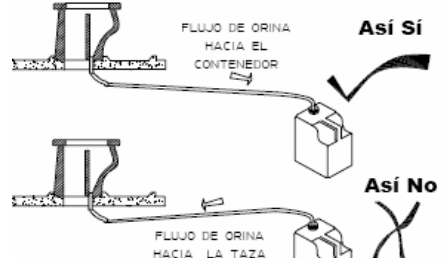
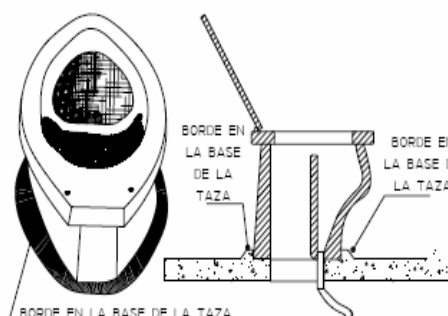
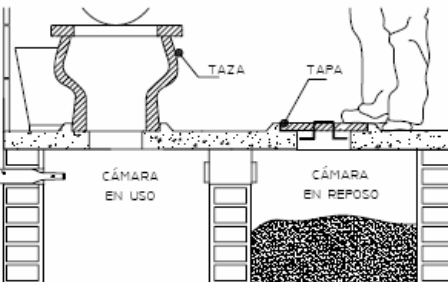
<p style="text-align: center;"><b>65)</b></p> <p>Retirar el molde para la apertura después de 6 horas de haber colado la losa, pero debemos esperar por lo menos 24 horas antes de quitar la cimbra.</p>	
--	--

**Colocación de la taza.** La taza se coloca sobre la apertura de la cámara en uso. En caso de ser una taza separadora se conecta al contenedor de orina o filtro. La apertura de la otra cámara (vacía o en reposo) debes sellarse con una tapa.

Podemos usar tubo de PVC hidráulico de 1" o manguera de poliducto de 1". Para que los orines fluyan con facilidad la instalación debe estar inclinada y si usamos manguera debemos cuidar que no se doble y tape la instalación.

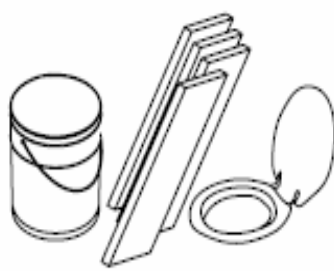


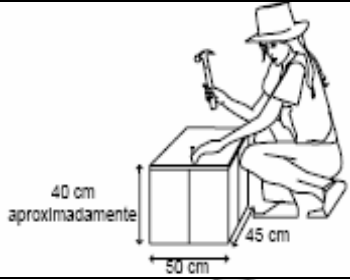

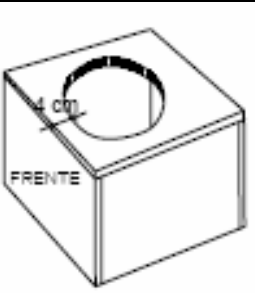
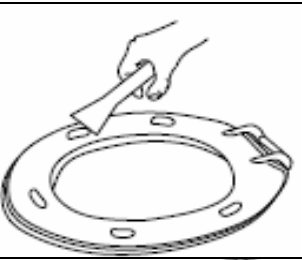
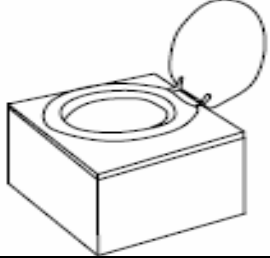
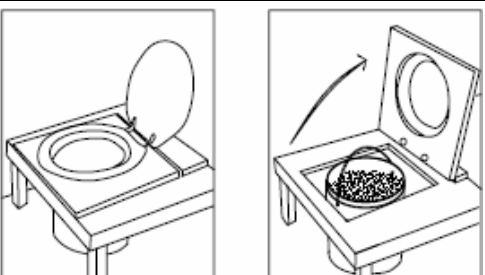
<p style="text-align: center;"><b>66)</b></p> <p>Si la taza no tiene separación, la colocamos sobre la cámara en uso asegurando embone bien a la apertura en la losa. Pero si es taza separadora, hacer la instalación para conectarla a un contenedor de orina.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>67.a)</b></p> <p><b>En caso de taza separadora:</b> cuidar que los tubos no atraviesen la apertura de la taza por donde pasan las heces.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>67.b)</b></p> <p>La tubería debe mantenerse en la parte más alta de la cámara para no tocar los sólidos cuando se llena.</p>	

<p><b>67.c)</b> Sacar la tubería de los orines de la cámara en uso y la conectamos al contenedor de orina o al filtro.</p>	
<p><b>67.d)</b> La tubería debe tener un poco de inclinación para asegurar que los orines resbalan fácilmente desde la taza hasta el contenedor o filtro.</p>	
<p><b>68)</b> Para los dos tipos de taza (con y sin separación) hacer un borde alrededor de la base de la taza para dejarla más estable y sellada sobre la apertura de la losa.</p>	
<p><b>69)</b> IMPORTANTE: cubrir la apertura de la cámara en reposo.</p>	

## A.2.2 Construcción del SES sin separación

El contenedor y asiento del SES compostero se puede construir con los materiales que se adapten a nuestro diseño. De nuestra imaginación depende el diseño final. Este cuadro es una guía para considerar medidas y para dar algunos consejos constructivos.

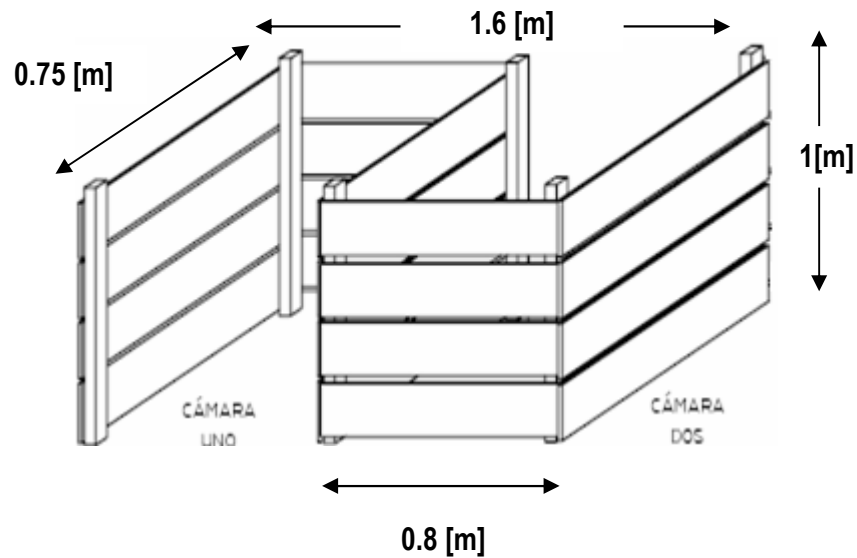
<p><b>70)</b></p> <p><b>MATERIALES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenedor: un bote de 19 litros.</li> <li>• Caja o base de madera: tablas.</li> <li>• Asiento y tapa: un asiento estándar.</li> </ul> <p>Conseguir los materiales para trabajar sobre las medidas y formas de ellos.</p>	
--	--

<p>71)</p> <p><b>HACER LA CAJA O BASE:</b> Cortar y clavar las caras de la caja. El bote dentro de la caja debe estar a 1 cm por debajo de la tapa.</p>	
<p>72)</p> <p><b>MARCAR EL BOTE EN LA CAJA:</b> Colocar el bote a 4 cm del frente de la caja en el centro. Marcar para cortar.</p>	
<p>73)</p> <p><b>PERFORAR LA CAJA:</b> Cortar la apertura para el bote en la tapa de la caja.</p>	
<p>74)</p> <p><b>PREPARAMOS AL ASIENTO:</b> Quitar las patas que están debajo del asiento para que tenga contacto directo con la caja y no dejar un espacio donde pueda quedar algo de mezcla.</p>	
<p>75)</p> <p><b>COLOCAMOS ASIENTO:</b> Marcar orificios para el asiento y atornillarlos a la caja. Pintar o barnizar la caja para facilitar la limpieza. Poner dentro de la caja el bote y listo.</p>	
<p>76)</p> <p><b>OPCIONES:</b> Pueden adaptarse unas bisagras en alguna de las caras para hacer una puerta y sacar el bote sin mover la caja.</p>	

**Construcción de la cámara de compostaje exterior.** Para una familia de hasta 5 miembros son suficientes dos cámaras de 1.6 m de largo por 1.6 m de ancho y 1.3 m de alto cada una; la estructura

básica de las cámaras son 8 postes que sostienen los muros para separar una cámara de otra. Se puede construir una tercera cámara que sirve como almacén para la materia que agregamos (paja, aserrín, etc.). Este espacio está en el centro para trabajar con las dos cámaras fácilmente.













Se pueden adaptar algunos elementos como: Techo sobre la cámara central para cubrirnos de sol o lluvia cuando estamos trabajando en las cámaras, puertas en las cámaras si queremos contener todo el montón dentro de cuatro muros y malla o cerca como protección para mantener fuera a perros o cualquier otro animal que moleste en las cámaras.






## A.3 Anexo fotográfico

### A.3.1 Vista general

 <p>Composting toilets, BioLet</p>	 <p>Compostero. Diseñado por el usuario</p>	 <p>Baño seco, Bioconstrucción</p>
 <p>Sanitario compostero Sun Mar</p>	 <p>Eco Baño Sudáfrica</p>	 <p>Sanitario Seco, Bioconstrucción</p>
 <p>Sanitario compostero, Bioconstrucción</p>	 <p>Sanitario separador, Bioconstrucción</p>	 <p>Sanitario Seco, Aldehuela</p>
 <p>Sanitario compostero IEPSA</p>	 <p>Sanitario Seco, Aldehuela</p>	 <p>Sanitario compostero, CITA</p>



### A.3.2 Tazas

 <p>Clivus Multrum Compost toilets and greywater systems</p>	 <p>Sanitario compostero Nature- loo</p>	 <p>Sanitario compostero SanPlat</p>
 <p>Taza separadora CITA</p>	 <p>Loveable Loo Eco-Toilet</p>	 <p>Sanitario eléctrico, Bioconstrucción</p>
 <p>Taza separadora, Aldehuela</p>	 <p>Baño Seco Pampeano, Saber Cómo</p>	 <p>Baño separador, Proyecto Rotaria del Perú</p>

 <p>Taza fibra de vidrio, CITA</p>	 <p>Taza granito (cemento), CITA</p>	 <p>Tapa desviadora de fibra de vidrio, CITA</p>
 <p>Asiento separador con tapa desviadora de fibra de vidrio, CITA</p>	 <p>Taza fibra de vidrio con tapa desviadora, CITA</p>	 <p>Baño compostero, Berger Biotechnik, Alemania</p>

### A.3.3 Depósitos en interior

 <p>Composting toilets, Ekolet</p>	 <p>Contenedor para tratamiento de composta, Sun-Mar</p>	 <p>Contenedor para tratamiento de composta, Bioconstrucción</p>
 <p>Contenedores para tratamiento de composta, Aldehuela</p>	 <p>Caja comostera de principio Clivus Multrum, Berger Biotechnik, Alemania</p>	

### 4.3.4 Cámaras de composteo en el exterior



La composta de FEDE



La composta de FEDE

### A.3.5 Mantenimiento



CITA Centro de Innovación en  
Tecnología Alternativa



Incorporación de materia  
seca, Aldehuela



Lavado con agua del área de  
separación de orina, Aldehuela



Tepoztlán, México



Remoción de la pila  
compostera, CITA

## Construcción SES separador de dos cámaras.

- La cantidad de material requerido para construir las cámaras del sanitario de 130 cm de ancho por 170 cm de largo por 80 cm de alto, depende de la ubicación del mismo.
- Los costos de preparación y limpieza del terreno, así como el de los materiales para la construcción de las cámaras, incluyen mano de obra.
- Los costos unitarios fueron obtenidos de los factores de ajuste CNA 2001, con el 1.31% de inflación correspondiente a los datos acumulados al mes indicado del año 2009/4, <http://www.mexicomaxico.org/Voto/Inflacion.htm>

<b>Preparación y limpieza del sitio</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Carga a camión de material producto de excavación.	1.90 m <sup>3</sup>	\$ 33.40	\$ 63.46
Limpieza y trazo en el área de trabajo.	1.36 m <sup>2</sup>	\$ 8.85	\$ 12.04
Excavación a mano	1.77 m <sup>3</sup>	\$ 59.19	\$ 104.77
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 180.26</b>
<b>Materiales para la cámara</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tabiques (5x12x24)	350 piezas	\$ 1.59	\$ 556.50
Tabicón (12x20x40)	170 piezas	\$ 1.08	\$ 183.60
Cemento	2 sacos de 50 Kg	\$ 62.00	\$ 124.00
Mortero	3 sacos de 50 kg	\$ 59.00	\$ 177.00
Arena de río	27 botes (de 19 l)	\$ 126.62	\$ 64.96
Grava	16 botes (de 19 l)	\$ 153.79	\$ 46.75
Agua	8 botes (de 19 l)	\$ 35.05	\$ 5.33
Varilla de 3/8"	46 m	\$ 12,000.00	\$ 309.12
Alambrón #8	14 m	\$ 12.10	\$ 31.62
Alambre recocido	1 Kg	\$ 14.51	\$ 14.51
Clavos	1 Kg	\$ 15.24	\$ 45.72
Contramolde para apertura en losa	2 (puede ser un molde especial o alguna cubeta con la forma de la taza)	\$ 24.00	\$ 491.73
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 2,050.84</b>
<b>Materiales para el sanitario</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Taza <sup>[1]</sup>	1 pieza	\$ 500.00	\$ 500.00
Tapa (opcional)	1 pieza	\$ 120.00	\$ 120.00
Tapa para cámara en reposo	1 pieza	variable	variable
Contenedor de líquidos (orina)	1 pieza (de 20 l)	\$ 70.00	\$ 70.00
Manguera de 2.54 cm	1.5 m	\$ 5.06	\$ 7.59
Abrazadera	1 pieza	\$ 6.93	\$ 6.93

Bote para agregado o materia seca	1 pieza	\$ 24.00	\$ 164.90
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 869.42</b>
<b>Materiales para la ventilación</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tubo de 3" de lámina galvanizada	3.5 [m]	\$ 22.94	\$ 22.94
Tubo de 3" de PVC	3.5 [m]	\$ 85.96	\$ 85.96
Codo 90°	1 pieza	\$ 15.18	\$ 15.18
Conexión en T	1 pieza	\$ 15.10	\$ 15.10
Malla mosquitera	0.5 m	\$ 26.18	\$ 13.09
Capuchón	1 pieza	\$ 10.90	\$ 10.90
Abrazaderas	3 piezas	\$ 14.00	\$ 90.95
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 254.12</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3,354.64</b>

**NOTA:**

<sup>[1]</sup> CITA, Centro de Innovación en Tecnología Alternativa, Tel.: (52-777) 322-8683, [acua@terra.com.mx](mailto:acua@terra.com.mx)

## Construcción SES separador de una cámara.

- El costo de la materia prima (Pino de 19 mm) para la construcción de la cámara del sanitario de 50 cm de largo por 40 cm de alto por 45 cm de ancho, dependerá del proveedor al que se le mande a hacer el trabajo.
- Los costos unitarios fueron obtenidos de los factores de ajuste CNA 2001, con el 1.31% de inflación correspondiente a los datos acumulados al mes indicado del año 2009/4, <http://www.mexicomaxico.org/Voto/Inflacion.htm>
- Algunos de los costos fueron obtenidos del catálogo del Gobierno del Distrito Federal, específicamente de la Secretaría de Obras y Servicios, Coordinación técnica 2008, los cuales fueron convertidos a valor presente con el 1.31% de inflación correspondiente al año 2009/4.

<b>Material para la cámara</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Cajón de madera <sup>[1]</sup>	1 unidad de 50x40x45 cm (largo, alto, ancho), triplay de 19 mm (PINO)	\$ 1,880.00	\$ 1,880.00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 1,880.00</b>
<b>Materiales para el sanitario</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tapa y asiento separador <sup>[2]</sup>	1 pieza	\$ 500.00	\$ 500.00
Contenedor de residuos sólidos (materia fecal y materia secante)	1 pieza (de 20 l)	\$ 50.00	\$ 50.00
Contenedor de líquidos (orina)	1 pieza (de 20 l)	\$ 70.00	\$ 70.00
Manguera de 2.54 cm	1.5 m	\$ 5.06	\$ 7.59
Abrazadera	1 pieza	\$ 6.93	\$ 6.93
Bote para agregado o materia seca	1 pieza	\$ 24.90	\$ 151.80
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 786.32</b>
<b>Materiales para la ventilación</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tubo de 3" de lámina galvanizada	3.5 [m]	\$ 22.94	\$ 22.94
Tubo de 3" de PVC	3.5 [m]	\$ 85.96	\$ 85.96
Codo 90°	1 pieza	\$ 15.18	\$ 15.18
Conexión en T	1 pieza	\$ 15.10	\$ 15.10
Malla mosquitera	0.5 m	\$ 26.18	\$ 13.09
Capuchón	1 pieza	\$ 10.90	\$ 10.90
Abrazaderas	3 piezas	\$ 14.00	\$ 90.95
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 254.12</b>
<b>Material para la pila de composteo individual de malla ciclónica (opcional).</b>			

Material	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Poste galvanizado calibre 18 tipo ligero de 42 mm de diámetro para malla de 2 m de altura, incluye: excavación, capucha, tensores, amarres y cimentación de concreto.	6 piezas de 1.30 m	\$ 168.44	\$ 1,010.64
Suministro y colocación de malla ciclónica galvanizada calibre No. 12.5 y apertura 55x55 mm para cerca.	1.2 m <sup>2</sup>	\$ 36.62	\$ 43.94
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 1,054.58</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3,975.02</b>

**NOTA:**

[1] PIC-MA Muebles, Sr. Rogelio Pichardo, Tel. 24-52-80-38

[2]CITA, Centro de Innovación en Tecnología Alternativa, Tel.: (52-777) 322-8683, acua@terra.com.mx



## Construcción SES compostero de dos cámaras.

- La cantidad de material requerido para construir las cámaras del sanitario de 130 cm de ancho por 170 cm de largo por 80 cm de alto, depende de la ubicación del mismo.
- El costo de los materiales para la construcción de las cámaras incluye mano de obra.
- Los costos unitarios fueron obtenidos de los factores de ajuste CNA 2001, con el 1.31% de inflación correspondiente a los datos acumulados al mes indicado del año 2009/4, <http://www.mexicomaxico.org/Voto/Inflacion.htm>

<b>Preparación y limpieza del sitio</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Carga a camión de material producto de excavación.	1.90 m <sup>3</sup>	\$ 33.40	\$ 63.46
Limpieza y trazo en el área de trabajo.	1.36 m <sup>2</sup>	\$ 8.85	\$ 12.04
Excavación a mano	1.77 m <sup>3</sup>	\$ 59.19	\$ 104.77
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 180.26</b>
<b>Materiales para la cámara</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tabiques (5x12x24)	350 piezas	\$ 1.59	\$ 556.50
Tabicón (12x20x40)	170 piezas	\$ 1.08	\$ 183.60
Cemento	2 sacos de 50 Kg	\$ 62.00	\$ 124.00
Mortero	3 sacos de 50 kg	\$ 59.00	\$ 177.00
Arena de río	27 botes (de 19 l)	\$ 126.62	\$ 64.96
Grava	16 botes (de 19 l)	\$ 153.79	\$ 46.75
Agua	8 botes (de 19 l)	\$ 35.05	\$ 5.33
Varilla de 3/8"	46 m	\$ 12,000.00	\$ 309.12
Alambrón #8	14 m	\$ 12.10	\$ 31.62
Alambre recocido	1 Kg	\$ 14.51	\$ 14.51
Clavos	1 Kg	\$ 15.24	\$ 45.72
Contramolde para apertura en losa	2 (puede ser un molde especial o alguna cubeta con la forma de la taza)	\$ 24.00	\$ 491.73
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 2,050.84</b>
<b>Materiales para el asiento</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tapa y asiento	1 pieza	\$ 120.00	\$ 120.00
Tapa para cámara en reposo	1 pieza	Variable	Variable
Bote para agregado o materia seca	1 pieza	\$ 24.00	\$ 48.00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 168.00</b>
<b>Materiales para la ventilación</b>			

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tubo de 3" de lámina galvanizada	3.5 [m]	\$ 22.94	\$ 22.94
Tubo de 3" de PVC	3.5 [m]	\$ 85.96	\$ 85.96
Codo 90°	1 pieza	\$ 15.18	\$ 15.18
Conexión en T	1 pieza	\$ 15.10	\$ 15.10
Malla mosquitera	0.5 m	\$ 26.18	\$ 13.09
Capuchón	1 pieza	\$ 10.90	\$ 10.90
Abrazaderas	3 piezas	\$ 14.00	\$ 90.95
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 254.12</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2,653.23</b>

## Construcción SES compostero de una cámara.

- El costo de la materia prima (Pino de 19 mm) para la construcción de la cámara del sanitario de 50 cm de largo por 40 cm de alto por 45 cm de ancho, dependerá del proveedor al que se le mande a hacer el trabajo.
- Los costos unitarios fueron obtenidos de los factores de ajuste CNA 2001, con el 1.31% de inflación correspondiente a los datos acumulados al mes indicado del año 2009/4, <http://www.mexicomaxico.org/Voto/Inflacion.htm>
- Algunos de los costos fueron obtenidos del catálogo del Gobierno del Distrito Federal, específicamente de la Secretaría de Obras y Servicios, Coordinación técnica 2008, los cuales fueron convertidos a valor presente con el 1.31% de inflación correspondiente al año 2009/4.

<b>Material para la cámara</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Cajón de madera <sup>[1]</sup>	1 unidad de 50x40x45 cm (largo, alto, ancho), triplay de 19 mm (PINO)	\$ 1,880.00	\$ 1,880.00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 1,880.00</b>
<b>Materiales para el asiento</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tapa y asiento <sup>[2]</sup>	1 pieza	\$ 120.00	\$ 120.00
Contenedor de residuos sólidos (materia fecal y materia secante) <sup>[2]</sup>	1 pieza (de 20 l)	\$ 50.00	\$ 50.00
Bote para agregado o materia seca	1 pieza	\$ 24.00	\$ 58.00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 228.00</b>
<b>Materiales para la ventilación</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tubo de 3" de lámina galvanizada	3.5 [m]	\$ 22.94	\$ 22.94
Tubo de 3" de PVC	3.5 [m]	\$ 85.96	\$ 85.96
Codo 90°	1 pieza	\$ 15.18	\$ 15.18
Conexión en T	1 pieza	\$ 15.10	\$ 15.10
Malla mosquitera	0.5 m	\$ 26.18	\$ 13.09
Capuchón	1 pieza	\$ 10.90	\$ 10.90
Abrazaderas	3 piezas	\$ 14.00	\$ 90.95
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 254.12</b>
<b>Material para la pila de composteo individual de malla ciclónica (opcional).</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Poste galvanizado calibre 18 tipo ligero de 42 mm de	6 piezas de 1.30 m	\$ 168.44	\$ 1,010.64

diámetro para malla de 2 m de altura, incluye: excavación, capucha, tensores, amarres y cimentación de concreto.			
Suministro y colocación de malla ciclónica galvanizada calibre No. 12.5 y apertura 55x55 mm para cerca.	1.2 m <sup>2</sup>	\$ 36.62	\$ 43.94
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 1,054.58</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3,416.70</b>

**NOTA:**

[1] PIC-MA Muebles, Sr. Rogelio Pichardo, Tel. 24-52-80-38

[2] Costo obtenido de la Comercial Mexicana Las Amas.

## A.5 Directorio de proveedores


### A.5.1 En México

- ◆ **CITA Centro de Innovación en Tecnología Alternativa**  
Av. San Diego #501 Col. Vista Hermosa, Cuernavaca, Morelos Tel.: (52-777) 322-8683  
acua@terra.com.mx
- ◆ **GUPEDSAC | Grupo para Promover la Educación y Desarrollo Sustentable**  
Fuente del pescador #61, Col. Lomas de Tecamachalco, Huixquilucan, Edo. de México, CP 52780,  
Tel.: 251 0546
- ◆ **KIPTIK | Solidaridad a través de agua, salud, medios de comunicación y arte en Chiapas, México**  
kiptik@eudoramail.com
- ◆ **PROE | Promoción ecológica**  
San Pedro Muñoztla, Tlaxcala, CP 90830 Tel: 246 43125, Biólogo Rogelio y Bióloga Carmen
- ◆ **SANIMEX | Sanitarios portátiles de México**  
Ciudad de Monterrey 1290-B, Col. las Quintas CP 80060, Culiacán, Sinaloa Tel.: (01667) 7130781  
fax: 7130781 ·  
iepsa1@avantel.net
- ◆ **SANI SECO | IEPSA : ingeniería, ecología y proyectos**  
Av. Emiliano Zapata 107 Col. Pradera, CP 62170 Cuernavaca, Morelos Tel: (01777) 311 13 50  
fax: 311 13 80  
iepsa1@avantel.net
- ◆ **SANPLAT | Large scale low cost sanitation at lowest cost**  
SUECIA Floor 18, S-467 96 Grastorp · Tel.: 46 514 40058 · fax: 46 514 40273 lcs@sanplat.com
- ◆ **SARAR | Sarar Transformación**  
Tepoztlán, Morelos 62520 · fax: 52 (739) 395-0364 sarar@laneta.apc.org
- ◆ **SIRDO | Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Orgánicos**  
Av. de los arcos 24 bis, San Juan Totoltepec Tel.: (55) 5344 0312 · fax: (55) 5343 3748  
gtasc@interflow.com.mx

### A.5.2 En otros países

- ◆ **BIOLET COMPOSTING TOILETS**  
USA PO Box 548, Tel.: 1800 5BioLet info@biolet.com y <http://www.biolet.com>
- ◆ **BIOLOO | Composting toilets**  
NUEVA ZELANDA · PO Box 1834, Rotorua · Tel.: 064 7345 7778 y 0800 BIOLOO
- ◆ **CEMAT | Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropiaada**  
GUATEMALA · AP 1160 · Tel. 502 339 4804
- ◆ **CEPP | Center for Ecological Pollution Prevention**  
USA · PO Box 1330 · Concord, MA 01742 Tel.: 978 318 7033
- ◆ **CITY FARMER | Urban agriculture notes: composting toilets**  
CANADA 801-318 Homer St Vancouver, B.C. V6B 2V3 Tel.: 604 685 5832 Fax: 604 685-0431
- ◆ **CLIVUS MULTRUM COMPOST TOILETS AND GREYWATER SYSTEMS**  
Australia, Brasil, Canadá, Chile, Dinamarca, Holanda, Israel, Korea, Nueva Zelanda, España, Inglaterra y USA. <http://www.clivus.com>
- ◆ **DIARROHOEA | Control of diarrheal diseases**  
COSTA RICA · PO Box 1 · Samara 5235 · Tel.: 506 656 0504 · fax: 1 603 849 5656  
nand@rehydrate.org

- ◆ **ECO DESIGN | Sustainable housing**  
AUSTRALIA · PO Box 2000 · Fairfield Gardens 4103 Tel.: 07 3342 4497 · fax 07 3342 4496
- ◆ **ECO SOLUTIONS | Designing & demonstrating ecological sanitation**  
INDIA · Pulari, 49 Asan Nagar, Vallakadavu Trivandrum 695008 · Kerala Tel.: 0091 471 52622  
paulc@vsnl.com  
INGLATERRA, Robin Hoods Bay North Yorkshire YO22 4PB Te.l:0044 1947 880317
- ◆ **EKOLET | Composting toilets**  
FINLANDIA Ekolet Ltd, Estetie 3, 00430 Helsinki Fax 358 9 563 5056 ekolet@ekolet.com y  
http://www.ekolet.com
- ◆ **ENVIRO ALTERNATIVES | Composting toilets**  
USA · 2131 E Middle Dr · Freeland, WA 98249 Tel.: 206 324 5055 · 360 730 7992  
petrich@whidbey.com
- ◆ **ENVIROLET | Composting toilets**  
CANADA Tel.: 1 800 387 5245, NUEVA ZELANDA Tel.: 0508 4 TOILETS NZ@envirolet.com  
USA, Tel.: 1 800 387 5126,
- ◆ **FORNYET ENERGY| Renewable energy: Composting toilets**  
DENMARK · 4295 Stenlille · Tel.: 45 5360 4522
- ◆ **GUIA LATINOAMERICANA | Las tecnologías que América Latina necesita**  
COLOMBIA · tel.: 57 1 336 7100 · 57 1 366 7306 sergio@col.ops-oms.org
- ◆ **HUMANURE HANDBOOK | A guide to composting human manure**  
USA PO box 607 Grove City, PA 16127 Tel.: 800 689 3233 | 866 641 7141  
http://www.jenkinspublishing.com
- ◆ **KANSAS WIND POWER | Composting toilets**  
USA · 13569 241 Rd · Holton, KS 66436 Tel.: 785 364 4407 · 785 364 5123
- ◆ **MICROBIOLOGIC | Bacterial bioaugmentation products for outdoor toilets**  
USA · Phoenix, AZ, Tel.: 602 375 3596
- ◆ **NATURAL HOME | Building source**  
USA 0186 SCR 1400, BRR Silverthorne, CO 80498 Tel.: 800 563 9720 · 970 262 6727 ·  
fax: 720 293 1705
- ◆ **NATURE LOO | Composting toilets**  
Australia PO Box 2157 Toowong, Queensland 4066 Tel.: 07 3870 5037 fax: 07 3870 5088  
info@nature-loo.com.au y http://www.nature-loo.com.au
- ◆ **NBCS | Natural Building Colloquium Southwest**  
USA · PO Box 511 · Reserve, NM 87829 Tel.: 55 773 4895 compost@concentric.net
- ◆ **OIKOS | Green building source**  
USA · Tel.: 541 767 0355
- ◆ **OPS/OMS Colombia | LASF - Letrina Abonera Seca Familiar**  
COLOMBIA · Cra. 7a no. 74-21 P 9 · Santafé de Bogotá DC · Tel.: 34 78 373
- ◆ **REAL GOODS | Catalog: composting toilets**  
FAQUSA, 13771 S. Highway 101, Hopland CA 95449, Tel.: 800 919 2400, 707 744 2017,  
fax: 707 744 1682
- ◆ **SCAT Solar Composting Advanced Toilet**  
USA PO Box 43 Nahcotta, WA 98637 warnberg@pacifier.com y http://www.solartoilet.com
- ◆ **SEPRETT | Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Orgánicos**  
SUECIA · SE 330 10 Bredaryd · tel.: 46 0 317 712 20 · fax: 46 0 317 712 60 info@seprett.com
- ◆ **SUN-MAR | Composting toilets**  
CANADA · 5035 North Service Rd Unit C9 · Burlington, ON L7L 5V2 Tel.: 905 332 13 14  
fax: 905 332 1315 compost@sun-mar.com  
USA · 600 Main St · Tonawanda, NY 14150 Tel.: 1 800 461 2461

 **VIROTECH | Composting toilets**AUSTRALIA · Tel.: 0411 29 66 42 [info@virotech.com.au](mailto:info@virotech.com.au) **WORLD OF COMPOSTING TOILETS | Composting toilets**INGLATERRA Ripon North Yorkshire HG4 3QL Tel.: 01765 658786  
[enquiries@compostingtoilet.org](mailto:enquiries@compostingtoilet.org)

## Glosario

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

**Agua potable.** Agua dulce, agua libre de patógenos. Agua con buenas cualidades para el consumo humano.

**Aguas grises.** Aguas jabonosas provenientes del lavamanos, la cocina, la regadera o ducha, etc.

**Aguas negras.** Agua utilizada para transportar excretas humanas. Provenientes de muebles de baño como el WC. Aguas que pueden evitarse con el uso de un SES.

**Aguas residuales.** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

**Aguas residuales municipales.** Aquellas que resultan de la combinación de aguas residuales domésticas, comerciales y de servicios públicos o privados.

**Armado.** Estructura conformada con varias piezas metálicas que funciona como esqueleto en un elemento constructivo.

**Armex prefabricado** (en México). En construcción pieza conocida como castillo electrosoldado.

**Bonos de carbono:** Mecanismo de carácter internacional, que tienen por objetivo reducir la emisión de sustancias contaminantes del medio ambiente. Representan el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono, por lo que, con su transacción se benefician las empresas que disminuyen su emisión, haciendo pagar, a las que sí lo hacen más de lo permitido.

**Caseta.** Cuarto donde se encuentra el SES. Paredes y techo que forman el cuarto de baño. Se llama caseta cuando es una construcción independiente al resto del edificio.

**Cobertura de agua potable.** Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares que cuenta con agua entubada dentro de la vivienda, dentro del terreno o de una llave pública o hidrante. Esta información se determina por medio de los censos y conteos que realiza el INEGI y estimaciones de CONAGUA para años intermedios.

**Cobertura de alcantarillado.** Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares, cuya vivienda cuenta con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado, a una fosa séptica, a un río, lago o mar, o a una barranca o grieta. Esta información se determina por medio de los censos y conteos que realiza el INEGI y estimaciones de CONAGUA para años intermedios.

**Composta.** Es un nutriente para el suelo que mejora su estructura, ayuda a reducir la erosión y aumenta la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.



**Compostaje.** Es el proceso biológico aeróbico (que requiere aire), mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (elementos vegetales o animales como las plantas o el excremento de animales), permitiendo obtener un excelente abono.

**Concreto reforzado.** Sistema constructivo con concreto y acero. Concreto armado.

**Contramolde.** Piezas que se utilizan para dar forma a un molde.

**Dala.** Elemento constructivo con funciones estructurales. En sistemas constructivos a base de muros de tabiques, las dalas son los remates del muro y sirven para repartir la carga de la construcción superior sobre el muro o un cimiento.

**Drenaje.** Red de tubería que transporta las aguas negras, grises y pluviales desde el sitio donde se generan hasta otro. Sistema que requiere separación y en consecuencia es costoso. En algunas ocasiones resulta inapropiado para el tratamiento las aguas residuales.

**Excretas.** Materias fecales (orina y heces).

**Fosa séptica.** Recipiente destinado a la recepción de aguas residuales provenientes de los inodoros, lavabos, cocinas, etc. Consta de uno o más compartimentos en los que se produce la sedimentación de los sólidos. Aquí se lleva a cabo una fermentación anaeróbica de los sedimentos hasta su estabilización. Generalmente las fosas realizan una primera parte del tratamiento de las aguas residuales, pues se requiere de algún filtro para cerrar el tratamiento de las aguas ya sedimentadas. Entre otros riesgos de la fosa séptica, puede infiltrar al subsuelo y contaminar mantos freáticos. Su instalación puede ser un poco costosa.

**GWP.** Potencial de calentamiento global.

**Heces.** Materia fecal que se descarga por el ano. Excremento, caca, mierda, popo.

**Lechada.** Capa de cemento para dar un acabado impermeable a una superficie. Cuando se pinta una superficie con una mezcla de cemento y agua.

**Llana.** Herramienta sencilla de construcción que se utiliza para emparejar mezcla fresca. Generalmente es una lámina plana de madera o metálica de forma rectangular con un mango para maniobrarla.

**Materia orgánica.** La materia orgánica procede de los seres vivos (plantas o animales). La descomposición de estos seres vivos, provocada por la acción de microorganismos y por factores ambientales da lugar a un abanico muy amplio de sustancias en diferentes estados que son los elementos principales de la materia orgánica. La materia orgánica está en constante transformación, por lo que genera calor (energía). Se encuentra ligada a los ciclos del carbono, nitrógeno, del fósforo y del azufre, a la reducción del hierro y el manganeso en el suelo y a muchos otros procesos y que pueden llegar a estabilizarse en función de los parámetros ambientales (temperatura, pH, humedad, contenido iónico, poblaciones de microorganismos, etc.). Alguna vez habremos escuchado que los seres vivos son aquellos que nacen, se desarrollan, se reproducen y mueren. Bueno, pues primero debemos considerar que estos seres no mueren, se transforman. Y al resultado de esta transformación es a lo que llamamos materia orgánica. Ejemplos de materia orgánica: raíces, tallos, restos de hojas, flores, otras parte de la planta, animales y microorganismos muertos, restos de cosechas, restos de alimentos en la cocina, tierra o suelo, secreciones animales como el excremento (incluido el ser humano), etc.

**Microorganismos transformadores.** Lombrices, hongos, bacterias y otras criaturas vivas que procesan los nutrientes de la materia orgánica.

**Mortero.** En construcción, mezcla de cemento y arena. En algunos lugares se puede conseguir mortero en costales igual que se consigue el cemento puro.

**Orina.** Secreción líquida de los riñones. Pipi, pis, orines, meados.

**Patógeno.** Organismos o agentes como bacterias, virus, y parásitos responsables de enfermedades. Microbios que nos enferman.

**Prefabricado, sanitario.** Sanitarios diseñados y construidos en serie para ponerlos a la venta en el mercado. El usuario del sanitario paga por una unidad ya construida y sólo requiere instalarlo en el lugar deseado.

**PROARCA.** Programa Ambiental Regional para Centroamérica.

**Registro de inspección.** Acceso que permite la inspección y limpieza de la fosa séptica; este registro, en ciertos casos, puede corresponder a la misma tapa de la fosa séptica.

**Repellar.** Cubrir con cemento, cal o mortero una pared.

**SES.** Abreviatura de sanitario ecológico seco. También conocido como sanitario seco, sanitario abonero o compostero, letrinas seca o abonera, LASF (letrina abonera seca familiar), baño compostero. En inglés composting toilet o dry toilet.

**Sistema convencional de salubridad o sistema de drenaje.** Red centralizada que colecta y transporta aguas negras, aguas grises y pluviales con o sin sistema de tratamiento. Sistema que conecta muebles como el WC, la regadera, el lavabo, etc, a una red de drenaje o alcantarillado.

**Taza.** Asiento, retrete, pedestal o mueble de baño donde la gente se sienta para defecar.

**Uso doméstico.** Utilización del agua nacional destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de sus animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa.

**WC.** Abreviatura de water closet (caja con agua). Mueble para baño que utiliza agua para transportar las excretas. Baño, retrete, excusado, sanitario, inodoro. En inglés, Flush toilet.

**ZMCM.** Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

## Mesografía

ACF, 2008, *Saneamiento, el cerco más eficaz a la enfermedad*, Acción contra el hambre, en internet: [www.accioncontraelhambre.org/descargar.php?nombre=dossier\\_d\\_magua2008.pdf](http://www.accioncontraelhambre.org/descargar.php?nombre=dossier_d_magua2008.pdf)

Aguamx, 2009, *Recursos Hidrológicos de México*, Aguamx, México, consulta 27.09.09, en internet: [http://www.sagan-gea.org/hojared\\_AGUA/paginas/8agua.html](http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/8agua.html)

Alonzo, R. y Sánchez-Nájera G., 2008, *El Inodoro*, Blog Scribd, en internet: <http://www.scribd.com/doc/2024000/Analisis-de-Objeto-Tecnico-El-Inodoro>

Antonio, S., 2008, *Biogás, cuando las excretas se convierten en dinero*, La Imagen Agropecuaria, México, en internet: [http://www.imagenagropecuaria.com/articulos.php?id\\_sec=22&id\\_art=350](http://www.imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_sec=22&id_art=350)

Botanical-online SL, 1999-2009, *Compostaje*, Botanical-online SL, España, consulta 27.04.09, en internet: <http://www.botanical-online.com/compostajeestiercol.htm>

Castillo L., 2003, *Sanitario Ecológico Seco. Una tecnología eficaz, digna y sana para tod@s*, zoomZAP, México, en internet: <http://www.zoomzap.com/techniques/SES-esp.php>

Cisneros, D, 2009, *Visita guiada a Sanitario Ecológico Seco separador*, México, comunicación personal, en internet: [cisnecivil@hotmail.com](mailto:cisnecivil@hotmail.com)

Ciudadmexico, 2008, *Tlalpan*, Ciudadmexico.com, México, consulta 12.11.08, en internet: <http://www.ciudadmexico.com.mx/zonas/tlalpan.htm>

Clajadep, 2009, *Cómo hacer el compostaje*, Coordinadora Latinoamericana y Africana de Juristas, Cientistas Sociales y Grupos Marginados por una Alternativa Democrática y Popular, en internet: <http://clajadep.lahaine.org/articulo.php?p=8643&more=1&c=1>

CONAGUA, 2008, *Estadísticas del Agua en México*, Comisión Nacional del Agua, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, Primera edición.

CONAPO, 2009, *Densidad de población por delegación 1980-2007*, Consejo Nacional de Población, México, consulta: 27.09.09, en internet: <http://www.salud.df.gob.mx/ssdf/media/agenda/morta2/111.htm>

Coppola L., 2009, *Criminales quienes fomentan los asentamientos en cauces de arroyos*, México, consulta: 12.05.09, en internet: <http://luiscoppola.com/2008/06/25/criminales-quienes-fomentan-los-asentamientos-en-cauces-de-arroyos/>

Córdova, 2001, *Programas de Saneamiento Seco a Gran Escala. Observaciones y Recomendaciones Preliminares de Experiencias Urbanas en México*, Human Dimensions Research Unit Department of Natural Resources Cornell University Ithaca, N.Y. 14853-3001, en internet: [www.dnr.cornell.edu/hdru/PUBS/HDRUReport01-6s.pdf](http://www.dnr.cornell.edu/hdru/PUBS/HDRUReport01-6s.pdf)

Diario de México, 2008, *Distrito Federal. Avanza ordenamiento territorial en Tlalpan*, Diario de México, México, en internet: [http://www.diariodemexico.com.mx/?module=displaystory&story\\_id=45728&format=print&edition\\_id=443](http://www.diariodemexico.com.mx/?module=displaystory&story_id=45728&format=print&edition_id=443)

Esrey, S., Gough, J., Rapaport, D., Sawyer, R., Simpson-Hébert, M., Vargas, J., 1998, *Saneamiento Ecológico*, Traducción de la 1a. edición en inglés *Ecological Sanitation*, Asdi, Estocolmo, en internet: [www.ecohabitar.org/PDF/saneamientoecologico.pdf](http://www.ecohabitar.org/PDF/saneamientoecologico.pdf)

F.I., 1979, *Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbanas de la República Mexicana*, Departamento de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

F.I., 1993, *Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de alcantarillado sanitario en localidades urbanas de la República Mexicana*, Departamento de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

FCEA, 2009a, *¿Qué es el agua?*, Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., México, consulta 25.02.09, en internet: <http://www.agua.org.mx/content/view/15/88/>

FCEA, 2009b, *Tipos de agua*, Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., México, consulta 10.03.09, en internet: [http://www.imacmexico.org/ev\\_es.php?ID=17439\\_208&ID2=DO\\_TOPIC](http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17439_208&ID2=DO_TOPIC)

Garduño, H., 1992, *La protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce*. Notas de la diplomacia ambiental; México y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y desarrollo.

GDTCF, 2002, *Guía de los baños secos*, Global Dry Toilet Club of Finland, Käymäläseura Huussiry, Finland, en Internet: [http://www.drytoilet.org/pdf/guide\\_esp.pdf](http://www.drytoilet.org/pdf/guide_esp.pdf)

Holger, 2009, *Manejo de agua en el descenso energético: "Lo pequeño no solo es hermoso, sino la solución"*, tierramor.org, México, en internet: <http://www.energybulletin.net/node/48848>

INE, 2005, *La situación de los residuos sólidos en México*, Instituto Nacional de Ecología, México, en internet: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/345/sresiduos.html>

INE, 2007, *Producción de composta doméstica*, Instituto Nacional de Ecología, México, consulta: 17.05.09, en internet: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/499/produccion.html>

INEGI, 2008a, *Uso potencial de la tierra*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, consulta 18.11.08, en internet: [http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/nay/usopot\\_tierra.cfm?c=1216&e=18&CFID=1436441&CFTOKEN=31316110](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/nay/usopot_tierra.cfm?c=1216&e=18&CFID=1436441&CFTOKEN=31316110)

INEGI, 2008b, *Mapa de Precipitación Promedio Anual*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, 18.11.08 en internet: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/df/precipit.cfm?%20c=444&e=09>

Jiménez B., 2001, *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA, México.

LGEEPA, 1996, NOM-001- SEMARNAT-1996, Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente, México, consulta 25.02.09, en internet: [www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-001-ECOL.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-001-ECOL.pdf)

LGEEPA, 2007, *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, México, actualización 12.02.07, en internet: <http://www.scribd.com/doc/7057099/LGEEPA>

Mollá-Ruiz G.M., 2006, *El crecimiento de los asentamientos irregulares en áreas protegidas. La delegación Tlalpan*, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, en internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/569/56906009.pdf>

Montoya, J., 2009, *Planta de Composta UNAM. Clasificación del proceso de composteo*, Dirección General de Obras y Conservación, UNAM, México, consulta 27.04.09, en internet: [http://www.obras.unam.mx/cecolog/composta\\_intr\\_c.html](http://www.obras.unam.mx/cecolog/composta_intr_c.html)

Ortiz-Monasterio, F., 1991, *Contaminación en la Ciudad de México*, México, Primera edición, Editorial, México.

PEMA, 2008, *Programa Estratégico de Manejo Ambiental*, Posgrado de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Pérez, 2008, *Datos generales de Ayometitla parte alta*, Dirección General de Ecología y Desarrollo Sustentable, Tlalpan, México, comunicación personal.

Pérez-Guille R., 2009, *Baños secos contra la muerte de ríos*, Iniciativa Water Reach, Uruguay, consulta 17.04.09, en internet: [http://d6.iwrn.net/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=192](http://d6.iwrn.net/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=192)

PROARCA, 2003, *Guía para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales*, Programa Ambiental Regional para Centroamérica, Brasil, en internet: [www.resol.com.br/textos/Guia%20MRSM%20CA%20%20Version%202003.pdf](http://www.resol.com.br/textos/Guia%20MRSM%20CA%20%20Version%202003.pdf)

SEMARNAT, 2005a, *Generación de Residuos Sólidos Municipales*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, en internet: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen/08\\_residuos/cap8.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html)

SEMARNAT, 2005b, *Disponibilidad del agua*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, en internet: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen/07\\_agua/cap7.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/07_agua/cap7.html)

Tlalpan, 2008, *Medidas para evitar contaminación del subsuelo por fosas sépticas*, Comunicación social de la Delegación de Tlalpan, fecha de consulta 4.10.08, en internet: <http://www.tlalpan.gob.mx/modules.php?name=News&file=article&sid=190>

Toscano, R., 1959, *Meteorología Descriptiva y Dinámica. Climatología*, Imprenta Universitaria, México, 1950.

UPN, 2000, *Ciudades para un futuro más sostenible*, Universidad Politécnica de Madrid, España, en internet: <http://habitat.aq.upm.es/bpal/onu00/bp452.html>

Wikipedia, 2009a, *Inodoro*, Wikipedia, consulta 12.03.09, en internet: [http://es.wikipedia.org/wiki/Inodoro\\_\(sanitario\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Inodoro_(sanitario))

Wikipedia, 2009b, *Toilette*, Wikipedia, consulta 02.03.09, en internet: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Toilette>

## **Bibliografía recomendada**

Antonio, M., et al, 2002, *Sanitario Seco*, Asociación Permacultura Aldehuela, Noblejas Toledo, consulta 09.03.09, en internet: [http://es.geocities.com/permacultura\\_aldehuela/sanitario\\_seco\\_provisional.htm](http://es.geocities.com/permacultura_aldehuela/sanitario_seco_provisional.htm)

Holum J., 1997, *Topics and Terms in Enviromental Problems*, Ed.Wiley-Interscience Publication, Estados Unidos.

Nebel, B., 1999, *Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible*, 6ª Edición, Prentice Hall, México.

Stern A, 1968, *Air Pollution*, Second edition, Stanford Research Institute Menlo Park, California, three volumes.

UNEP/GRID-Arendal, 2003, *Climate Change 2001.Direct GWPs*, UNEP/GRID-Arendal, fecha de consuslta 09.03.09, en internet: [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/?src=/\\_climate/ipcc\\_tar/wg1/248.htm](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/_climate/ipcc_tar/wg1/248.htm)