

# Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento



---

# Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento

---

**Elizabeth Tilley, Christoph Lüthi, Antoine Morel,  
Chris Zurbrügg y Roland Schertenleib.**

**Traducción: Lexia Park S. L. – Alianza por el Agua.**

**Revisión y aportes: Carmen Pong, Nienke Swagemakers,  
Belén Founaud, José Toruño, María Jesús Cajal,  
Jairo Cruz, Olmedo Altamirano y Chris Canaday.**

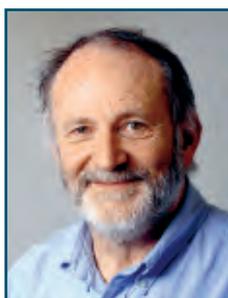
Nuestro agradecimiento especial a:  
el Consorcio NETSSAF, el programa GTZ ecosan,  
la Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA),  
y la Alianza por el Agua España & Centroamérica.

Deseamos agradecer a los siguientes individuos  
por sus contribuciones y comentarios:  
Chris Buckley, Pierre-Henri Dodane, Barbara Evans, Amalia Gallardo,  
Heike Hoffman, Doulaye Koné, Elisabeth Kvarnström, Duncan Mara,  
Peter Morgan, Arne Panesar, Eddy Perez, Elias Rosales, Arno Rosemarin,  
Sören Rud, Darren Saywell, Margaret Scott, Steven Sugden, Kevin Tayler,  
Kai Udert, Carolien van der Voorden, Yvonne Voegeli, Anita Wittmer.

Deseamos reconocer el apoyo de:  
el Swiss National Centre of Competence in Research (NCCR)  
North-South: Research Partnerships for Mitigating Syndromes of  
Global Change, financiado por la Swiss National Science Foundation (SNSF),  
La Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (SDC)  
y el Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino de España.

Esta versión en español es producto de una colaboración entre  
EAWAG, Alianza por el Agua y la Cooperación Suiza en América Central.





**Roland Schertenleib**  
Eawag/Sandec



**Jon Lane**  
WSSCC

La inversión en servicios sanitarios e higiene no solo es salvar la vida y la dignidad humanas; es el fundamento para la inversión en el desarrollo humano, especialmente en las áreas urbanas y periurbanas pobres. Sin embargo, una de las principales dificultades encontradas en el mundo entero, es el conocimiento y la conciencia limitados sobre los sistemas y tecnologías sustentables que mantienen los costos de los proyectos accesibles y aceptables.

Existe abundante información sobre las tecnologías sanitarias pero están dispersas en docenas de libros, reportes, documentos y revistas; este Compendio busca reunir la información principal en un solo volumen. Otro objetivo del Compendio es promover un enfoque de sistemas; los dispositivos y las tecnologías sanitarios deben ser siempre considerados como parte de un sistema completo.

En 2005, Sandec y WSSCC publicaron las Guías Provisionales para el Saneamiento Ambiental Centrado en la Vivienda (HCES por sus siglas en inglés), un nuevo enfoque de planeación para implementar los Principios Bellagio en la Sanidad Sustentable de la Sanidad Ambiental Urbana. El enfoque HCES hace énfasis en la participación de todos los actores – empezando con el hogar/vecindario – en planear e implementar los sistemas sanitarios. Al ordenar y estructurar un amplio rango de información en tecnologías comprobadas total o parcialmente, este Compendio es una importante herramienta para que los actores tomen decisiones bien fundamentadas durante los procesos de planeación.

Aunque esta fuente está dirigida principalmente a ingenieros y planeadores que se enfrentan a la entrega de infraestructura, las descripciones tecnológicas también permiten a los inexpertos comprender las principales ventajas y limitaciones de las diferentes tecnologías y la conveniencia de las diferentes configuraciones de los sistemas. Esperamos que este Compendio permita a los participantes involucrarse en la selección de tecnologías sanitarias mejoradas y ayude a promover soluciones centradas en la gente para problemas sanitarios reales. Esta es la primera edición del Compendio y esperamos recibir sus comentarios – Agradeceremos que compartan con nosotros sus experiencias y sugerencias para una próxima edición.



**Introducción El Objetivo y el Uso de este Compendio**

Antecedentes	7
Usuarios de este Compendio	7
Objetivo del Compendio	7
Estructura del Compendio	7

**Parte 1: Esquemas de Sistemas**

<b>Información General sobre los Sistemas de saneamiento</b>	<b>9</b>
Productos	11
Grupos Funcionales	13
Tecnologías	13
Uso de los Esquemas de Sistemas	14

**Descripción de los Esquemas de Sistemas**

Sistema 1: Sistema de Pozo Simple	16
Sistema 2: Sistema Sin Agua con Pozos Alternos	18
Sistema 3: Sistema de Arrastre Hidráulico con Pozos Dobles	20
Sistema 4: Sistema Sin Agua con Separador de Orina	22
Sistema 5: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Infiltración	24
Sistema 6: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Alcantarillado	26
Sistema 7: Sistema de Tratamiento (Semi)Centralizado	28
Sistema 8: Sistema de Alcantarillado con Separador de Orina	30
Sistema 9: Biogás con o sin Separador de Orina	32

**Parte 2: Descripciones Tecnológicas de los Grupos Funcionales**

Lectura de las Descripciones Tecnológicas	35
<b>Grupo Funcional U: Interfase de Usuario</b>	<b>37</b>
U1: Retrete Seco	39
U2: Retrete Seco con Desvío de Orina (UDDT)	41
U3: Urinario	43
U4: Retrete con Arrastre Hidráulico	45
U5: Retrete de Tanque	47
U6: Retrete de Tanque con Desvío de Orina (UDFT)	49
<b>Grupo Funcional S: Recolección y Almacenamiento/Tratamiento</b>	<b>51</b>
S1: Tanque/Contenedor para Almacenamiento de Orina	53
S2: Pozo Simple	55
S3: Pozo Simple Mejorado Ventilado (VIP)	57
S4: Pozos Doble Mejorado Ventilado	59
S5: Fosa Alterna	61
S6: Pozos Dobles para Retrete con Arrastre Hidráulico	63
S7: Cámaras de Deshidratación	65
S8: Cámara de Compostaje	67
S9: Fosa Séptica	69
S10: Reactor Anaeróbico con Deflectores (ABR)	71

S11: Filtro Anaeróbico	73
S12: Reactor Anaeróbico de Biogás	75
<b>Grupo Funcional C: Transporte</b>	<b>77</b>
C1: Bidón/tanque	79
C2: Vaciado y Transporte por Fuerza Humana	81
C3: Vaciado y Transporte Motorizado	83
C4: Alcantarillados Simplificados	85
C5: Alcantarillados Libres de Sólidos	87
C6: Alcantarillado Convencional por Gravedad	89
C7: Estación de Transferencia (Tanque de Retención Subterráneo)	91
C8: Estación de Descarga al Alcantarillado	93
<b>Grupo Funcional T: Tratamiento (Semi)Centralizado</b>	<b>95</b>
T1: Reactor Anaeróbico con Deflectores (ABR)	97
T2: Filtro Anaeróbico	99
T3: Estanques de Estabilización de Desperdicios (WSP)	101
T4: Estanque de Aireación	103
T5: Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre	105
T6: Humedal Artificial de Flujo Horizontal subsuperficial	107
T7: Humedal Artificial de Flujo Vertical	109
T8: Filtro Percolador	111
T9: Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente con Manto de Lodos (UASB)	113
T10: Lodo Activado	115
T11: Estanques de Sedimentación/Espesamiento	117
T12: Lechos de Secado sin Plantas	119
T13: Lechos de Secado con Plantas	121
T14: Compostaje	123
T15: Reactor Anaeróbico de Biogás	125
<b>Grupo Funcional D: Uso y/o Disposición final</b>	<b>127</b>
D1: Relleno y Cubierta/Arborlo	129
D2: Aplicación de Orina	131
D3: Aplicación de Heces Secas	133
D4: Aplicación de Composta/Eco-Humus	135
D5: Irrigación	137
D6: Pozo de Absorción	139
D7: Campo de Filtrado	141
D8: Estanque de Acuicultura	143
D9: Estanque de Plantas Flotantes (Macrófitas)	145
D10: Disposición final de Agua/Recarga de Acuíferos (GW)	147
D11: Aplicación de Lodos al Terreno	149
D12: Disposición final en Superficie	151
D13: Combustión de biogás	153
<b>Glosario</b>	<b>155</b>

## Antecedentes

Este documento fue desarrollado en el contexto del enfoque de planificación del Saneamiento Ambiental Centrado en la Vivienda (HCES = Household Centered Environmental Sanitation) mostrada en la Figura 1. El enfoque del HCES es un proceso de planificación de participación de 10 pasos de múltiples sectores y múltiples actores. Las guías para la implementación de la HCES están disponibles en [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch).

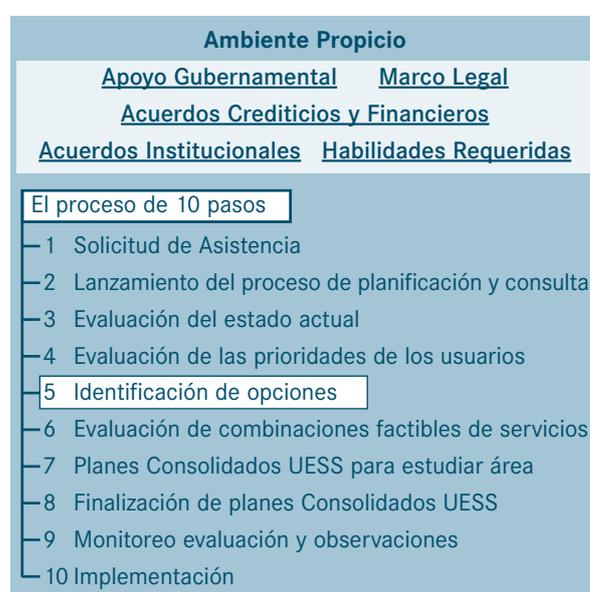


Figura 1. Proceso de 10 pasos del enfoque de planeación de HCES (EAWAG, 2005)

Los primeros cuatro pasos del enfoque de planificación del HCES definen las prioridades específicas del proyecto en los aspectos sociales, culturales, económicos, de salud y ambientales, que influirán en la selección de tecnología y el diseño del sistema. El objetivo de los pasos cinco (5) y seis (6) es definir las opciones tecnológicas específicas y evaluar combinaciones factibles de servicio. Los siguientes pasos, siete (7) a diez (10), conducen a la formulación o diseño de un plan integral de saneamiento ambiental urbano (UESS = Urban Environmental Sanitation Services).

Este Compendio está diseñado para ser utilizado como una herramienta de análisis durante los pasos 5 y 6 del enfoque de planificación del HCES. Se presupone que el usuario de este Compendio tiene amplio conocimiento del contexto y de las prioridades de la comunidad y de los demás actores, así como los elementos de planificación del Saneamiento y de los aspectos socioculturales los cuales no son abordados de forma explícita en este documento.

## Usuario Esperado de este Compendio

Este Compendio está dirigido a ingenieros, planificadores y otros profesionales que están familiarizados con las tecnologías y procesos de saneamiento.

El enfoque del documento está dirigido para las personas que están involucradas en los procesos de planificación de Saneamiento y que tienen interés en conocer sobre tecnologías alternativas que podrían no ser parte de las que comúnmente son utilizadas en el contexto local. El enfoque y la información aquí presentados buscan ampliar el espectro de tecnologías innovadoras y apropiadas consideradas en la planificación del saneamiento.

## Objetivo del Compendio

El objetivo del Compendio es tripartito:

1. Exponer al usuario del Compendio a un amplio rango de sistemas y tecnologías de saneamiento innovadoras.
2. Ayudar al usuario del Compendio a entender y trabajar con el concepto de sistemas, es decir, el proceso de construir un sistema completo, al elegir y unir interactivamente tecnologías apropiadas;
3. Describir y presentar someramente las ventajas y desventajas específicas de las tecnologías.

## Estructura del Compendio

El Compendio está dividido en 2 Partes: (1) **Los Esquemas del Sistema** y una descripción sobre la forma de usarlas; y (2) las **Descripciones de Información Tecnológicas**.

Se recomienda que el usuario del Compendio revise la “Parte 1: Sistemas de Saneamiento” para familiarizarse con la terminología y la estructura de los Esquemas de Sistemas y sus componentes. A continuación, los usuarios pueden familiarizarse con las tecnologías de su interés en la “Parte 2: Descripciones Tecnológicas”. El usuario puede pasar de los Esquemas de Sistemas y las Descripciones Tecnológicas (tienen una referencia cruzada) hasta que identifique algunos sistemas y/o tecnologías que pudieran ser apropiados como soluciones en su contexto particular. Eventualmente, el usuario debe ser capaz de desarrollar una o varias configuraciones de sistemas que puedan ser presentadas a la comunidad. El Compendio puede ser usado, conforme a las sugerencias de la comunidad, para reevaluar y rediseñar el sistema.



Este Compendio define saneamiento como un proceso de múltiples pasos, el excremento es llevado desde el punto de su generación hasta el punto de su uso o disposición final. Un sistema de saneamiento se compone de Productos (disposiciones finales) que viajan a través de Grupos Funcionales conformados por Tecnologías que pueden seleccionarse de acuerdo con el contexto. Un sistema de saneamiento también incluye el manejo, operación y mantenimiento (OyM) requeridos para asegurar que el sistema funcione de manera segura y sostenible. Al seleccionar una Tecnología para cada Producto de cada Grupo Funcional aplicable, se puede diseñar un sistema de saneamiento secuencialmente lógico.

El propósito de esta Parte es explicar claramente los Esquemas de Sistemas al describir en qué consisten, sus cualidades y cómo se tienen que usar.

Este Compendio describe nueve (9) diferentes Esquemas de Sistemas.

- Sistema 1: Sistema de Pozo Simple
- Sistema 2: Sistema Sin Agua con Pozos Alternos
- Sistema 3: Sistema de Arrastre Hidráulico con doble Pozo
- Sistema 4: Sistema Sin Agua con Separador de Orina
- Sistema 5: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Infiltración
- Sistema 6: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Alcantarillado
- Sistema 7: Sistema de Tratamiento (Semi)Centralizado
- Sistema 8: Sistema de Alcantarillado con Separador de Orina
- Sistema 9: Biogás con o sin Separador de Orina

Un Esquema de Sistema define una serie de combinaciones de Tecnologías compatibles con las cuales se puede diseñar un sistema. Cada Esquema es distinto en términos de las características y el número de Productos generados y procesados. Los Esquemas de Sistemas presentan combinaciones lógicas de Tecnologías, pero el planificador no debe perder una perspectiva racional de ingeniería. También debe señalarse que aunque este Compendio es extensivo, no es una lista exhaustiva de Tecnologías y/o sistemas asociados.

Aunque los Esquemas de Sistemas están predefinidos, el usuario del Compendio debe seleccionar la Tecnología apropiada entre las opciones presentadas. La elección es específica al contexto y debe hacerse en correspondencia al ambiente local (temperatura, precipitación pluvial, etc.),

cultural (de pedestal, placa turca, lavadores, limpiadores, etc.) y recursos (humanos y materiales).

Los esquemas de Sistemas del 1 al 9 abarcan desde soluciones simples (con pocas opciones de tecnologías y productos) a complejas (con múltiples opciones y productos). La primera sección de este capítulo define las partes de los Esquemas de Sistemas. Se explican Productos, Grupos Funcionales y Tecnologías.

La segunda parte de este capítulo explica cómo se pueden leer, entender y usar los Esquemas de Sistemas para construir un Sistema de Saneamiento funcional.

La sección final de este Capítulo presenta una descripción de cómo funciona el sistema, cuáles son las principales consideraciones, y para qué tipo de aplicaciones es apropiado ese sistema.



## Productos

Los Productos son materiales que también son llamados ‘desechos’ o ‘recursos’. Algunos productos son generados directamente por los humanos (p.ej. orina y heces), otros son requeridos en el funcionamiento de las Tecnologías (p. ej. agua de arrastre para mover las excretas por los alcantarillados) y algunos son generados como función de almacenamiento o tratamiento (p.ej. lodos fecales).

Para el diseño de un sistema de saneamiento robusto, es necesario definir todos los Productos que están fluyendo hacia (entradas) y fuera (salidas) de cada una de las Tecnologías sanitarias en el sistema. Los Productos referidos en este texto están descritos abajo.

**Orina** es el desecho líquido producido por el cuerpo para eliminar la urea y otros productos. En este contexto, el Producto orina se refiere a orina pura, que no está mezclada con heces o con agua. Dependiendo de la dieta, la orina humana recolectada en un año (aprox. 500l) contiene 2–4 kg de nitrógeno. Con la excepción de algunos casos raros, la orina es estéril cuando deja el cuerpo.

**Heces** se refiere a excremento (semisólido) sin adición de orina y/o agua. Cada persona produce aproximadamente 50 L por año de materia fecal. Del total de nutrientes excretados, las heces contienen en promedio cerca de 10% N, 30% P, 12% K y tiene  $10^7$ – $10^9$  coliformes fecales/100 ml.

**El agua de limpieza anal** es agua recolectada que ha sido usada para limpiarse después de defecar y/o orinar. Es sólo la porción de agua generada por el usuario para la limpieza anal y no incluye materiales secos. El volumen de agua recolectada durante la limpieza anal oscila entre 0.5 L hasta 3 L por limpieza.

**Aguas pluviales** es el término general para el agua de lluvia recolectada de techos, caminos y otras superficies antes de que fluya hacia terrenos más bajos. Es la porción de la lluvia que no se infiltra en el terreno.

**Aguas grises** son las aguas generadas al lavar alimentos, ropa y utensilios de cocina, así como de la regadera y la bañera. Pueden contener pequeñas cantidades de excremento y, por lo tanto, también contener patógenos. Las aguas grises abarcan aproximadamente el 60% de las aguas de disposición final producidas en las residencias con inodoros de agua. Contiene pocos patógenos y su contenido de nitrógeno es solo 10–20% del de las aguas negras.

**Agua de Arrastre** es el agua utilizada para transportar las excretas desde la interfase del Usuario a la siguiente tecnología. Puede ser agua cruda o tratada, agua de lluvia, aguas grises recicladas, o cualquier combinación de éstas puede usarse como fuente de Agua de Arrastre.

**Los Compuestos Orgánicos** son materiales orgánicos biodegradables. Aunque los otros Productos en este Compendio que contienen compuestos orgánicos, este término se refiere al material vegetal no digerido. Se deben agregar Compuestos orgánicos a algunas tecnologías para que puedan funcionar correctamente (p.ej. cámaras de compostaje). El Material orgánico degradable puede incluir entre otras cosas, hojas, hierba ó desechos de los mercados.

**Los Materiales Secos de Limpieza** pueden ser papel, mazorcas, trapos, piedras y/u otros materiales secos que son usados para la limpieza anal (en lugar de agua). Dependiendo del sistema, los materiales secos de limpieza pueden ser recolectados juntos con las heces o por separado. Aunque es muy importante, no hemos incluido un nombre de Producto diferente para la higiene menstrual, productos como toallas sanitarias y tampones. En general, aunque no siempre, deben ser tratados con los Materiales Secos de Limpieza que se describen aquí.

**Las Aguas Negras** son la mezcla de orina, heces y agua de arrastre junto con agua de limpieza anal y/o material seco de limpieza (p.ej. papel higiénico). Las Aguas Negras contienen todos los patógenos de las heces y todos los nutrientes de la orina, diluidos en agua de arrastre.

**Lodos Fecales** es el término general para los lodos primarios (o parcialmente digeridos) o los sólidos que resultan del almacenamiento de aguas negras o excrementos. La composición de los lodos fecales varía significativamente dependiendo de la ubicación, del contenido de agua, y del almacenamiento. Por ejemplo el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) puede oscilar entre 300 y 3000 mg/L mientras que los huevos de Helmintos pueden llegar a los 60,000 huevos/L. La composición determinará el tipo de tratamiento que es factible y las posibilidades de uso y disposición final.

**Lodos Tratados** es el término general para los lodos fecales parcialmente digeridos o completamente estabilizados. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) tiene criterios para diferenciar entre los grados

de tratamiento, y consecuentemente, cómo pueden ser utilizados esos diferentes tipos de lodos. El término 'Lodo Tratado' se usa para indicar el lodo que ha pasado por algún nivel de tratamiento, aunque no se debe asumir que esos 'Lodos Tratados' hayan sido tratados por completo o que ya sean automáticamente seguros. Su objetivo es el de indicar que los lodos han pasado por algún grado de tratamiento y ya no es materia prima. Es responsabilidad del planificador/formulador investigar sobre la composición, calidad y, por lo tanto, seguridad de los lodos tratados.

**Las Excretas** se componen de orina y heces que no se han mezclado con agua. Las excretas tienen un volumen reducido, donde se concentran tanto los nutrientes como los patógenos. Dependiendo de la consistencia de las heces, son sólidas, suave o líquidas.

**Las Aguas Cafés** consisten en heces y agua de arrastre (aunque en realidad siempre hay algo de orina, ya que sólo se desvía el 70–85% de la orina). Las aguas cafés son generadas por los retretes de arrastre hidráulico que desvían la orina, y, por lo tanto, el volumen depende de la cantidad de agua utilizada. La carga de patógenos y de nutrientes de las heces no se reduce, sólo se diluye por el agua.

**Las Heces Secas** son las heces que han sido deshidratadas por altas temperaturas (y alto pH) hasta que se convierten en un polvo seco desinfectado. Se da muy poca degradación durante la deshidratación y esto significa que las heces secas aún son ricas en material orgánico. El volumen de las heces se reduce un 75%. Hay un pequeño riesgo de que algunos organismos puedan reactivarse en los ambientes adecuados.

**La Orina Almacenada** es orina que ha sido hidrolizada de forma natural con el tiempo, p.ej. la urea se ha convertido por medio de enzimas en dióxido de carbono y amonio. La orina almacenada tiene un pH de aproximadamente 9. Después de 6 meses de almacenamiento, el riesgo de transmisión patógena, por posible contaminación fecal, se reduce considerablemente.

**Efluente Tratado** es el término general para el agua que ha pasado por algún nivel de tratamiento y/o separación de sólidos. Se origina ya sea en la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento o en una de Tratamiento (Semi)Centralizado. Dependiendo del tipo de

tratamiento, el efluente puede estar completamente desinfectado o puede requerir tratamiento adicional antes de poder ser usado o para su disposición final.

**Composta/EcoHumus** es el material café/negro terroso que resulta de la materia orgánica descompuesta. Generalmente la Composta/EcoHumus está suficientemente desinfectada como para usarla de manera segura en la agricultura. Debido a la filtración, algunos nutrientes se pierden, pero el material aún es rico en nutrientes y materia orgánica.

**Biogás** es el nombre común para la mezcla de gases liberados por la digestión anaeróbica. De manera típica el biogás se compone de metano (50–75%) dióxido de carbono (25–50%) y una cantidad variable de nitrógeno, sulfuro de hidrógeno, agua y otros componentes.

**Forraje** se refiere a las plantas acuáticas o de otro tipo que crecen en camas secas o humedales artificiales y pueden ser cosechadas para alimentar al ganado.

Este Compendio está enfocado principalmente a los sistemas y Tecnologías de Saneamiento directamente relacionadas con las excretas y no contempla casos específicos de manejo de aguas grises o aguas pluviales pero muestra dónde pueden ser tratadas junto con las excretas. Así, aunque las aguas grises y las aguas pluviales se muestran como Productos en los Esquemas de Sistemas, las Tecnologías relacionadas no se describen a detalle. Para un resumen más amplio dedicado a las Tecnologías de aguas grises, refiérase a la siguiente fuente:

— Morel A. and Diener S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. Available free for download: [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)

## Grupos Funcionales

Un **Grupo Funcional** es un grupo de tecnologías que realizan una función semejante. Se presentan cinco (5) Grupos Funcionales entre los cuales se seleccionan las tecnologías a utilizar para el diseño y construcción de un sistema de saneamiento. No es necesario que un Producto pase por una tecnología de cada Grupo Funcional; sin embargo, el orden de los Grupos Funcionales debe usualmente mantenerse sin importar cuántos de ellos se incluyen en el sistema de saneamiento. También, cada Grupo Funcional tiene un color distintivo; las tecnologías dentro de un Grupo Funcional comparten el mismo código de color de manera que son fácilmente identificables.

Los cinco (5) Grupos Funcionales son:

**U** **Interfase de Usuario** (Tecnologías U1–U6): Rojo

**S** **Recolección y Almacenamiento/Tratamiento** (Tecnologías S1–S12): Naranja

**C** **Transporte** (Tecnologías C1–C8): Amarillo

**T** **Tratamiento (Semi)Centralizado** (Tecnologías T1–T15): Verde

**D** **Uso y/o Disposición Final.** (Tecnologías D1–D13): Azul

Cada tecnología dentro de un Grupo Funcional tiene asignado un código de referencia con una letra y un número; la letra corresponde al Grupo Funcional (p.ej. U para Interfase de Usuario) y el número, de menor a mayor, indica aproximadamente la magnitud en recursos (p.ej. económicos, materiales y humanos) de la tecnología.

**U** **Interfase de Usuario (U)** describe el tipo de retrete: de pedestal, placa turca, o urinario con que las personas entra en contacto; es la forma en que éstas tienen acceso al sistema de saneamiento. En varios casos, la selección de la tecnología en la interfase de Usuario dependerá de la disponibilidad de agua. Es importante hacer notar que las aguas grises y las aguas pluviales no se originan en la interfase del Usuario, pero pueden ser tratadas junto con los Productos que se originan en la Interfase del Usuario.

**S** **Recolección y Almacenamiento/Tratamiento (S)** describe las formas de recolección, almacenamiento, y a veces el tratamiento de los Productos que se generan en la Interfase del Usuario.

El tratamiento que proporcionan estas tecnologías es a menudo una función de almacenamiento y es usualmente pasivo (p.ej. sin aporte de energía). Por lo tanto, los Productos tratados por estas Tecnologías a menudo requieren tratamiento adicional antes de su uso o disposición final.

**C** **Transporte (C)** describe el transporte de Productos desde un Grupo Funcional a otro. Aunque hay Productos que pueden requerir ser transportados de varias maneras entre Grupos Funcionales, el recorrido más largo y más importante está entre la Recolección y Almacenamiento/Tratamiento, y el Tratamiento (Semi) Centralizado; por lo tanto, para simplificar, el transporte se limita a transportar productos en este punto.

**T** **Tratamiento (Semi)Centralizado (T)** se refiere a Tecnologías de tratamiento que son generalmente apropiadas para grupos grandes de usuarios (p.ej. viviendas múltiples). La operación, el mantenimiento y los requerimientos de energía para las Tecnologías dentro de este Grupo Funcional son más intensivos. Las Tecnologías están divididas en 2 grupos: Las Tecnologías T1–T10 son específicamente para el tratamiento de aguas negras, mientras que las Tecnologías T11–T15 son particularmente para el tratamiento de lodos.

**D** **Uso y/o Disposición final (D)** se refiere a los métodos en los cuales los Productos son finalmente regresados al medio ambiente ya sea como recursos útiles o como materiales de riesgo reducido. Adicionalmente, los Productos pueden ser reciclados en el sistema (p.ej. el uso de aguas grises tratadas para el retrete).

## Tecnologías

Las Tecnologías se definen como la infraestructura específica, los métodos o servicios que están diseñados para contener, transformar, o transportar los Productos a otro Grupo Funcional. Hay entre 6 y 15 diferentes tecnologías en cada Grupo Funcional. Las Descripciones Tecnológicas presentadas en la Parte 2 proporcionan una descripción detallada de cada tecnología identificada en cada Esquema de Sistemas.

## Uso de los Esquemas de Sistemas

Cada sistema es una matriz de **Grupos Funcionales** (columnas) y **Productos** ( renglones) que están relacionados y conectados bajo una secuencia lógica. Donde existen estas conexiones lógicas, se presenta una selección de Tecnología (p.ej. para un cierto Producto ( renglón) que se intersecta un Grupo Funcional específico (columna)).

Cada Grupo Funcional tiene un código de color y el mismo código se usa dentro de un Esquema de Sistemas. Para facilitar una referencia eficiente entre Esquemas de Sistema y Descripciones Tecnológicas, las Tecnologías dentro de cada Grupo Funcional adoptan el mismo código de color. El código de color para cada Grupo Funcional dentro de un Esquema de Sistemas se presenta abajo en la Figura 2.

La Figura 3 es un ejemplo de un Esquema de Sistemas. Un recuadro resaltado con código de color indica una selección de Tecnología dentro de un Grupo Funcional dado. El Esquema de Sistemas muestra cómo tres Productos

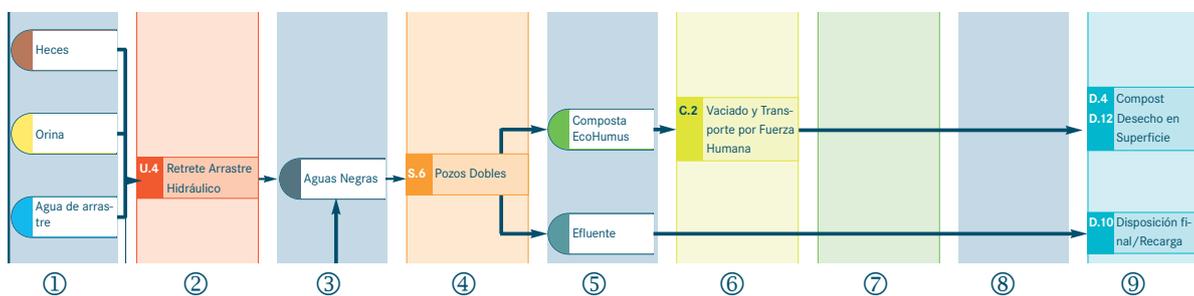
(Heces, Orina y Agua de arrastre) entran en una Interfaz de Usuario (Retrete con arrastre hidráulico y a veces un Urinario) y sale como Aguas Negras. Las aguas negras entran en el Grupo Funcional de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento y se transforma dentro de los Pozos Gemelos para retrete con cierre hidráulico en Composta/EcoHumus y Efluente. La Composta/EcoHumus es transportada (por personas) a un punto final de uso y el Efluente es absorbido por el terreno (Disposición final/Recarga).

Las líneas resaltadas con flechas se usan para conectar los Grupos Funcionales más apropiados para un Producto dado. Las líneas delgadas indican otras posibles rutas, pero que no siempre son comunes o recomendadas (ver Figura 4).

Figura 2. Encabezado de Esquema de Sistemas con código de color para los Grupos Funcionales.

Entradas Productos	<b>U</b> Interfase de Usuario	Entradas/Salidas Productos	<b>S</b> Recolección y Almacenamiento/Tratamiento	Entradas/Salidas Productos	<b>C</b> Transporte	<b>T</b> Tratamiento (Semi)Centralizado	Entradas/Salidas Productos	<b>D</b> Uso y/o Desecho
--------------------	-------------------------------	----------------------------	---	----------------------------	---------------------	---	----------------------------	--------------------------

Figura 3. Esquema de Sistemas: cómo ingresan las entradas a los Grupos Funcionales y son transformadas.



① Tres Entradas (Heces, Orina y Agua de arrastre) entran en ② Grupo Funcional U “Interfase de Usuario” (Retrete con arrastre hidráulico). Las Aguas Negras generadas ③ entran entonces en ④ Grupo Funcional S “Recolección y Almacenamiento/Tratamiento” (Pozos Gemelos para Retrete con arrastre hidráulico) y es transformado en ⑤ Composta/EcoHumus y Efluente. La Composta/EcoHumus entra en ⑥ Grupo Funcional C “Transporte” (Vaciado y Transporte por Medios Humanos) y salta ⑦ Grupo Funcional T “Tratamiento (Semi)Centralizado” sin tratamiento y sin ⑧ Entradas/Salidas adicionales. La Composta/EcoHumus es transportada directamente al ⑨ Grupo Funcional final D “Uso y/o Disposición final” (Composta/Eco-Humus, Disposición final en Superficie).

El ⑤ Efluente no ingresa en ⑥ Grupo Funcional C ni en ⑦ Grupo Funcional T (por lo tanto no hay ⑧ Entradas/Salidas) y el Efluente es descargado directamente en ⑨ Grupo Funcional D (Disposición final/Recarga).

Aunque las combinaciones más lógicas se presentan aquí, las Tecnologías y los vínculos asociados no son exhaustivos. El diseñador deberá intentar minimizar la redundancia, optimizar la infraestructura existente y hacer uso de los recursos locales.

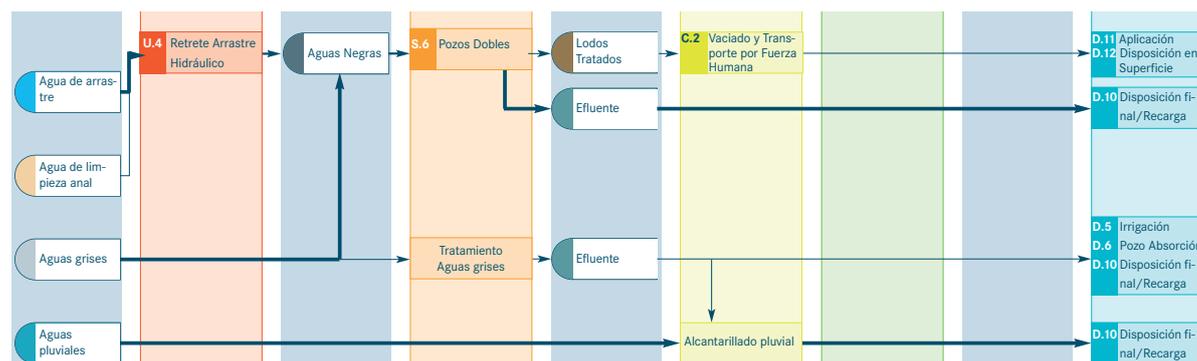
Esta metodología debe ser seguida para cada área (región o zona de planeación) a considerar. Sin embargo, cualquier número de sistemas pueden ser seleccionados y no es necesario que cada casa, complejo o comunidad dentro del área elija las mismas tecnologías. Algunas Tecnologías puede ser que estén siendo utilizadas en un contexto particular; en ese caso, el objetivo de los planificadores e ingenieros será optimizar la infraestructura existente y reducir las redundancias pero manteniendo la flexibilidad, con la satisfacción del usuario como objetivo primordial.

### Pasos para elegir un Esquema de Sistemas:

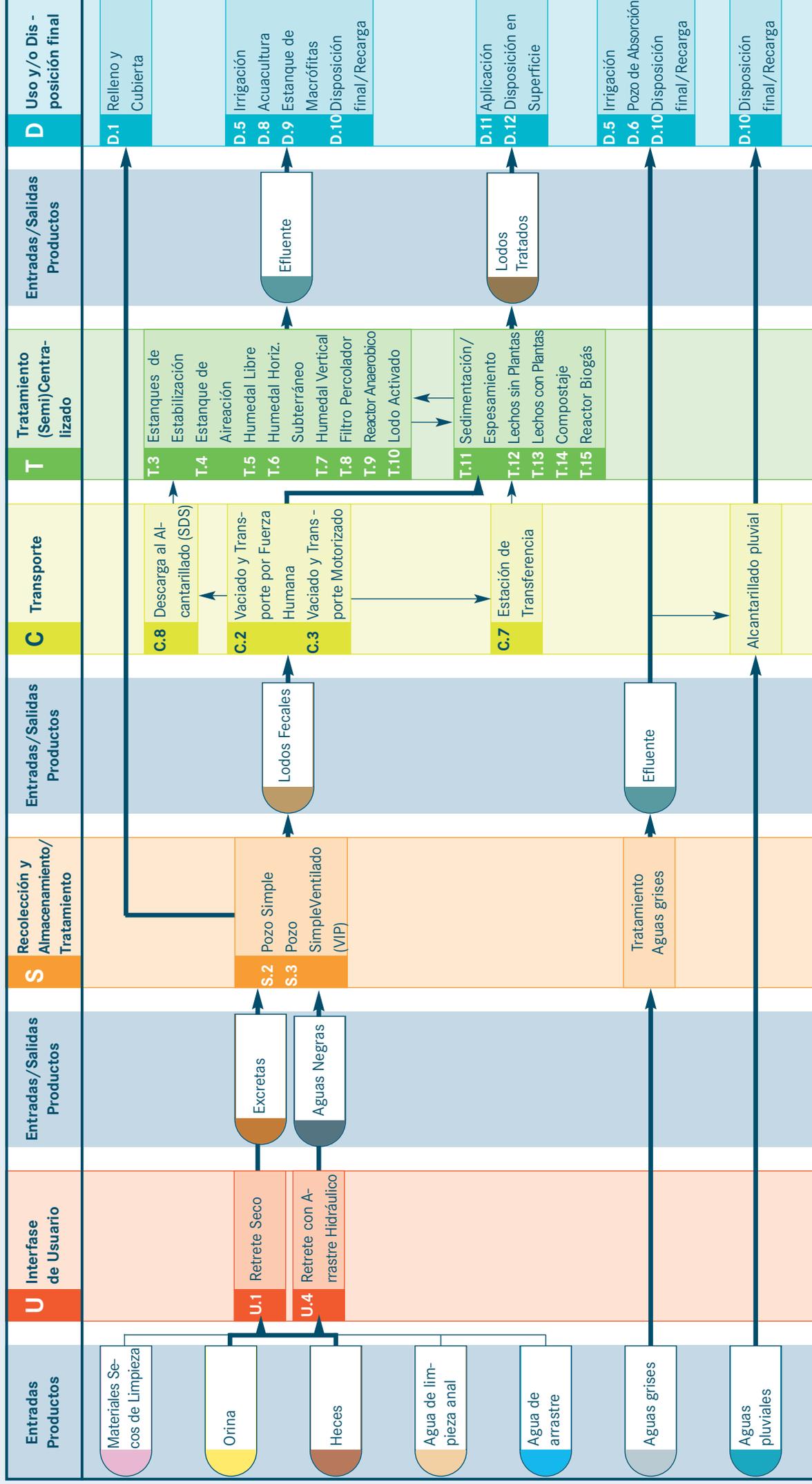
- Identificar los Productos que son generados y/o están disponibles localmente (p.ej. Agua de Limpieza Anal y Agua del Tanque).
- Identificar los Esquemas de Sistemas que procesan los Productos definidos.
- Para cada Esquema, seleccionar una Tecnología de cada Grupo Funcional. (recuadro de color resaltado); la serie de Tecnologías constituye un Sistema.
- Comparar los sistemas y cambiar Tecnologías individuales de manera iterativa o usar un Esquema de Sistemas diferente basada en las prioridades del usuario, restricciones económicas, y factibilidad técnica.

> Los nueve Esquemas de Sistemas se presentan y describen en las páginas siguientes. Cada Esquema de Sistema se explica a detalle.

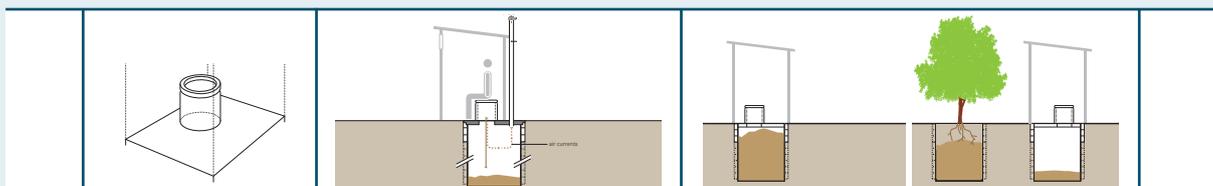
Figura 4. Las líneas resaltadas con flechas se usan para ligar los Grupos Funcionales más apropiados para una Entrada o Salida dadas. Las líneas delgadas indican otros posibles flujos.



# Sistema de Saneamiento 1: Sistema de Pozo Simple



## Sistema 1: Sistema de Pozo Simple



Este sistema se basa en el uso de un pozo simple para recolectar y almacenar las excretas. El sistema se puede usar con o sin Agua de Arrastre dependiendo de la Interfase de Usuario.

Las Entradas al sistema pueden incluir Orina, Heces, Agua de Limpieza Anal, Agua de Arrastre y Materiales Secos de Limpieza. El uso de Agua de Arrastre y/o Agua de Limpieza Anal dependerá de la disponibilidad de agua y las costumbres locales.

Hay dos Interfases de Usuario diferentes para este sistema, un Retrete Seco (U1) o un Retrete con arrastre hidráulico (U4) La Interfase de Usuario está directamente conectada con una Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento: un Pozo Simple (S2) o un Pozo Mejorado Ventilado Simple (VIP) (S3).

Hay varias opciones para cuando se llene el pozo. Si hay espacio, el pozo se puede rellenar con tierra y plantar un árbol, como en Rellenar y Cubrir (D1), y construir un nuevo pozo. Generalmente esto es posible sólo cuando la superestructura es móvil. De manera alternativa, los Lodos Fecales que se generan de la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento, pueden ser sacados y transportados para tratamiento adicional. Las Tecnologías de Transporte que pueden usarse incluyen Vaciado y Transporte por Medios Humanos para lodos sólidos (C2) o Motorizado para lodos líquidos (C3). Cuando el Lodo Fecal es más ligero, debe ser vaciado con un camión con sistema de recogida al vacío. Como el lodo fecal es altamente patógeno antes de su tratamiento, el contacto humano y las aplicaciones agrícolas deben evitarse. Cuando no es factible vaciar todo el pozo, el Tratamiento (Semi)Centralizado puede ser omitido y el pozo puede ser rellenado y cubierto con un material adecuado para sellarlo (Relleno y Cubierta: D1). En el pozo sellado puede ser plantado un árbol frutal, o floral ya que se desarrollará en un suelo altamente nutritivo. Los lodos fecales que son removidos pueden ser transportados a unas instalaciones de tratamiento de Lodos Fecales (Tecnologías T11 a T15). En el caso de que las instalaciones de tratamiento no sean fácilmente accesibles, los Lodos Fecales pueden ser descargados ya sea en una Estación de Descarga de Alcantarillado (C8) o una Estación de Transferencia (C7). De la Estación de Descarga del Alcantarillado, los Lodos Fecales son Transportados por el alcantarillado y son tratados conjuntamente con el flujo de Aguas Negras en la red de alcantarillado (Tecnologías T1 a T10). Los Lodos Fecales de la estación de Descarga de Alcantarillado son liberados directamente en el alcantarillado o en intervalos regulares.

Si los lodos se vacían directamente en el alcantarillado, debe haber suficiente agua para diluir y transportar adecuadamente los lodos a las instalaciones de tratamiento. De la Estación de Tratamiento los Lodos Fecales deben ser transportados a unas instalaciones dedicadas de tratamiento de Lodos Fecales (Tecnologías T11 a T15) por un vehículo motorizado (C3).

Todas las Tecnologías de Tratamiento (Semi)Centralizado, T1 a T15, producen tanto Efluente como Lodos Fecales, los cuales requieren tratamiento adicional antes de su Uso y/o Disposición final. Las Tecnologías para el Uso y/o Disposición final del Efluente tratado incluyen la Irrigación (D5), la Acuicultura (D8), Estanque de Macrófitas (D9) o Descarga a un cuerpo de agua o Recarga de Acuíferos (D10).

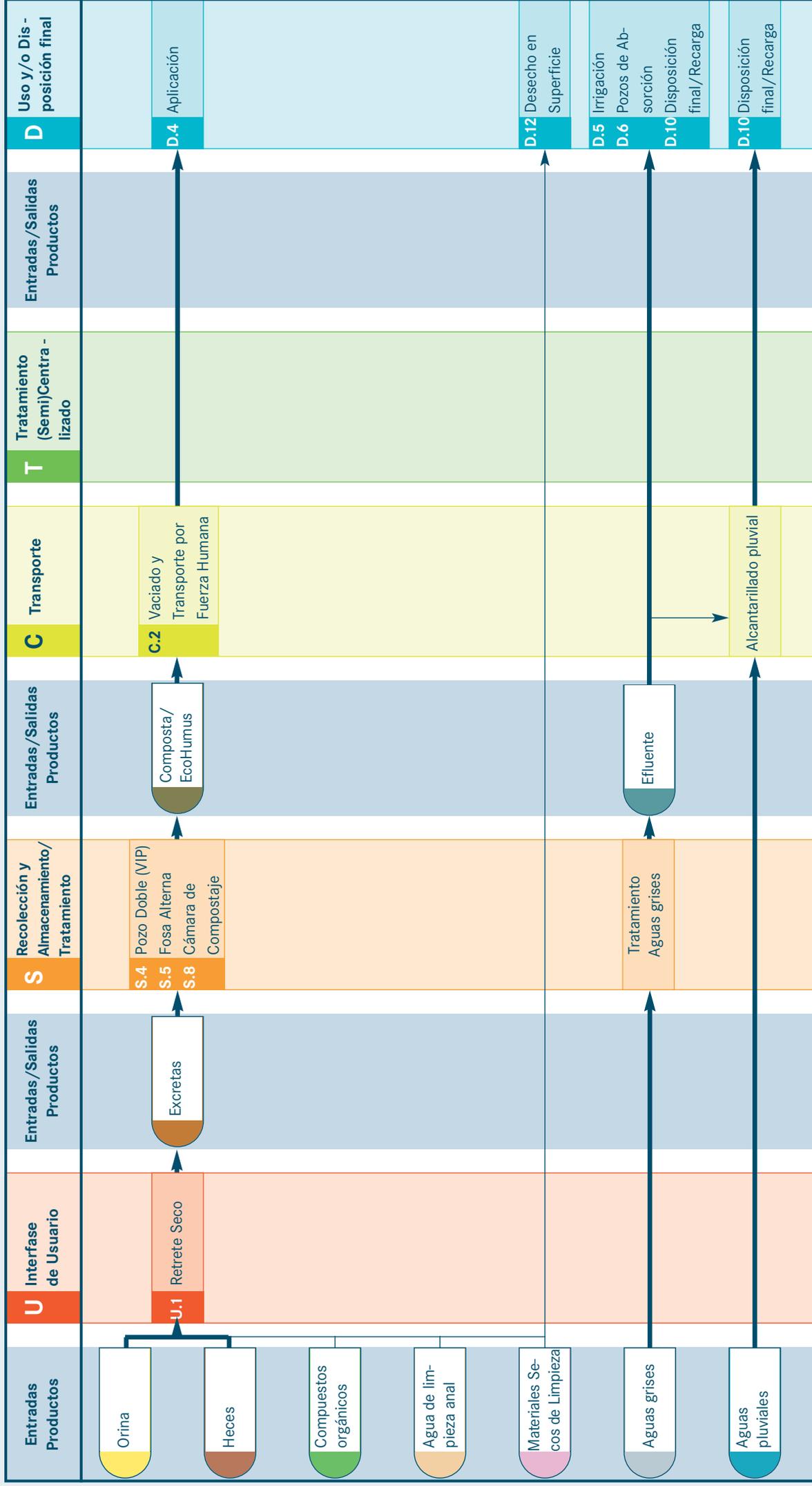
**Consideraciones** Este sistema es más adecuado para las áreas rurales y periurbanas donde hay terrenos apropiados para excavar y que se absorba el Efluente del pozo. El sistema se debe elegir sólo donde haya espacio para continuamente excavar nuevos pozos o cuando haya una forma adecuada de vaciar el pozo y desechar los Lodos Fecales. En asentamientos urbanos densos, puede no haber transporte suficiente o acceso para vaciar o moverse a otros pozos. Este sistema también es aconsejable para las áreas que no están propensas a fuertes lluvias o inundaciones, lo que podría provocar que se desborden los pozos. Algo de Aguas Grises en el pozo pueden ayudar a la degradación, pero adición excesiva de Aguas Grises pueden acortar la vida del pozo.

Aunque son comunes diferentes tipos de pozos en la mayor parte del mundo, aún es muy raro encontrar un sistema de pozos bien diseñado, con transporte, tratamiento y uso o disposición final adecuados.

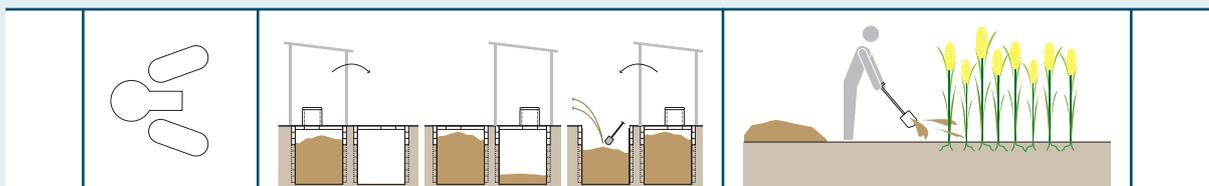
Este sistema es uno de los más económicos en su construcción (costo de capital). Sin embargo, los costos de mantenimiento pueden ser considerables, dependiendo de la profundidad del pozo y la frecuencia de vaciado. Si el terreno es apropiado, p.ej. buena capacidad de absorción, el pozo puede ser cavado muy profundo (p.ej. más de 5 m) y puede ser usado por varios años (hasta 30 años) sin ser vaciado.

Todos los tipos de materiales de limpieza sólidos pueden ser desechados en el pozo, aunque pueden acortar la vida del pozo y hacer que su vaciado sea más difícil. Siempre que sea posible, los materiales sólidos de limpieza deben ser desechados aparte.

## Sistema de Saneamiento 2: Sistema Sin Agua con Pozos Alternos



## Sistema 2: Sistema Sin Agua con Pozos Alternos



Este sistema está diseñado para producir un material denso, semejante a la composta por medio del uso de pozos alternos sin la adición de Agua de arrastre.

Las Entradas al sistema pueden incluir Orina, Heces, Compuestos orgánicos, Agua de Limpieza Anal y Materiales Secos de Limpieza.

Un Retrete Seco (U1) es la única Interfase de Usuario recomendada para este sistema. Un Retrete Seco no requiere agua para funcionar y de hecho, no debe agregarse agua al sistema; el Agua de Limpieza Anal se debe mantener al mínimo o incluso debe ser excluida de este sistema si es posible. Dependiendo de la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento, los Materiales Secos de Limpieza se pueden agregar al pozo, de otra forma, deben ser recolectados por separado y transferidos directamente para su disposición final (D12).

Las excretas se producen en la Interfase del Usuario. La Interfase de Usuario está directamente conectada con una Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento: una doble VIP (S4), una Fosa Alterna (S5) o una Cámara de Compostaje (S8). Al alternar los pozos el material puede drenarse, degradarse y transformarse en un material húmico rico en nutrientes y mejorado higiénicamente que puede ser usado o desechado con seguridad. Mientras un pozo se está llenando con las excretas (y potencialmente material orgánico), el otro pozo se mantiene fuera de servicio. Cuando el primer pozo está lleno, es cubierto y puesto fuera de servicio temporalmente. Cuando las excretas del primer pozo son drenadas y degradadas, se vacía y se vuelve a poner en servicio. El Segundo pozo recolecta las excretas hasta que se llena, es cubierto y puesto fuera de servicio y el ciclo se repite indefinidamente. Aunque una 'Cámara de Compostaje' no es estrictamente una Tecnología de pozos alternos, puede tener varias cámaras y produce un Producto de composta seguro y utilizable. Por estas razones es incluido en este Esquema de Sistemas.

La Composta/EcoHumus que se genera de la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento puede ser sacada y transportada manualmente para su Uso y/o Disposición final usando una Tecnología de Transporte por Medios Humanos (C2) Como ha experimentado una degradación significativa, el material húmico es bastante seguro en su manejo y uso en la agricultura. Si hay dudas sobre su calidad, puede ser tratado adicionalmente en unas instalaciones dedicadas a producción de composta pero no se requiere transportar la Composta/EcoHumus a unas insta-

laciones de tratamiento (Semi)Centralizadas ya que la descomposición de las excretas se da in situ.

Para el Uso y/o Disposición final de la Composta/EcoHumus, se utiliza la Tecnología de Aplicación de Composta/EcoHumus (D4).

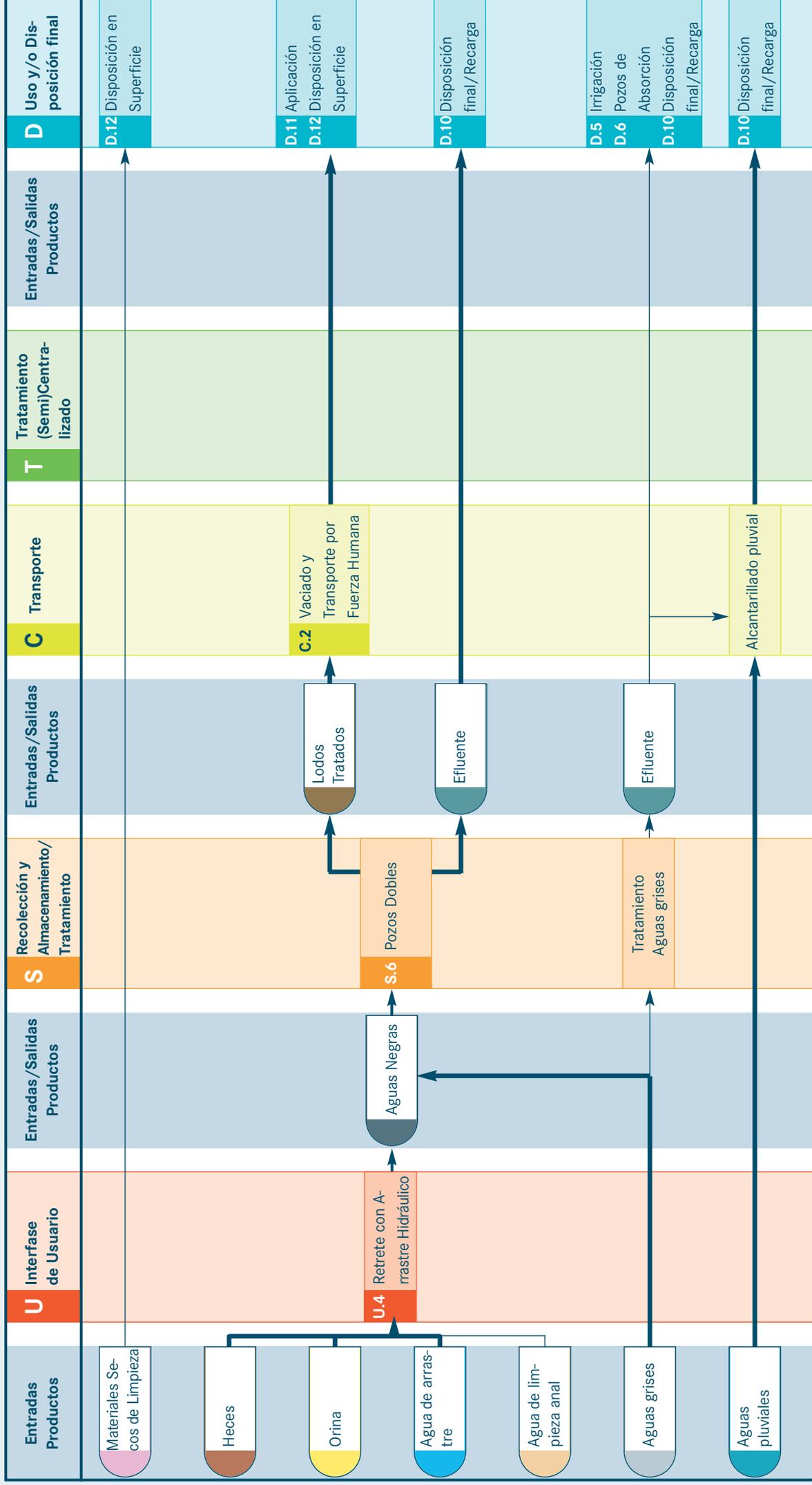
Este sistema es diferente del Sistema 1 por las opciones de Transportación y Uso y/o Disposición final: en el sistema anterior, los lodos requieren tratamiento adicional antes de ser usados, mientras que la Composta/EcoHumus producida en este sistema está lista para su Uso y/o Disposición final después de la Recolección y Almacenamiento/Tratamiento.

**Consideraciones** Como el sistema es permanente y puede ser usado indefinidamente (a diferencia de algunos pozos simples, que pueden ser rellenos y cubiertos), puede ser usado donde el espacio es limitado. Adicionalmente, como el Producto debe ser sacado manualmente, este sistema es apropiado para áreas densas que no tienen acceso a camiones de vaciado mecánico.

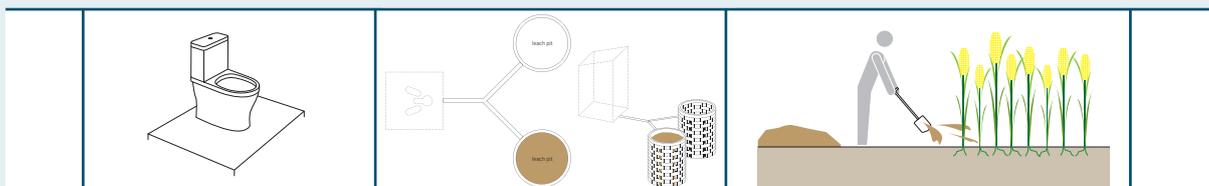
El éxito de este sistema depende de un prolongado período de almacenamiento. Si se dispone de una fuente continua y adecuada de tierra, ceniza o material orgánico (hojas, recorte de pastos, cáscaras de coco o arroz, viruta de madera, etc.), el proceso de descomposición se mejora y el periodo de almacenamiento se puede reducir. El periodo de almacenamiento se puede minimizar si el material del pozo se mantiene ventilado y con poca humedad. Por lo tanto, las Aguas Grises se deben recolectar y tratar por separado. Demasiada humedad en el pozo llenará los espacios vacíos y privará de oxígeno a los microbios, lo cual dañará el proceso de degradación.

Este sistema es especialmente adecuado para las áreas con poca agua y donde hay oportunidad de usar el material húmico. Los materiales secos de limpieza se pueden desear en el pozo/cámara, especialmente si son a base de Carbono (p.ej. papel higiénico, papel periódico, mazorcas, etc.) ya que pueden ayudar con la degradación y el flujo de aire.

## Sistema de Saneamiento 3: Sistema de Arrastre Hidráulico con Pozos Dobles



## Sistema 3: Sistema de Arrastre Hidráulico con Pozos Dobles



Este es un sistema a base de agua que utiliza un Retrete con Arrastre Hidráulico (de Pedestal o Placa Turca) para producir un Producto parcialmente digerido semejante al humus, que puede ser usado para mejorar terrenos. Si no se cuenta con agua, favor de referirse a los Sistemas 1, 2 y 4. Las Aguas Grises pueden ser incorporadas en el sistema y no requieren tratamiento separado.

Las Entradas al sistema pueden incluir Heces, Orina, Agua de Arrastre, Agua de Limpieza Anal, Materiales Secos de Limpieza y Aguas Grises.

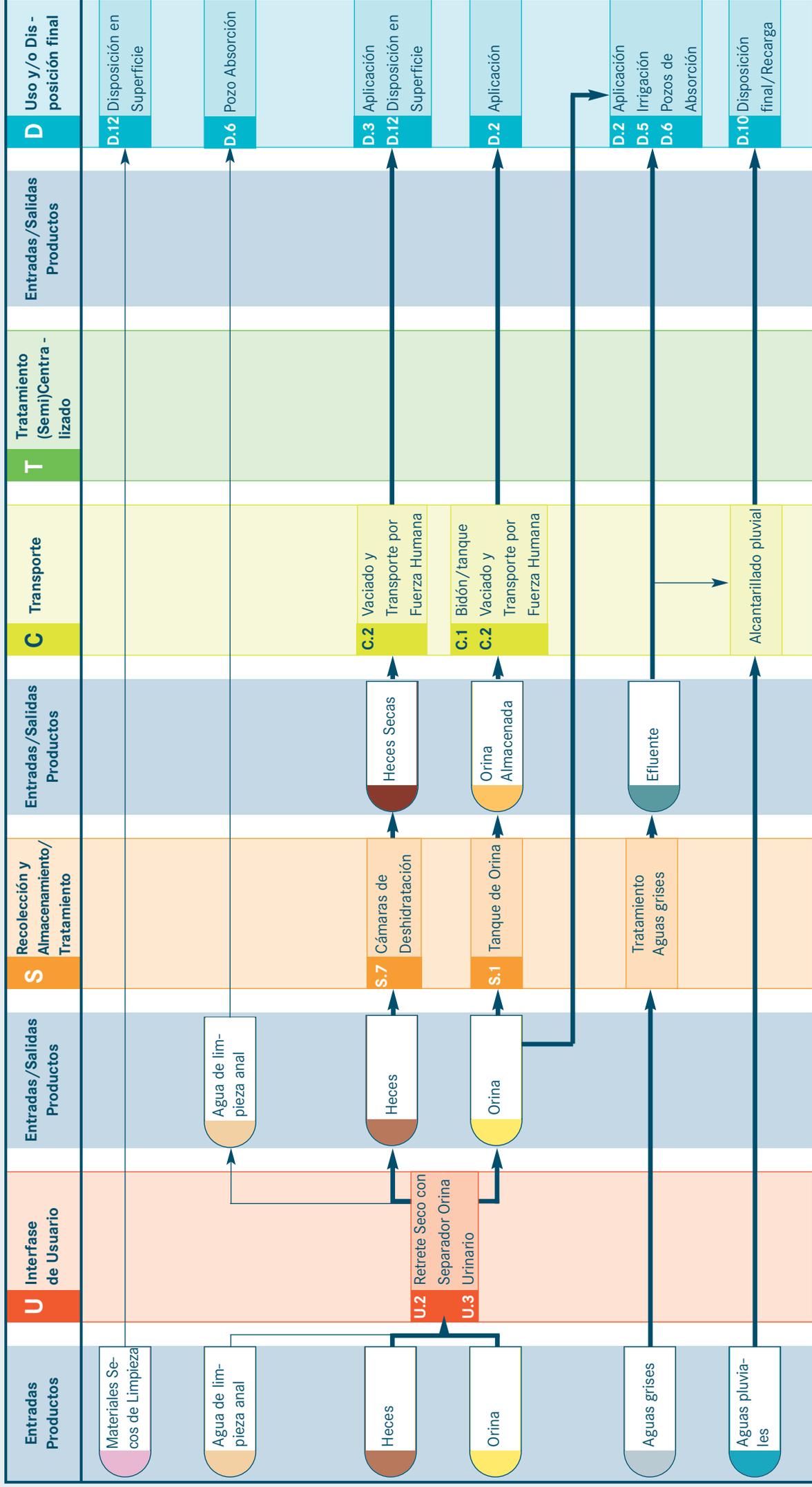
La Tecnología de Interfase de Usuario para este sistema es un Retrete con arrastre hidráulico (U4). Un Urinario (U3) solo se debe usar de manera adicional y no para reemplazar al Retrete con Arrastre Hidráulico. Una de las Tecnologías usadas para la Recolección y Almacenamiento/Tratamiento de las Aguas Negras de la Interfase de Usuario es la de los Pozos doble para (S6). Los Pozos están contruidos con un material poroso que permite que el Efluente se infiltre al terreno mientras los sólidos se acumulan y degradan en el fondo del pozo. Mientras uno de los pozos se llena con Aguas Negras, el otro pozo está fuera de servicio. En otras palabras, cuando se llena el primer pozo, es cubierto y fuera de servicio temporalmente. Debe tomar por lo menos dos (2) años llenar un pozo. Cuando se llena el Segundo pozo, se reabre el primer pozo y se saca el contenido. Los Lodos Tratados que se generan en el pozo después de dos (2) años se sacan y se transportan para su Uso y/o Disposición final manual usando una Tecnología de Transporte de Medios Humanos (C2). Como ha experimentado una degradación significativa, no es tan patogénico como los lodos primarios sin digerir. No hay necesidad de transportar los lodos tratados a unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado ya que el tratamiento de Aguas Negras se hace in situ.

Los Materiales Secos de Limpieza pueden tapar el pozo y evitar que el agua se infiltre al terreno y por lo tanto se deben recolectar por separado y transferirse para su Disposición final en Superficie (D12).

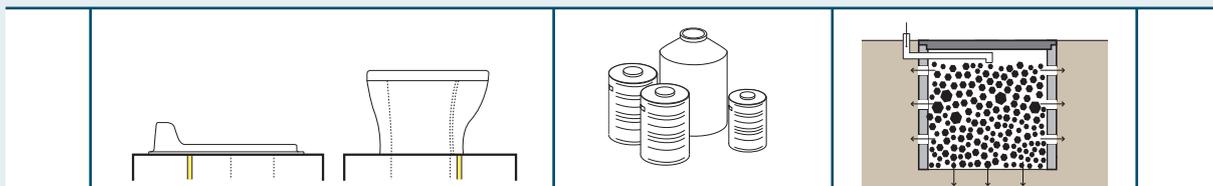
Para el componente de Uso y/o Disposición final de el Esquema de Sistemas, se usa la Tecnología de Aplicación de Lodos (D11). El Efluente de los Pozos Dobles (S6) se infiltra directamente en el terreno (D10) in situ para cada pozo. Por lo tanto, este sistema sólo debe ser instalado donde el nivel freático del acuífero se encuentra por debajo de los Pozos a fin de evitar los riesgos por contaminación.

**Consideraciones** Dependiendo de la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento elegida, el sistema dependerá de diferentes criterios. En el caso de pozos dobles, el sistema dependerá de un terreno que pueda absorber humedad de manera continua y adecuada, los terrenos de arcilla o densamente compactados no son apropiados. El material debe ser removido de manera segura y utilizable, aunque la tarea de removerlo, transportarlo y usarlo puede no ser favorable en algunas circunstancias. Este sistema es aconsejable para la limpieza anal con agua. Los materiales de limpieza anal se deben desechar por separado porque pueden fácilmente tapar el pozo o el reactor (D12).

## Sistema de Saneamiento 4: Sistema Sin Agua con Separador de Orina



## Sistema 4: Sistema Sin Agua con Separador de Orina



El sistema está diseñado para separar la Orina y las Heces para permitir que las Heces se saneen al deshidrarse mientras se recupera la Orina para usos benéficos. El sistema se puede usar en cualquier lugar, pero es particularmente adecuado para áreas rocosas donde la excavación es difícil, donde el nivel freático es alto, o en regiones con escasez de agua.

Las Entradas al sistema pueden incluir Heces, Orina, Agua de Limpieza Anal y Materiales Secos de Limpieza.

Hay dos Tecnologías de Interfase de Usuario para este sistema: un Retrete Seco con Separador de Orina (UDDT = Urine Diverting Dry Toilet) (U2) o un Urinario (U3). Los UDDTs con un tercer desvío para el Agua de Limpieza Anal no son comunes, pero se pueden fabricar localmente o ser ordenados dependiendo de las costumbres locales de aseo. Los materiales secos de limpieza no dañan al sistema, pero deben ser recolectados por separado del UDDT (U2) y ser directamente transferidos para su Disposición final en Superficie del terreno (D12).

Las Cámaras de Deshidratación Dobles (S7) son usadas para la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento para las Heces. También es factible coleccionar las heces en recipientes intercambiables, como barriles, baldes o sacos. El Agua de Limpieza Anal nunca debe ser puesta en las Cámaras de Deshidratación, pero se le puede desviar y poner en un Pozo de Absorción (D6). Cuando se almacenan las Heces en Cámaras, se les debe mantener tan secas como sea posible para favorecer la deshidratación e higienización. Por lo tanto, las cámaras deben ser impermeables y se debe tener cuidado de asegurar que no se introduzca agua durante la limpieza.

También es importante el aporte continuo de cenizas, aserrín, cáscara de arroz, cal o tierra seca (o la mezcla de éstos) para cubrir las heces, para minimizar los olores y establecer una barrera entre las Heces y vectores potenciales (ej: moscas). El incremento del pH, al agregar cenizas o cal, también ayudará a matar los organismos. Se requiere un sistema separado de Aguas Grises, ya que no se les debe introducir en las Cámaras de Deshidratación y de preferencia tampoco en el Pozo de Absorción (D6).

La Orina se puede aprovechar como fertilizante fácilmente y sin riesgo en el ambiente, porque es generada en volúmenes relativamente bajos y es casi estéril. La Orina se puede desviar directamente al terreno para su Uso y/o Disposición final como Aplicación de Tierra (D2), Irrigación (D5)

o infiltración del terreno por medio de un Pozo de Absorción (D6). Los Tanques de Almacenamiento (S1) se pueden usar para la Recolección y Almacenamiento/Tratamiento de la Orina.

Las Heces Secas que se generan de la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento pueden ser sacadas y transportadas para su Uso y/o Disposición final. La Tecnología de Transporte que se puede usar es por Medios Humanos (C2).

Las Heces secas representan un bajo riesgo para los humanos. La Orina Almacenada se puede transportar para su Uso y/o Disposición final, ya sea por Bidón (C1) o por Tecnologías Motorizadas (C3).

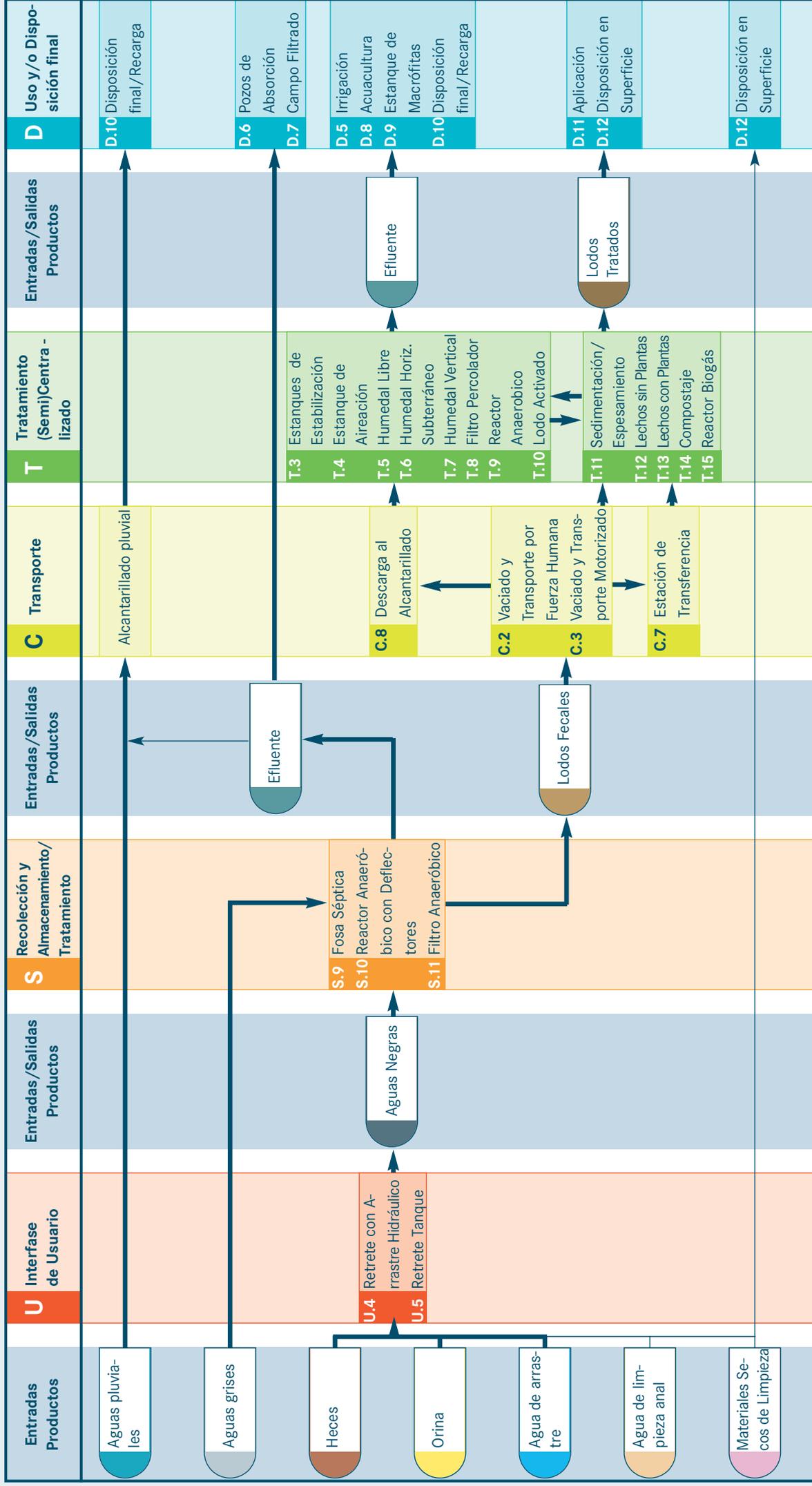
La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado guías para el uso seguro de las excretas, Lodos Fecales y Orina y están referenciadas en las Descripciones de Información Tecnológica relevantes.

**Consideraciones** El éxito de este sistema depende de la eficiente separación de la orina y las heces, así como del uso de un agente conveniente de secado; un clima cálido y seco puede también contribuir considerablemente a la rápida deshidratación de las heces. El sistema se puede usar sin importar la aceptación del uso de la Orina por parte de los usuarios; se puede adecuar a las necesidades agrícolas y culturales de las personas .

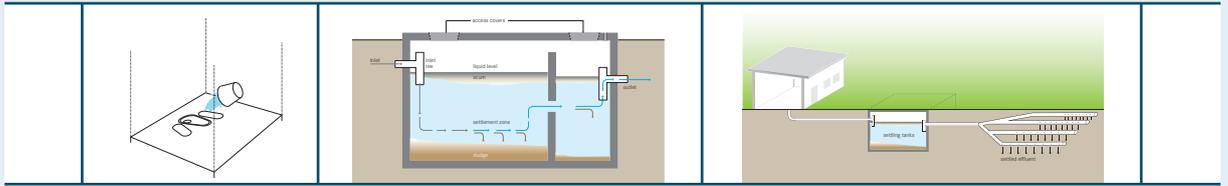
Se pueden usar todos los tipos de materiales sólidos de limpieza, aunque se deben desechar por separado. El Agua de Limpieza Anal se debe separar de las heces, aunque se la puede mezclar con la Orina antes de ser transferida al Pozo de Absorción (no mostrado en el Esquema de Sistemas). Si la Orina es usada en la agricultura, el Agua de Limpieza Anal se debe mantener separada y debe ser tratada junto con las Aguas Grises.

- Los usuarios necesitan aprender a usar una nueva interfaz, lo cual en general no involucra más trabajo que el muy conocido inodoro de agua.
- Es primordial educar a los usuarios sobre los beneficios y adecuado manejo, y que participen en la decisión de aplicar esta opción.
- La destrucción de patógenos fecales es más segura, dado el largo tiempo de retención en condiciones secas y aeróbicas, totalmente diferentes a las condiciones húmedas y anaeróbicas del interior de las tripas humanas.

## Sistema de Saneamiento 5: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Infiltración



## Sistema 5: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Infiltración



Este es un sistema a base de agua que requiere un retrete de tanque y una Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento que sea apropiada para almacenar grandes cantidades de agua.

Las Entradas al sistema pueden incluir Heces, Orina, Agua de Arrastre, Agua de Limpieza Anal, Materiales Secos de Limpieza y Aguas Grises.

Hay dos Tecnologías de Interfase de Usuario que se pueden usar en este sistema: un Retrete con Arrastre Hidráulico (U4) o un Retrete de Tanque (U5). En el caso que los Materiales Secos de Limpieza sean recolectados por separado, éstos pueden transferirse directamente para su Disposición final en Superficie (D12)

La Interfase de Usuario está directamente conectada con una Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento para las Aguas Negras generadas: se puede usar una Fosa Séptica (S9), o un Reactor Anaeróbico con Deflectores (ABR) (S10), o un Filtro Anaeróbico (S11). Los procesos anaeróbicos reducen la carga orgánica y patogénica, pero el Efluente aún no es adecuado para su uso directo. Las Aguas Grises deben ser tratadas junto con las Aguas Negras en la misma Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento, pero si hay necesidad de recuperación de agua, se puede tratar por separado (no mostrado en el Esquema de Sistemas).

El Efluente generado de la Recolección y Almacenamiento/Tratamiento se puede desviar directamente al terreno para su Uso y/o Disposición final por medio de un Pozo de Absorción (D6) o un Campo de Filtración (D7). Para que estas Tecnologías funcionen debe haber suficiente espacio disponible y el terreno debe tener una adecuada capacidad para absorber el Efluente. Si no es el caso, referirse al Sistema 6: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Alcantarillado.

Los Lodos Fecales que se generan de la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento, deben ser sacados y transportados para tratamiento adicional. Las Tecnologías de Transporte que se pueden usar incluyen las accionadas por Medios Humanos (C2) o Motorizados (C3). Como el lodo fecal es altamente patogénico antes de su tratamiento, el contacto humano y las aplicaciones agrícolas directas se deben evitar.

Los lodos fecales que son removidos pueden ser transportados a unas instalaciones dedicadas de tratamiento de Lodos Fecales (Tecnologías T11 a T15). En caso de que las instalaciones de tratamiento no sean fácilmente accesibles, los Lodos Fecales pueden ser descargados ya sea en

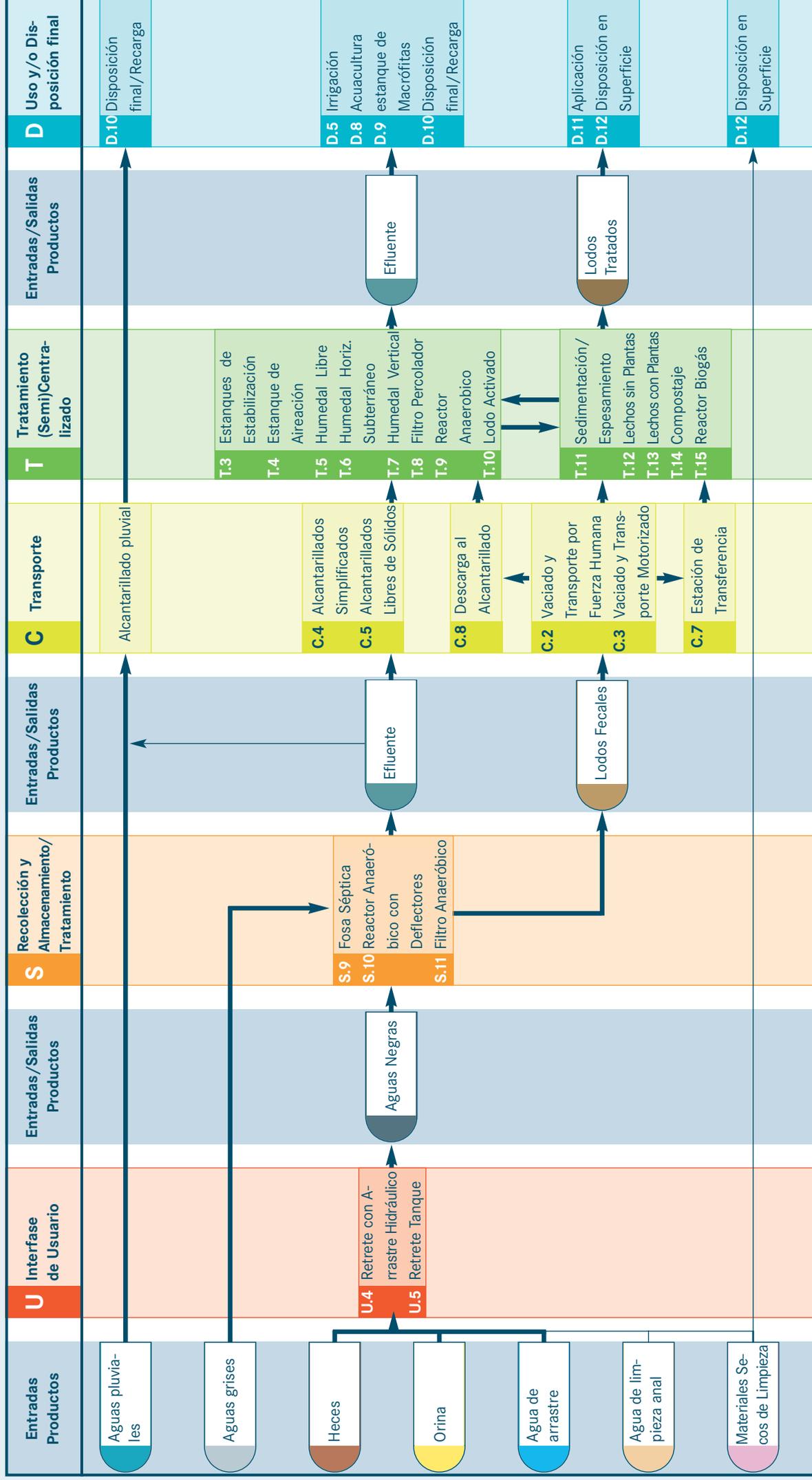
una Estación de Descarga de Alcantarillado (C8) o una Estación de Transferencia (C7). De la Estación de Descarga del Alcantarillado, los Lodos Fecales son transportados por el alcantarillado y son tratados conjuntamente con el flujo de Aguas Negras en la red de alcantarillado (Tecnologías T1 a T10). Los Lodos Fecales de la Estación de Descarga de Alcantarillado son liberados directamente en el alcantarillado o en intervalos regulares (para optimizar el desempeño de las instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado). Si los lodos se descargan directamente en el alcantarillado, debe haber suficiente agua para diluir y transportar adecuadamente los lodos a las instalaciones de tratamiento. De la Estación de Tratamiento los Lodos Fecales deben ser transportados a unas instalaciones dedicadas de tratamiento de Lodos Fecales (Tecnologías T11 a T15) mediante un vehículo motorizado.

Todas las Tecnologías de Tratamiento (Semi)Centralizado, T1 a T15, producen Efluente y Lodos Fecales, los cuales requieren tratamiento adicional antes de su Uso y/o Disposición final. Las Tecnologías para Uso y/o Disposición final del Efluente tratado incluyen la Irrigación (D5), Acuicultura (D8), Estanque de Macrófitas (D9) o Disposición final de Agua/Recarga de Acuíferos (D10). Las Tecnologías Uso y/o Disposición final de los Lodos Fecales tratados incluyen su Aplicación en el Campo (D11) o Disposición final en Superficie (D12).

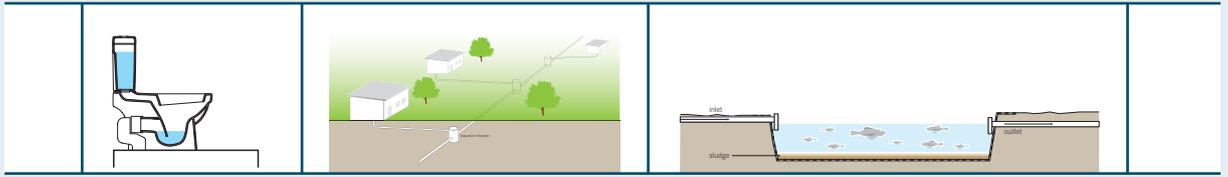
**Consideraciones** Este sistema sólo es apropiado en áreas donde se dispone de servicios de extracción y de limpieza accesibles, y económicos y de una forma adecuada de tratar los lodos. Este sistema puede adaptarse para el uso en los climas más fríos, incluso donde se presentan heladas. El sistema requiere una fuente constante de agua. La inversión de capital para este sistema es considerable (excavación e instalación de una Tecnología de almacenamiento in situ), pero los costos pueden ser compartidos por una cantidad de hogares si el sistema está diseñado para un mayor número de usuarios.

Este sistema basado en agua es adecuado para Agua de Limpieza Anal, y como los sólidos se asientan y son digeridos in situ, también se pueden usar Materiales Secos de Limpieza fácilmente degradables.

# Sistema de Saneamiento 6: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Alcantarillado



## Sistema 6: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Alcantarillado



Este sistema se caracteriza por el uso de una Tecnología a nivel doméstico para remover y digerir los sólidos sedimentados de las Aguas Negras, y un sistema de alcantarillado simplificado para transportar el Efluente a unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado de Efluente.

Las Entradas al sistema pueden incluir Heces, Orina, Agua de Arrastre, Agua de Limpieza Anal, Materiales Secos de Limpieza y Aguas Grises. Este sistema es comparable con el Sistema 5: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Infiltración, salvo en el manejo y proceso del Efluente generado durante la Recolección y Almacenamiento/Tratamiento de las Aguas Negras dónde se presentan las diferencias entre los dos sistemas. Para ello, se hace referencia al Esquema de Sistemas para el Sistema 5: Sistema de Tratamiento de Aguas Negras con Infiltración, para tener una descripción detallada de los componentes.

Hay dos rutas de transporte para el Efluente generado de la Recolección y Almacenamiento/Tratamiento de las Aguas Negras. De manera similar al Sistema 5. El Efluente debe ser transportado de unas instalaciones de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento a unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado por medio de una red de Alcantarillado Simplificada (C4) o una red de Alcantarillado Libre de Sólidos (C5). Se requiere de una Fosa Interceptora antes de que el Efluente entre al alcantarillado, o de manera alternativa, este sistema puede ser usado como un medio para mejorar Tecnologías in situ de bajo rendimiento (p.ej. fosas sépticas) al proporcionar un Tratamiento (Semi)Centralizado mejorado. El Efluente es transportado a unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado donde es tratado usando una de las Tecnologías T1 a T10.

Todas las Tecnologías de Tratamiento (Semi)Centralizado, T1 a T15, producen Efluente y Lodos Fecales, los cuales requieren tratamiento adicional antes de su Uso y/o Disposición final. Las Tecnologías para el Uso y/o Disposición final del Efluente tratado incluyen la Irrigación (D5), la Acuicultura (D8), Estanque de Macrófitas (D9) o Descarga a un cuerpo de agua o Recarga de Acuíferos (D10). Las Tecnologías para el Uso y/o Disposición final de los Lodos Fecales tratados incluyen la Aplicación de Lodos al Campo (D11) o Disposición final en Superficie (D12).

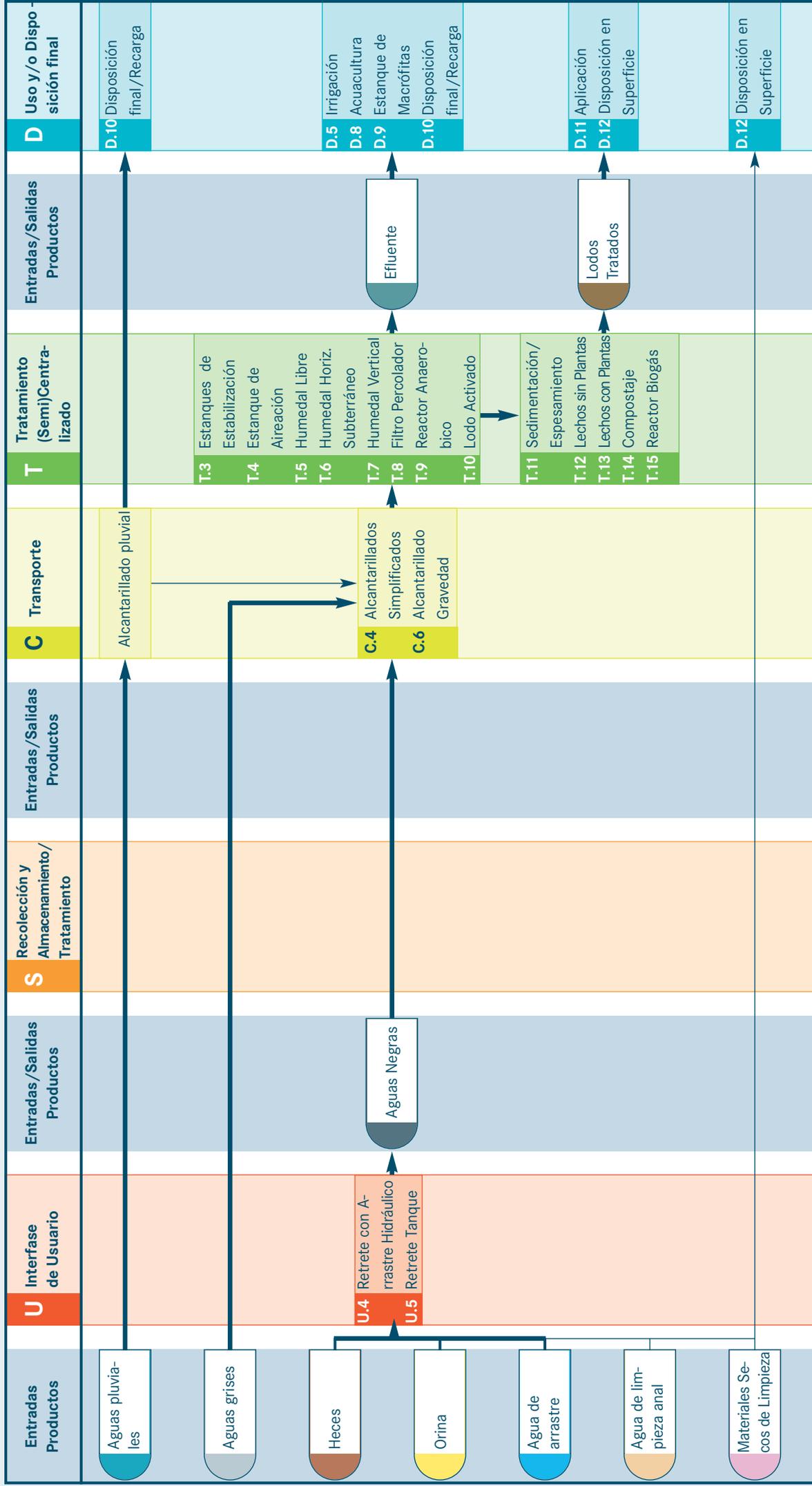
**Consideraciones** Con el transporte externo del Efluente a unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado, la inversión de capital para este sistema es de moderada a considerable. La excavación y la instalación de tecnología de almacenamiento in situ, así como la infraestructura requerida para la red simplificada de alcantarillado pueden ser costosas (aunque los costos pueden ser significativamente menores que el diseño e instalación de una red convencional de alcantarillado). Asimismo, si aún no existen instalaciones de tratamiento, se deben construir para asegurar que la descarga del alcantarillado no se haga directamente en un cuerpo de agua.

El éxito de este sistema depende de un alto compromiso de los usuarios para operar y dar mantenimiento de la red de alcantarillado, se puede incluso responsabilizar a una persona u organización en nombre de los usuarios. Debe haber un método accesible, económico y sistemático para el vaciado de las fosas interceptoras (o sépticas), ya que una fosa sin el mantenimiento adecuado puede afectar negativamente a toda la comunidad. También es importante el buen funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones de Tratamiento Centralizado; en algunos casos esto será administrado a nivel municipal / regional, pero en el caso de una solución más localizada (p.ej. Humedal), debe también haber una estructura de operación y mantenimiento bien definida.

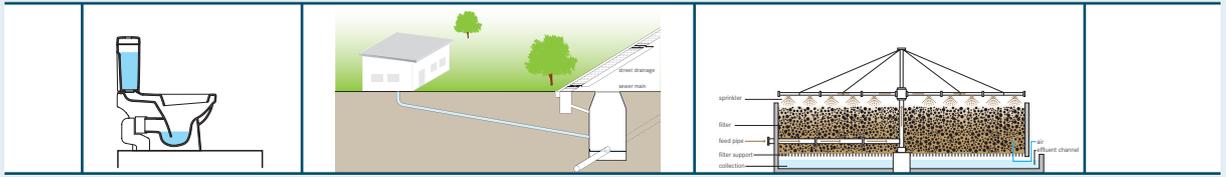
Este sistema es especialmente adecuado para asentamientos urbanos densos donde el espacio es reducido o nulo para tecnologías de almacenamiento o vaciado. Como la red de alcantarillado es angosta e impermeable (idealmente), también es aplicable para áreas con un nivel freático alto.

Este sistema basado en agua es adecuado para entradas de Agua de Limpieza Anal, y como los sólidos se asientan y son digeridos en una de las Tecnologías de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento, también se pueden usar Materiales Secos de Limpieza fácilmente degradables. Sin embargo, materiales duraderos (p.ej. hojas, trapos) pueden tapar el sistema y provocar problemas en el vaciado y por lo tanto, no se deben usar.

# Sistema de Saneamiento 7: Sistema de Tratamiento (Semi)Centralizado



## Sistema 7: Sistema de Tratamiento (Semi)Centralizado



Este es un sistema de alcantarillado a base de agua en el que las Aguas Negras son transportadas a unas instalaciones de tratamiento centralizado. La característica más importante de este sistema es que no hay Recolección ni Almacenamiento/Tratamiento.

Las Entradas al sistema pueden incluir Heces, Orina, Agua de Arrastre, Agua de Limpieza Anal, Materiales Secos de Limpieza, Aguas Pluviales y Aguas Grises.

Hay dos Tecnologías de Interfase de Usuario que se pueden utilizar para este sistema, un Retrete con Arrastre Hidráulico (U4) o un Retrete de Tanque (U5). Los Materiales Secos de Limpieza pueden ser manejados por el sistema o pueden ser recolectados por separado y ser directamente transferidos para su Disposición final en Superficie (D12). Las Aguas Negras generadas en la Interfase del Usuario son conectadas directamente a unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado por una red de Alcantarillado Simplificado (C4) o una red de Alcantarillado por Gravedad (C6). Las Aguas Grises son tratadas conjuntamente con las Aguas Negras. Las Aguas Pluviales recolectadas en los Alcantarillados Pluviales pueden entrar a la red de Alcantarillado por Gravedad, por lo que se requieren aliviaderos de aguas pluviales.

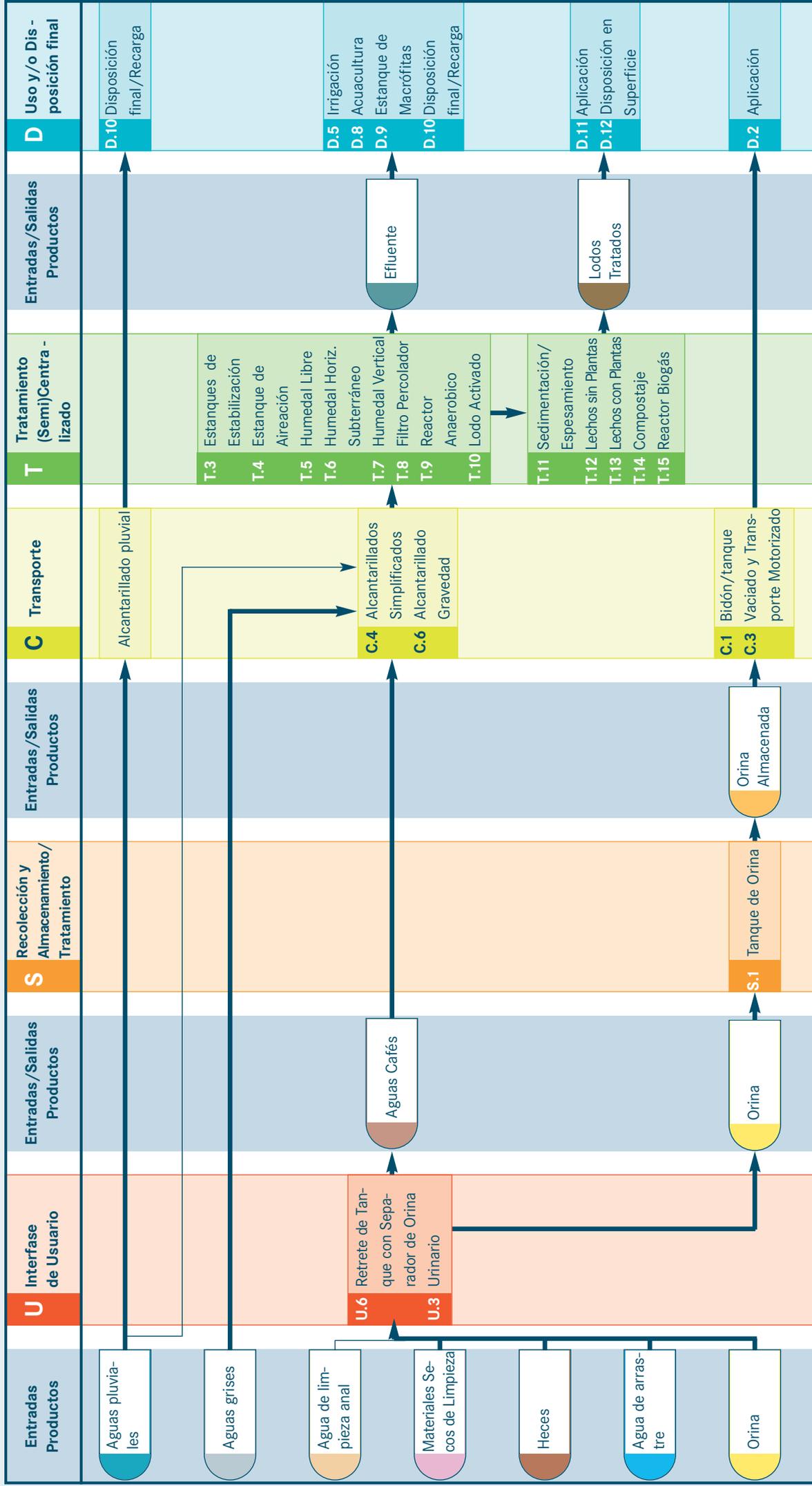
Como no hay Recolección y Almacenamiento/Tratamiento, todas las Aguas Negras son transportadas a unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado. La inclusión de Aguas Grises en la Tecnología de Transporte ayuda a prevenir que se acumulen sólidos en los alcantarillados. Se requiere una de las Tecnologías T1 a T10 para el tratamiento de las Aguas Negras transportadas. Los Lodos Fecales generados del tratamiento de las Tecnologías T1 a T10 deben ser tratados adicionalmente en unas instalaciones dedicadas al tratamiento de Lodos Fecales (Tecnologías T11 a T15) antes de su Uso y/o Disposición final.

Todas las Tecnologías de Tratamiento (Semi)Centralizado T1 a T15 producen Efluente y Lodos Fecales. Las Tecnologías para el Uso y/o Disposición final del Efluente tratado incluyen la Irrigación (D5), la Acuicultura (D8), Estanque de Macrófitas (D9) o Descarga a un cuerpo de agua o Recarga de Acuíferos (D10). Las Tecnologías para el Uso y/o Disposición final de los Lodos Fecales tratados incluyen Aplicación de Lodos al Campo (D11) o Disposición final en Superficie (D12).

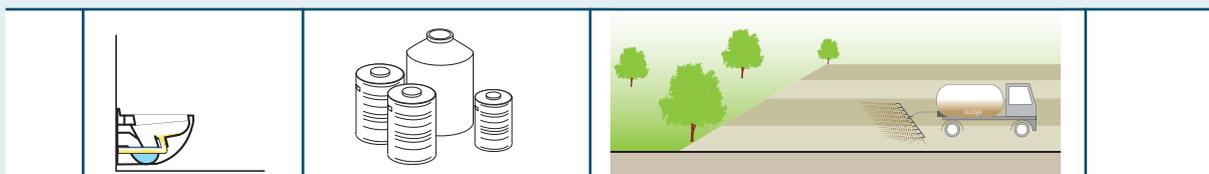
**Consideraciones** La inversión de capital para este sistema puede ser alta; los alcantarillados por gravedad requieren mucha excavación y la instalación puede ser onerosa, aunque los Alcantarillados Simplificados son generalmente menos onerosos si las condiciones de la ubicación permiten un diseño condominal. Este sistema es apropiado solamente donde existe disposición y capacidad de pago por la inversión de capital y los costos de mantenimiento, y además donde ya existan unas instalaciones de tratamiento que tengan la capacidad de aceptar flujo adicional. Dependiendo del tipo de alcantarillado usado, este sistema puede ser adaptado para áreas urbanas y periurbanas densas. No es recomendable para áreas rurales. Debe haber un suministro continuo de agua para asegurar que los alcantarillados no se obstruyan. Se puede requerir a los usuarios el pago de cuotas para el tratamiento y mantenimiento centralizado.

Dependiendo del tipo de alcantarillado y de la estructura administrativa, (simplificada o gravedad, administración municipal u operación comunitaria) hay grados variables de responsabilidades de operación o de mantenimiento para el propietario de la casa.

## Sistema de Saneamiento 8: Sistema de Alcantarillado con Separador de Orina



## Sistema 8: Sistema de Alcantarillado con Separador de Orina



Este es un sistema de alcantarillas basado en agua que requiere un Retrete con cierre hidráulico con Desvío de Orina (UDFT = Urine Diverting Flush Toilet). El UDFT es una interfase especial de Usuario que permite la separación y recolección de la orina sin agua, pero que también usa agua para mover las Heces.

Las Entradas al sistema pueden incluir Heces, Orina, Agua de Arrastre, Agua de Limpieza Anal, Materiales Secos de Limpieza, Aguas Pluviales y Aguas Grises.

Hay dos Tecnologías de Interfase de Usuario que se pueden usar para este sistema, un UDFT (U6) y un Urinario (U3, como una alternativa para los hombres que no deseen sentarse en el Retrete).

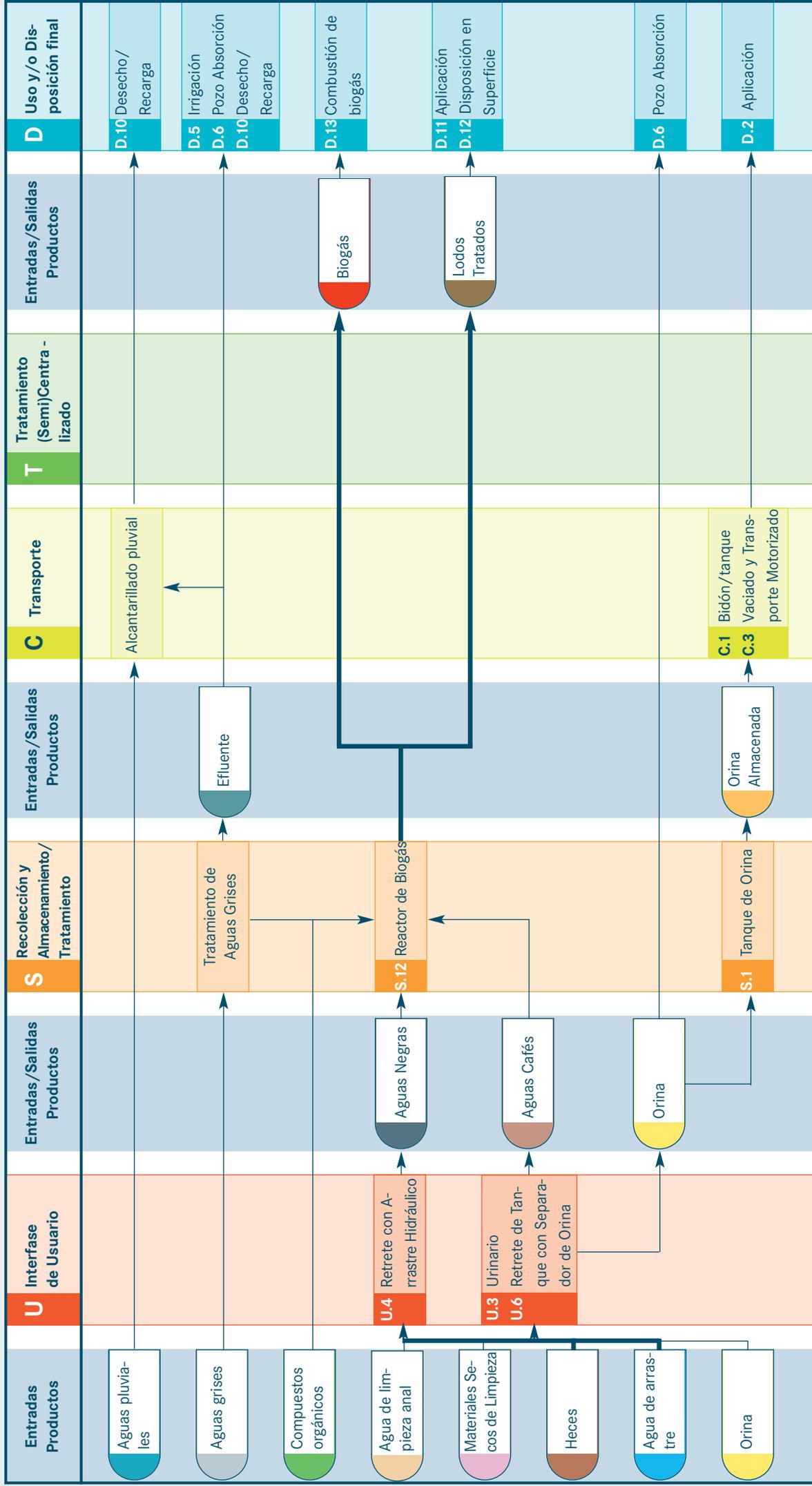
Las Aguas Cafés y la Orina son separadas en la Interfase del Usuario. Las Aguas Cafés no pasan por las instalaciones de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento y son transportadas directamente a unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado usando una red de Alcantarillado Simplificado (C4) o una red de Alcantarillado por Gravedad (C6). Las Aguas Grises son también transportadas en el alcantarillado y no son tratadas por separado. En algunos casos, el Agua Pluvial puede ser conectada a una red de Alcantarillado por Gravedad, aunque se requieren aliviaderos de Aguas Pluviales.

La Orina separada en la Interfase de Usuario va directamente a un Tanque de almacenamiento (S1). La Orina Almacenada es transferida para su Uso y/o Disposición final usando un bidón (C1) ó Motorizado (C3) para la Aplicación de Orina a terrenos agrícolas (D2). Las Aguas Cafés son tratadas en unas instalaciones de Tratamiento (Semi)Centralizado, usando una de las Tecnologías T1 a T10. Los Lodos Fecales generados por estas Tecnologías deben ser tratados adicionalmente en unas instalaciones dedicadas al tratamiento de Lodos Fecales (Tecnologías T11 a T15) antes de su Uso y/o Disposición final por Aplicación en Terreno (D11) o Disposición final en Superficie (D12). Las Tecnologías para el Uso y/o Disposición final del Efluente tratado recolectado de una de las Tecnologías T1 a T10 incluyen la Irrigación (D5), la Acuicultura (D8), Estanque de Macrófitas (D9) o Descarga a un cuerpo de agua o Recarga de Acuíferos (D10).

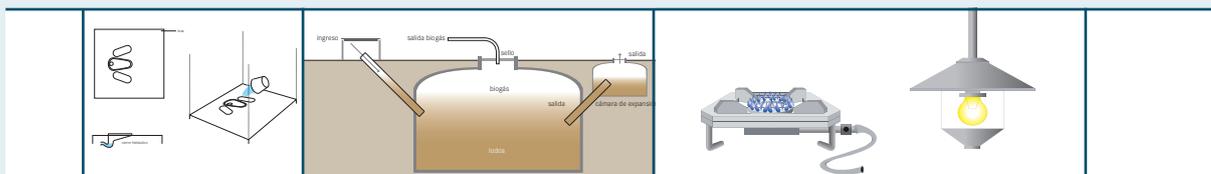
**Consideraciones** Los UDFT no son comunes y puede ser alto el costo de capital para este sistema. Esto se debe en parte al hecho de que todavía hay poca competencia en el mercado y también porque se requiere plomería de alta calidad para el sistema dual de tuberías. Los Alcantarillados por gravedad requieren mucha excavación y la instalación puede ser costosa, aunque los Alcantarillados Simplificados son generalmente más económicos si las condiciones del terreno permiten un diseño condominal. Este sistema es apropiado sólo si hay interés en usar la Orina separada como fertilizante y/o cuando hay el deseo de limitar el consumo de agua al recolectar la Orina sin agua. El sistema requiere de una fuente continua de agua y usa mucha más que un sistema sin agua.

Dependiendo del tipo de alcantarillado usado, este sistema puede ser adoptado para áreas urbanas y periurbanas densas. No es recomendable para áreas rurales. Debe haber una fuente continua de agua para asegurar que los alcantarillados no se obstruyan. Este sistema puede beneficiar la planta de tratamiento si está sobrecargada, ya que la reducida carga de nutrientes (al remover la Orina) puede optimizar el tratamiento. Sin embargo, si la planta está actualmente subutilizada (p.ej. la planta fue sobredimensionada), entonces este sistema puede agravar aún más el problema. Reduciría el costo e impacto ambiental de nuevos sistemas. Dependiendo del tipo de alcantarillado y de la estructura administrativa (simplificada o gravedad, administración municipal u operación comunitaria), hay grados variables de responsabilidades de operación o de mantenimiento para el propietario de la casa.

## Sistema de Saneamiento 9: Biogás con o sin Separador de Orina



## Sistema 9: Biogás con o sin Separador de Orina



Este sistema se basa en el uso de un reactor de biogás para recolectar, almacenar y tratar las excretas. Adicionalmente dicho reactor produce 'biogás' que puede ser quemado para alumbrar y/o cocinar. El sistema se usa con agua, pero la orina puede ser desviada si hay demanda de orina para la agricultura.

Las entradas al sistema pueden incluir Orina, Heces, Agua de limpieza anal, Agua de arrastre, Materiales secos de limpieza, Compuestos orgánicos (p.ej. desperdicio de mercado de verduras, jardín o cocina) y cuando sea posible, estiércol. La separación y el uso directo de orina dependerá de la disponibilidad de agua y los hábitos locales.

Hay dos Interfases de usuario diferentes que pueden ser usadas en este sistema: un Retrete con arrastre hidráulico (U4) o un Retrete con tanque con separador de orina (U5). Se puede instalar un urinario en paralelo a una de las otras tecnologías, si los hombres lo prefieren. La Interfase de Usuario está directamente conectada con una Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento: Un Reactor de Biogás (S12). Si se instala un Retrete de tanque con desvío de orina (y/o Mingitorio), estará directamente conectado con un Tanque de almacenamiento (S1).

Dependiendo de la carga y del diseño del reactor de biogás, habrá una descarga continua de lodos líquidos o espesos. Aunque el material haya sufrido una degradación anaeróbica, no está libre de patógenos y debe ser tratado antes de ser usado. Debido al volumen generado y al peso del material, los lodos deben ser usados in situ; son ricos en nutrientes y es un buen fertilizante (D11 – Aplicación en el terreno y D12 – Disposición final en superficie). En algunas circunstancias, se puede descargar un lodo muy líquido (efluente) en el alcantarillado (aunque aquí no se muestra en el esquema del sistema).

El biogás producido se debe usar constantemente, y puede ser quemado como un combustible limpio para cocinar, o ser usado para alumbrado (D13 – Combustión de Biogás). Si el gas no es quemado, se acumulará en el tanque y, con el incremento de presión, empujará los lodos hacia fuera, lo que podría provocar la explosión del reactor.

Un reactor de biogás puede trabajar con o sin orina, pero cuando la orina se desvía del reactor, puede usarse por separado como una fuente concentrada de nutrientes. Lo ideal sería que la orina recolectada en el tanque de almacenamiento (S1) se usara localmente. Sin embargo, si eso no es posible, la orina almacenada puede ser transportada en pequeños contenedores (C1 – Bidón) o en tanques más grandes, de la misma manera que el agua o los lodos son

transportados a los campos (C3 – Vaciado y Transporte Motorizado).

Si el uso directo de la orina no es inmediatamente aceptado por los usuarios o granjeros locales, aún se puede implementar un sistema de desvío de orina. Como una modificación inicial, la orina sería desviada a un Pozo de Absorción (D6). Luego, si después de varios años de uso y enseñanza, se aprecia la orina como un recurso, se puede desviar fácilmente a un Tanque de Almacenamiento (S1) y ser utilizada.

**Consideraciones** Este sistema es más adecuado para áreas rurales y periurbanas donde hay el espacio adecuado y la necesidad del uso de los lodos y la orina. Como la producción de lodos es casi constante, debe pensarse en usos para todo el año y su transporte lejos del sitio generalmente no es realista. El reactor físico se puede construir bajo tierra (p.ej. bajo tierras de cultivo y, en algunos casos, caminos) y así ocupar menos espacio. Aunque un reactor es factible para un área urbana densa, la necesidad del manejo de los lodos generalmente hará que no sea aceptable.

El reactor de biogás puede funcionar con una amplia variedad de entradas y es especialmente adecuado para estiércol. En granjas, por ejemplo, la contribución de las excretas humanas es pequeña comparada con las heces de los animales y se puede generar una gran cantidad de biogás si las entradas agrícolas son elevadas (aún con una pequeña contribución humana).

Puede tomar cierto tiempo lograr un buen equilibrio entre el agua, las excretas (humanas y animales) y la otros materiales orgánicos, aunque generalmente el sistema se adapta. Sin embargo, se debe tener cuidado de no sobrecargar el sistema, ya sea con demasiados sólidos o demasiados líquidos (p.ej. aguas grises).

La mayoría de los materiales sólidos de limpieza y de materia orgánica pueden ser degradados en el reactor de biogás, aunque, para acelerar la digestión, los elementos grandes (p.ej. olotes) se deben partir o romper en pedazos pequeños para asegurar reacciones más uniformes dentro del tanque.



### **Lectura de las Descripciones Tecnológicas**

Hay una Descripción Tecnológica para cada Tecnología detallada en los Esquemas de Sistemas, que incluye un resumen de la misma, aplicaciones adecuadas y limitaciones. La página no pretende ser un manual de diseño o de consulta técnica, sino un punto de partida hacia estudios y diseños más detallados. Además, las Descripciones Tecnológicas están pensadas para ser una fuente de inspiración y para discusión entre ingenieros y planificadores que pueden no haber considerado previamente una o varias de las opciones factibles.

Cada Descripción está codificada con un color conforme al Grupo Funcional asociado. El código de letra (p.ej. U para Interfase de Usuario) también indica el Grupo Funcional al que pertenece. La Figura 5 en la página siguiente presenta y explica un ejemplo del encabezado de una Descripción Tecnológica.

 <b>S.9 Fosa Séptica</b>		Aplicable a: <b>Sistema 5, 6</b> <sup>②</sup>
<b>Nivel de Aplicación</b> ★★ Hogar ★★ Vecindario <sup>③</sup> ◻ Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> ★★ Hogar <sup>④</sup> ★★ Compartido ★★ Público	<b>Entradas:</b> ◻ Aguas Negras ◻ Aguas Grises <sup>⑤</sup> <b>Salidas:</b> ◻ Lodos Fecales ◻ Efluente <sup>⑥</sup>

Figura 5. Encabezado y subencabezado de una Descripción Tecnológica

**1) El título con código de color, letra y número.** El código de color (naranja) y la letra (S) indica que la Tecnología corresponde al Grupo Funcional 'Recolección y Almacenamiento/Tratamiento (S)'. El número (9) indica que es la novena (9) tecnología dentro de ese Grupo Funcional.

Cada página de descripción tecnológica tiene un código de color, letra y número similar para facilitar el acceso y la referencia cruzada.

**2) Aplicable a: Sistema 5,6.** Esto indica el Esquema de Sistemas en la que se puede encontrar la Tecnología. En este caso, la Fosa Séptica se localiza en los Sistemas 5 y 6 (y sólo ahí). Otras tecnologías podrían estar localizadas solamente en uno o en varios sistemas.

**3) Nivel de Aplicación.** Tres niveles espaciales están definidos bajo este encabezado:

- *Hogar* implica que la tecnología es adecuada para una o varias viviendas
- *Vecindario* implica que la tecnología es adecuada para varias o hasta varios cientos de viviendas
- *Ciudad* implica que la tecnología es adecuada para toda la ciudad (ya sea una unidad para toda la ciudad, o varias unidades para cada parte de la ciudad)

Las estrellas son usadas para indicar qué tan apropiado es cada nivel para la tecnología:

- *dos estrellas* significa adecuada,
- *una estrella* significa menos adecuada; y
- *ninguna* estrella significa que no es adecuada.

Le corresponde al usuario del Compendio decidir el nivel apropiado para la situación específica en la que está trabajando.

La gráfica de 'Nivel de Aplicación' es sólo una guía para ser usada en la etapa de planificación preliminar.

Las tecnologías dentro del Grupo Funcional 'Interfase de Usuario' no incluyen un Nivel de Aplicación ya que pueden dar servicio a un número limitado de personas.

**4) Nivel de Manejo** describe el arreglo organizacional que funciona mejor para la operación y mantenimiento (OyM) de la Tecnología:

- *Hogar* implica que la vivienda, p.ej. la familia, es responsable de toda la OyM.
- *Compartido* implica que un grupo de usuarios (p.ej. escuela, vendedores de un mercado, organización comunitaria) asume la OyM ya sea asegurándose de que una persona o un comité se haga responsable en nombre de todos los usuarios.

Las instalaciones compartidas están definidas por el hecho de que la comunidad de usuarios decide quién puede usar las instalaciones y cuáles son sus responsabilidades; es un grupo de usuarios autodefinido.

- *Público* implica que son instalaciones institucionales o gubernamentales. Toda la OyM es realizada por la agencia que usa las instalaciones.

Generalmente, sólo se permite usar las instalaciones públicas a los usuarios que pueden pagar por el servicio.

La Fosa Séptica en este ejemplo puede ser manejada en los tres estilos.

Las tecnologías dentro del Grupo Funcional 'Interfase de Usuario' no incluyen un Nivel de Manejo ya que el mantenimiento depende de las tecnologías subsecuentes, y no sólo de la Interfase de Usuario.

**5) Entradas:** se refiere a los Productos que fluyen hacia dentro de la Tecnología. Los íconos mostrados son los Productos que podrían entrar en la Tecnología, pero no todos DEBEN entrar en la tecnología.

En este ejemplo, las Aguas Negras y las Aguas Grises pueden ser procesadas en la Fosa Séptica.

**6) Salidas:** se refiere a los productos que fluyen hacia afuera de la Tecnología. Los íconos muestran los productos que se puede esperar que fluyan hacia afuera de la tecnología. En este ejemplo, la Fosa Séptica produce Lodos Fecales y Efluente.

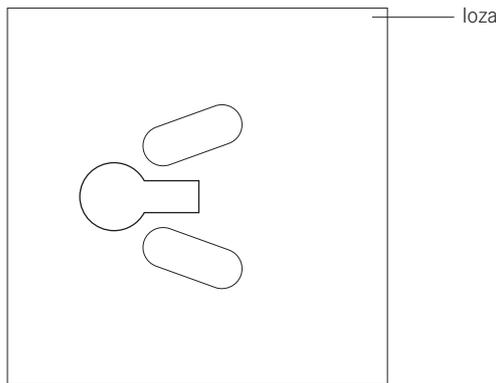
Esta sección describe las tecnologías con las que interactúa el usuario.  
La Interfase de Usuario es la forma en la que se tiene acceso al sistema de saneamiento.



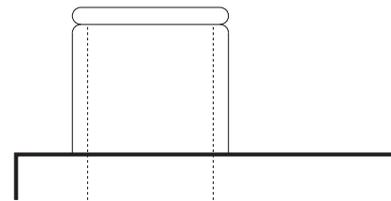
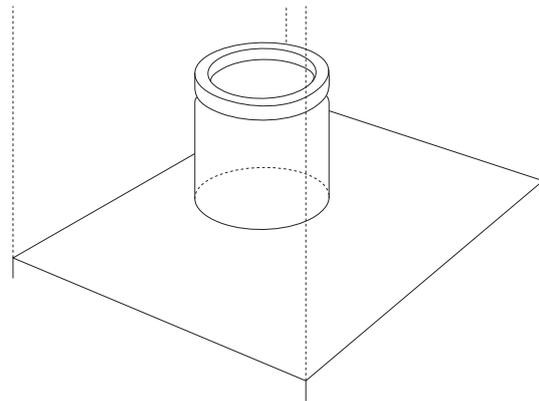


**Entradas:**  Heces  Orina  
 Agua de Limpieza Anal

**Salidas:**  Excretas



opción 1



opción 2

**Un Retrete Seco es un retrete que opera sin agua. El Retrete Seco puede ser un pedestal elevado en el que se puede sentar el usuario, o una placa turca sobre la que el usuario se pone en cuclillas. En ambos casos los excrementos (orina y heces) caen en un hoyo.**

En este Compendio, un Retrete Seco se refiere específicamente al dispositivo donde el usuario se sienta o sobre el que se pone en cuclillas. En otro contexto, un Retrete Seco se puede referir a una variedad de tecnologías, o combinaciones de tecnologías (especialmente pozos).

El Retrete Seco es usualmente colocado sobre un pozo; si se usan dos pozos, el pedestal o la placa turca se debe diseñar de manera que pueda ser levantado y movido de un pozo al otro.

La loza o la base del pedestal debe tener buen tamaño de manera que el pozo sea seguro para el usuario y evite que se infiltre agua de lluvia en el pozo (lo cual puede provocar derrumbamientos).

**Adecuación** Los Retretes Secos son fáciles de usar para la mayoría de la población. Como no hay necesidad de separar la orina y las heces, a menudo representa la opción natural más cómoda físicamente.

Los pedestales, las placas turcas y las lozas se pueden

hacer localmente con concreto (si hay arena y cemento disponibles). Se pueden usar moldes de Madera o metal para producir varias unidades de forma rápida y eficiente. Cuando los retretes secos se fabrican localmente, pueden ser diseñados especialmente para cubrir las necesidades de los usuarios finales (p.ej. más pequeños para los niños y las niñas). También pueden estar disponibles versiones de fibra de vidrio, porcelana y acero inoxidable. Son adecuados para casi todo tipo de clima.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El ponerse en cuclillas es una posición natural para mucha gente y por lo tanto una loza para ponerse en cuclillas bien mantenida puede ser la opción más aceptable.

Como los Retretes secos no cuentan con un sello hidráulico, los olores pueden ser un problema dependiendo de la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento con la que estén conectados.

**Mantenimiento** La superficie del asiento o para pararse debe mantenerse limpia y seca para prevenir la transmisión de patógenos/enfermedades y para disminuir los olores. No hay piezas mecánicas así que los Retretes Secos no requieren reparaciones excepto en el caso de que se quiebren.

**Pros y Contras:**

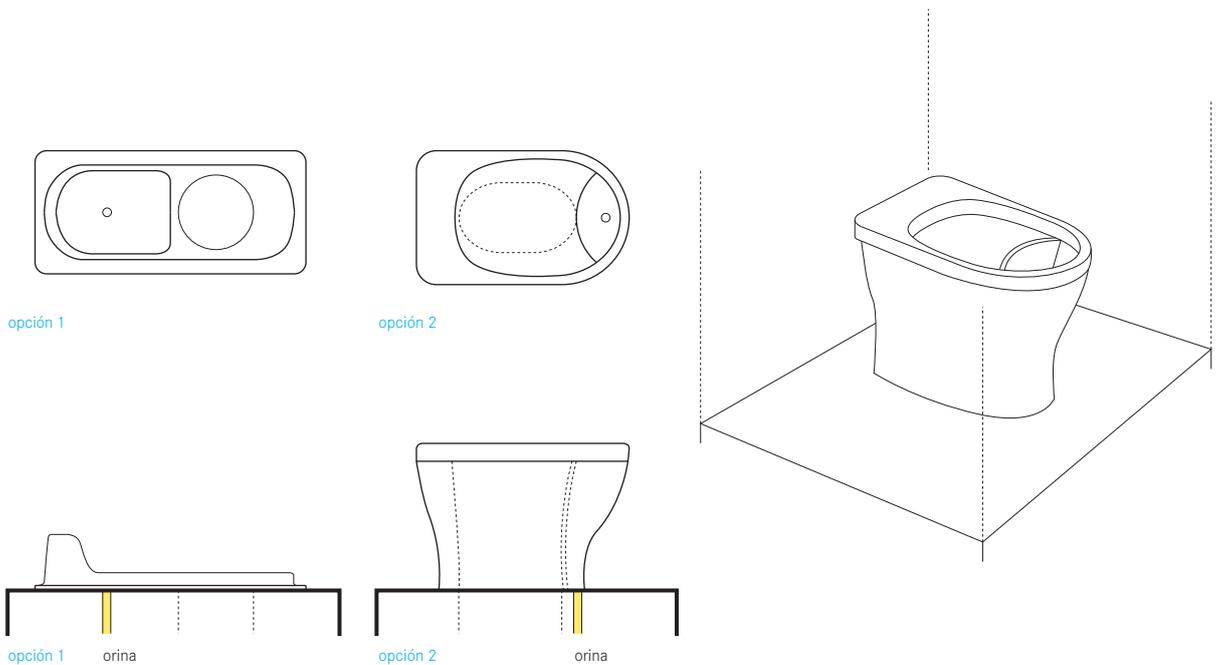
- + No requiere una fuente constante de agua
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Bajos costos de capital y operación.
- + Adecuado para todos los tipos de usuario (asiento, placa turca, usuarios que se limpian con agua y los que utilizan papel)
- Los olores son normalmente perceptibles (aún si la cámara o el pozo usado para recolectar los excrementos está equipado con ventilación)
- La pila de las excretas es visible, excepto cuando se construye un pozo profundo

**Referencias**

- \_ Morgan, P. (2007). *Toilets That Make Compost: Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context*. Stockholm Environment Institute, Suecia. (Excelente descripción de cómo hacer anillos de soporte y placas para acucillarse (pp. 7-35) y pedestales (39-43) usando sólo arena, cemento, hojas de plástico y alambre.) Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ Netherlands Water Partnership (NWP) (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of innovative, low-cost technologies for toilets, collection, transportation, treatment and use of sanitation products*. NWP, Países Bajos. (Proporciona datos específicos por país y vínculos para localizar más información.)
- \_ Brandberg, B. (1997). *Latrine Building. A Handbook for Implementation of the Sanplat System*. Intermediate Technology Publications, Londres. pp. 55-77

**Entradas:**  Heces  Orina  
 Agua de Limpieza Anal

**Salidas:**  Heces  Orina  
 Agua de Limpieza Anal



**Un Retrete Seco con Separador de Orina (UDDT, del inglés Urine Diverting Dry Toilet) es un retrete que opera sin agua y tiene un separador para que el usuario, pueda desviar la orina lejos de las heces.**

El retrete UDDT es construido de manera que la orina sea recolectada y drenada por el área frontal del retrete, mientras que las heces caen por un agujero en la parte trasera. Dependiendo de la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento que le sigue, se debe agregar material secante como cal, cenizas o tierra al mismo hoyo después de defecar.

Es importante que las dos secciones del retrete estén bien separadas para asegurar que a) las heces no caigan y bloqueen el área de recolección de la orina, y que b) la orina no salpique en el área seca del retrete.

También hay retretes de 3 agujeros que permiten separar el agua de limpieza anal de la orina y de las heces en un tercer agujero especial. Es importante que las heces permanezcan separadas y secas. Cuando el retrete es limpiado con agua, se debe tener cuidado para asegurar que las heces no se mojen.

Dependiendo de la preferencia del usuario, se puede usar un pedestal para sentarse o un dispositivo para uso en cuclillas, siempre y cuando la orina es mantenida separada.

**Adecuación** El UDDT es de diseño y construcción simples usando materiales como concreto, tela de alambre o plástico. El diseño UDDT puede ser modificado para acomodarse a las necesidades de poblaciones específicas (p.ej. más pequeños para niños, personas que prefieren ponerse de cuclillas, etc.) Son apropiados para casi cualquier clima.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El uso del UDDT no es inmediatamente obvio para algunas personas. Inicialmente pueden dudar sobre su uso o cometer errores (p.ej. las heces en el depósito de orina) también puede provocar rechazo hacia este tipo de retretes. Para lograr la buena aceptación de los usuarios son esenciales proyectos de educación y demostración.

**Mantenimiento** Un UDDT es ligeramente más difícil de mantener limpio comparado con otros tipos de retretes debido que no es enjuagada constantemente con agua. Para la limpieza, se puede usar un trapo mojado para limpiar el asiento y las superficies internas. Algunos modelos son fácilmente retirados, para su limpieza en otro lugar. Hasta acostumbrarse a este sistema, algunos usuarios pueden tener dificultades para separar la orina de las

heces, lo que puede dar lugar a más tareas de limpieza y mantenimiento. Cabe mencionar que, en caso de las mujeres, es normal que unas gotas de orina caigan en la sección de las heces al final de la micción y este pequeño porcentaje no representa ningún problema.

Las heces pueden ser depositadas accidentalmente en la sección de orina, provocando bloqueos y problemas de limpieza. Los tubos y accesorios de la orina pueden bloquearse con el tiempo y pueden requerir mantenimiento ocasional.

Esta es una tecnología sin agua, por lo tanto, el agua no debe entrar en el retrete. De la misma manera, la orina tiende a oxidar la mayoría de los metales; por lo tanto, se debe evitar el uso de metales para la construcción y las tuberías del UDDT.

#### **Pros y Contras:**

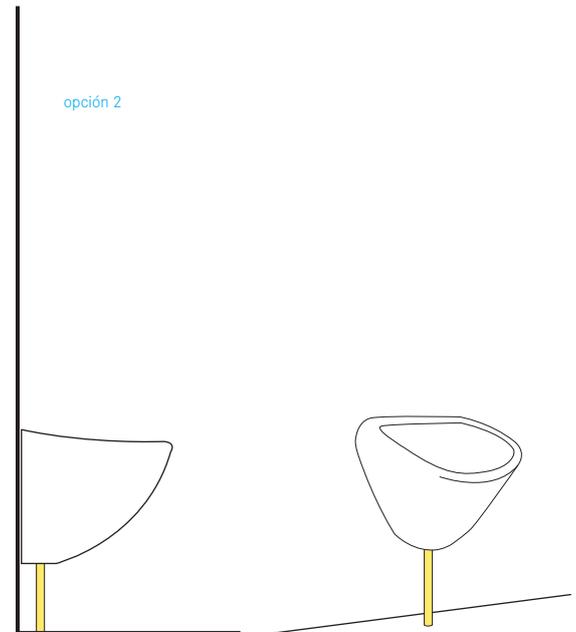
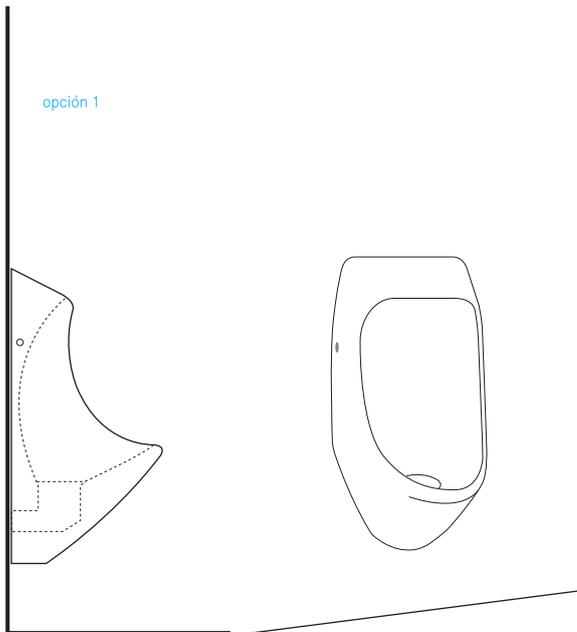
- + No requiere una fuente constante de agua
- + No tiene problemas con olores ni vectores (moscas) si es usado y mantenido correctamente (p.ej. mantener seco)
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Bajos costos de capital y operación
- + Adecuado para todos los tipos de usuario (los que prefieren sentarse, los que hacen cuclillas, los que se limpian con agua, los que usan papel)
- Requiere educación y aceptación para ser usado correctamente

#### **Referencias**

- \_ Morgan, P. (2007). *Toilets That Make Compost: Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context*. Stockholm Environment Institute, Suecia. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org) (Proporciona instrucciones paso a paso de cómo construir un UDDT usando una cubeta de plástico y cómo construir una placa para acucillarse con división de orina.)
- \_ Netherlands Water Partnership (NWP) (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of innovative, low-cost technologies for toilets, collection, transportation, treatment and use of sanitation products*. NWP, Países Bajos. (Proporciona datos específicos por país y vínculos para localizar más información.)
- \_ Winblad, U. y Simpson-Herbert, M. (2004). *Ecological Sanitation*. Stockholm Environment Institute, Suecia. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org) (Proporciona un buen panorama general de diferentes tipos de UDDTs, en especial ver la página 59.)

**Entradas:**  Orina  Agua de Arrastre

**Salidas:**  Orina  Agua de Arrastre



**Un Urinario sólo es usado para recolectar orina. Generalmente, los urinarios son para hombres, aunque se han desarrollado algunos urinarios para mujeres.**

Los Urinarios para mujeres consisten en escalones elevados y un canal pendiente o área de captura para conducir la orina a una tecnología de recolección. Para los hombres, los Urinarios pueden ser unidades verticales de pared, o pueden estar en el piso para uso en cuclillas, según las preferencias y culturas.

La mayoría de los Urinarios usan agua de arrastre, pero los Urinarios secos se están volviendo cada vez más populares.

**Adecuación** Se puede usar el Urinario con o sin agua y se instalan tuberías según el caso. Si se usa agua, es principalmente para limpieza y para limitar olores (con sello hidráulico). Los Urinarios a base de agua usan de 8 a 12 litros de agua de arrastre por cada ocasión, aunque los modelos de bajo consumo usan menos de 4 litros de agua de arrastre. Como el Urinario es exclusivamente para la orina, es importante proporcionar también otro retrete para la defecación.

Los Urinarios Secos están disponibles en diferentes estilos y variedades. Algunos vienen equipados con un mecanismo

para retener los olores: pueden contener un cierre mecánico, una membrana o un sello líquido contra los olores. Para minimizar los olores en diseños simples de Urinarios, cada uno debe estar equipado con un tubo que permanece sumergido hasta el fondo del tanque de la orina recolectada para proporcionar un sello hidráulico básico.

Se han desarrollado Urinarios secos portátiles para su uso en grandes festivales, conciertos y otras reuniones, con el propósito de mejorar la atención a tantas personas y para reducir la carga de aguas residuales vertidas en el sitio. De esta manera, se pueden recolectar grandes volúmenes de orina (a ser usada o desechada en un momento o lugar más adecuado) y se reduce el número necesario de los retretes para orina y heces. Los Urinarios pueden ser usados en viviendas, así como en instalaciones públicas.

Al pintar una mosca u otro pequeño blanco cerca del tubo de drenaje, se puede reducir la cantidad de salpicaduras y mejorar la limpieza de las instalaciones.

Los Urinarios son adecuados para todo tipo de clima.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El Urinario es una Interfase de usuario cómoda y fácilmente aceptada. En algunos casos, el suministro de un Urinario es útil para prevenir el mal uso de los sistemas secos (p.ej. el UDDT). A pesar que su diseño y fabricación son sencillos, los

Urinarrios pueden tener un gran impacto en el bienestar de la comunidad. Cuando los hombres tienen acceso a un urinario, pueden animarse a dejar orinar en público, lo que reduce olores indeseables y permite que las mujeres se sientan más cómodas.

Los hombres generalmente aceptan los Urinarrios secos, ya que no implican un cambio de costumbres.

**Mantenimiento** El mantenimiento es simple, pero se debe hacerlo frecuentemente. Los minerales y sales se acumulan en las tuberías y superficies donde la orina está continuamente presente. Para eliminar este sarro, se puede usar agua ligeramente ácida y/o agua caliente para disolverlo. Todas las superficies deben ser limpiadas regularmente (la taza, la loza y los escalones) para evitar olores y para minimizar la formación de sólidos.

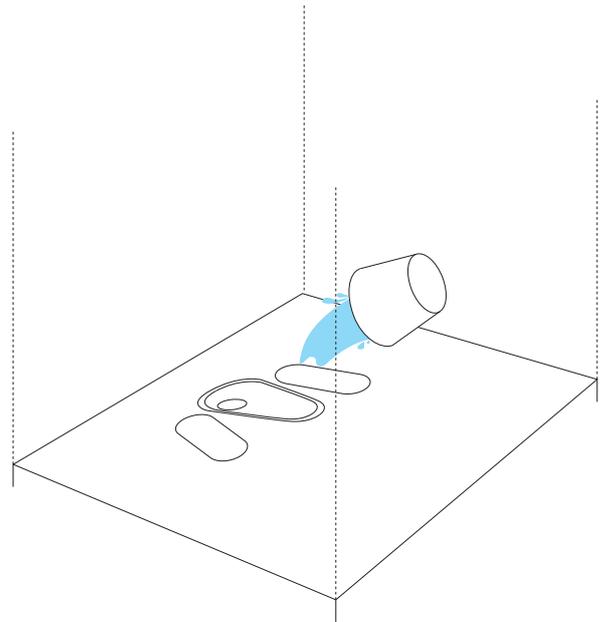
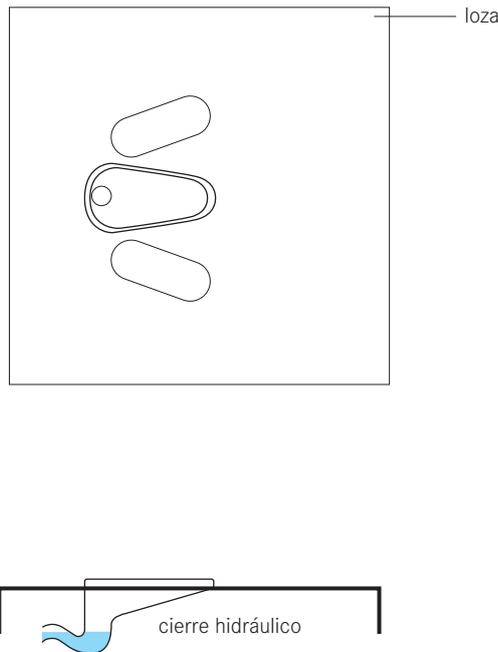
#### **Pros y Contras:**

- + No requiere una fuente constante de agua
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Bajos costos de capital y operación.
- + No hay problemas con olores si es usado y mantenido correctamente
- + Se genera un excelente fertilizante para la agricultura, sin riesgo de contaminación fecal

#### **Referencias**

- \_ Austin, A. y Duncker, L. (2002). *Urine-diversion. Ecological Sanitation Systems in South Africa*. CSIR, Pretoria, South Africa.  
(Instrucciones para hacer un Urinario simple usando un contenedor plástico de 5 l.)
- \_ CREPA (2008). *Promotion de latrines ECOSAN à la 20è édition du FESPACO: Ecosan Info No. 8*. Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût (CREPA), Burkina Faso.  
Disponible en: [www.reseaucrepa.org](http://www.reseaucrepa.org)
- \_ Muench, E. v. and Winker, M. (2009). *Technology Review on Urine diversion components. Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany.  
Available: <http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm>  
(Information about specialized urinals, which include stench traps and other specialized features, is included.)
- \_ Netherlands Water Partnership (NWP) (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of innovative, low-cost technologies for toilets, collection, transportation, treatment and use of sanitation products*. NWP, Países Bajos.  
(Proporciona datos específicos por país y vínculos para localizar más información.)

**Entradas:** ■ Orina ■ Heces  
■ Agua de Arrastre ■ Agua de Limpieza Anal  
**Salidas:** ■ Aguas Negras



**Un Retrete con arrastre hidráulico es como un Retrete normal de Tanque, pero en lugar de recibir el agua del tanque, es vertida por el usuario. Cuando la fuente de agua no es continua, cualquier Retrete de Tanque se puede convertir en un Retrete con arrastre hidráulico.**

Como en un Retrete tradicional de Tanque, hay un cierre hidráulico que previene que los olores y las moscas salgan por la tubería.

El agua es vertida en el retrete para limpiar las excretas; usualmente son suficientes de 2 a 3 L. La cantidad de agua y la fuerza del agua (a menudo ayuda verter desde cierta altura) deben ser suficientes para mover las excretas hacia arriba y sobre el sello hidráulico curvado.

Tanto los retretes de pedestal como las placas turcas pueden usar el sistema de arrastre hidráulico. Debido a la demanda, los fabricantes locales se han vuelto más eficientes en la producción en masa de estos retretes y placas turcas con arrastre hidráulico.

La forma en S del sello hidráulico determina la cantidad de agua que se requiere. Para reducir la cantidad de agua, se recomienda recolectar por separado el papel higiénico y otros materiales secos de limpieza.

El cierre hidráulico en el fondo del Retrete o Placa Turca con arrastre debe tener una pendiente de 25° a 30°. Los

cierres hidráulicos se pueden hacer de plástico o cerámica para evitar obstrucciones y hacer más fácil la limpieza (el concreto puede fácilmente presentar obstrucciones debido a que el acabado es áspero). La profundidad óptima del sello hidráulico es de aproximadamente 2 cm para minimizar el agua requerida para arrastrar las excretas. La trampa debe ser de aproximadamente 7 cm de diámetro.

**Adecuación** El cierre hidráulico es efectivo para prevenir olores y es apropiado para todas las personas, ya sea si prefieren sentarse o acucillarse (pedestal o placa turca) así como para los que se limpian con agua. Sólo son adecuados donde hay una fuente constante de agua. El retrete con Arrastre Hidráulico requiere menos agua que un Retrete de Tanque tradicional. Sin embargo, como se usa una menor cantidad de agua, el Retrete con Arrastre Hidráulico se puede tapar más fácilmente y por lo tanto, requerir más mantenimiento.

Este tipo de retrete es apropiado tanto para aplicaciones públicas como privadas si hay agua disponible.

Los Retretes con Arrastre Hidráulico son adecuados para casi todos los climas.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El Retrete con arrastre hidráulico (de Pedestal ó placa turca) evita que los usua-

rios vean o perciben el olor de las excretas de las personas que la utilizaron previamente. Por lo tanto, son de alta aceptabilidad, fácil de utilizar. Siempre que funcione bien el cierre hidráulico y se encuentran limpios, no deben haber olores.

**Mantenimiento** Como no hay piezas mecánicas, los Retretes con Arrastre Hidráulico son bastante robustos y raramente requieren reparaciones.

A pesar de usarse agua continuamente en el retrete, debe ser limpiado regularmente para prevenir la formación de materiales orgánicos y/o manchas.

Para prevenir las obstrucciones del Retrete con Arrastre Hidráulico, se recomienda que los materiales secos de limpieza se recolecten por separado y no sean echados en el Retrete.

#### **Pros y Contras:**

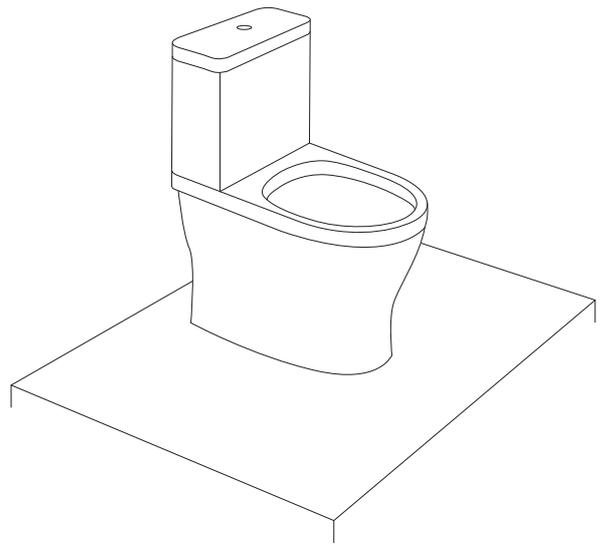
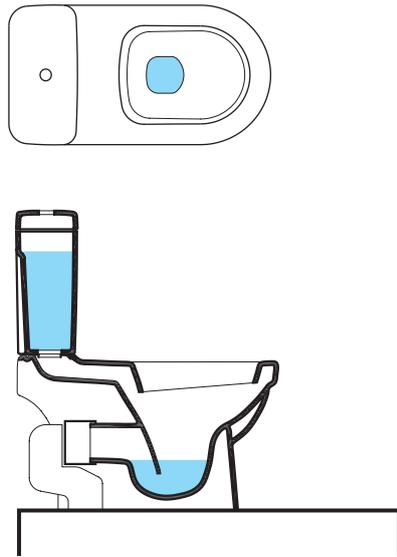
- + El cierre hidráulico previene efectivamente los olores
- + Las Excretas de un usuario son arrastrados antes de que llegue el siguiente usuario
- + Adecuado para todos los tipos de usuario (asiento, placa turca, lavadores y limpiadores)
- + Bajos costos de capital; los costos de operación dependen del precio del agua.
- Requiere una fuente constante de agua (puede ser agua reciclada y/o agua de lluvia recolectada)
- No puede ser construido y/o reparado con materiales disponibles localmente
- Requiere de educación para su correcto uso

#### **Referencias**

---

- \_ Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido.  
(Proporciona dibujos detallados de charolas y trampas de fibra de vidrio en India, con dimensiones y criterios críticos de diseño. Se incluye una descripción para la modificación de un Retrete con arrastre hidráulico un Retrete de Tanque.)
- \_ Roy, AK., et al. (1984). *Manual on the Design, Construction and Maintenance of Low-Cost Pour Flush Waterseal Latrines in India (UNDP Interreg. Project INT/81/047)*. El Banco Mundial + UNDP, Washington.  
(Proporciona especificaciones para Retretes con arrastre hidráulico y sus conexiones.)

**Entradas:**  Orina  Heces  
 Agua de Arrastre  Agua de Limpieza Anal  
**Salidas:**  Aguas Negras



**El Retrete de Tanque es usualmente de porcelana y es una Interfase de Usuario producida en serie, El Retrete de Tanque consiste de un tanque de agua que proporciona agua para arrastrar las excretas y una taza en la que son depositados las excretas.**

La característica atractiva del Retrete de Tanque es que incorpora un sofisticado cierre hidráulico para prevenir que los olores regresen por la plomería. Dependiendo de la edad y del diseño del retrete, se requieren de 3 a 20 L de agua por arrastre.

El agua es almacenada en un tanque por encima de la taza del retrete y es liberada al empujar o jalar una palanca. Esto hace que el agua baje a la taza, se mezcle con las excretas y los arrastre.

Actualmente hay diferentes tipos de Retretes de bajo flujo en el mercado y usan tan poco como 3 L de agua por arrastre. En algunos casos, el volumen de agua usada por arrastre no es suficiente para vaciar la taza y consecuentemente el usuario es forzado a usar dos o más arrastres para limpiar adecuadamente la taza, lo cual anula el beneficio de ahorro de agua.

Se requiere un buen plomero para instalar un Retrete de Tanque. El plomero verificará que todas las válvulas estén

conectadas y selladas adecuadamente, minimizando por tanto las fugas.

**Adecuación** No se debe considerar un Retrete de Tanque a menos que todas las conexiones y accesorios estén disponibles localmente.

El Retrete de Tanque debe estar conectado tanto a una fuente constante de agua para el arrastre como a una Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento o de Transporte para que reciba las aguas residuales.

El Retrete de Tanque es adecuado para aplicaciones públicas y privadas y puede ser usado en cualquier clima.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Es un retrete seguro y cómodo en su uso, siempre que se mantenga limpio.

**Mantenimiento** Aunque el agua de arrastre limpia continuamente la taza, el retrete debe ser limpiado regularmente con una escobilla. Se requiere mantenimiento para la reparación o reemplazo de algunas piezas o accesorios mecánicos.

**Pros y Contras:**

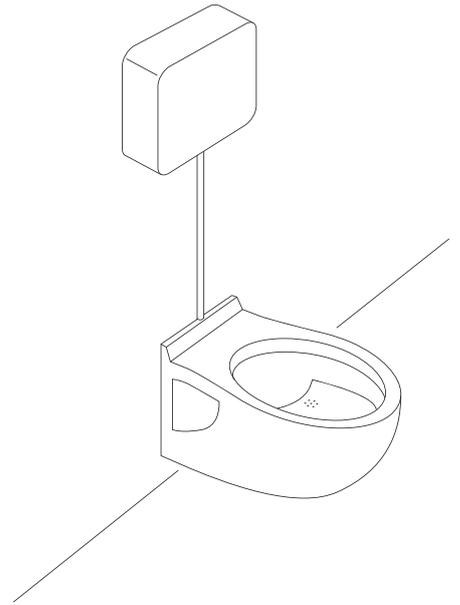
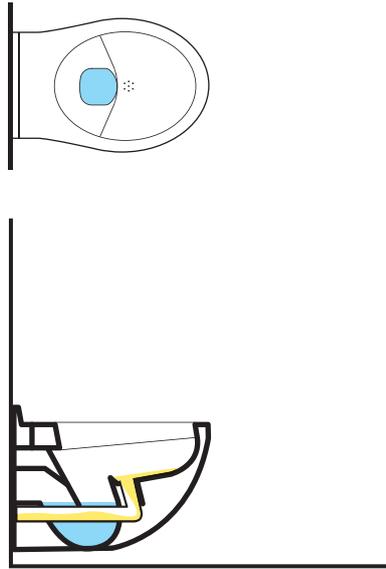
- + Las excretas de un usuario son arrastrados antes de que llegue el siguiente usuario
- + No hay problemas con olores si se usan correctamente
- + Adecuado para todos los tipos de usuario (asiento, placa turca, lavadores y limpiadores)
- Altos costos de capital; los costos de operación dependen del precio del agua
- Requiere una fuente constante de agua
- No puede ser construido y/o reparado con materiales disponibles localmente

**Referencias**

---

- \_ Maki, B. (2005). *Assembling and Installing a New Toilet*. Disponible en: [www.hammerzone.com](http://www.hammerzone.com)  
(Describe la forma de instalar un retrete con fotos a todo color e instrucciones paso a paso.)
- \_ Vandervort, D. (2007). *Toilets: Installation and Repair*. HomeTips.com.  
Disponible en:  
[http://hometips.com/content/toilets\\_intro.html](http://hometips.com/content/toilets_intro.html)  
(Describe a detalle cada parte del retrete, además proporciona vínculos para otras herramientas tales como instalación del retrete, reparación de fugas y otros datos.)

<b>Entradas:</b>	 Orina	 Heces
	 Agua de Arrastre	 Materiales Secos de Limpieza
	 Agua de Limpieza Anal	
<b>Salidas:</b>	 Orina	 Aguas Cafés



**El Retrete de Tanque con Separador de Orina (UDFT, del inglés Urine Diverting Flush Toilet) es semejante en apariencia al Retrete de Tanque excepto por el devíso en la taza. La taza del retrete tiene dos secciones de manera que la orina puede ser separada de las heces.**

Cuando el usuario se sienta en el retrete, la orina es recolectada en un drenaje en la parte frontal (donde no hay agua) y las heces son recolectadas en la parte trasera (donde hay agua). La orina es recolectada sin agua, pero se usa una pequeña cantidad de agua para enjuagar la taza de recolección de orina después de que el usuario se levanta. La orina fluye a un tanque de almacenamiento para su uso o tratamiento posterior, mientras que las heces son arrastradas con agua para ser tratadas. El sistema requiere plomería dual (plomería para la orina y plomería para las aguas cafés).

**Adecuación** El retrete se debe instalar cuidadosamente sabiendo cómo y dónde pueden darse obstrucciones de manera que puedan ser fácilmente eliminados. Un UDFT es adecuado donde hay un suministro limitado de agua para arrastre, una tecnología adecuada para las aguas cafés (heces, material seco de limpieza y agua de arrastre) y un uso para la orina recolectada.

Para mejorar la eficiencia del devíso, se recomienda también usar Urinarios para los hombres.

Los UDFT son adecuados para aplicaciones públicas y privadas, aunque se requiere educación y concienciación para asegurar el uso adecuado y minimizar obstrucciones especialmente los que están ubicados en los establecimientos públicos.

Esta tecnología requiere plomería dual (separada para la orina y las aguas cafés), que es más complicada que la plomería para Retretes de Tanque.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Para asegurar el uso adecuado y para promover la aceptación es esencial usar tarjetas de información y/o gráficos; si los usuarios comprenden la razón por la cual la orina es separada, estarán más dispuestos a usar el UDFTJ correctamente. La plomería adecuada asegurará que no haya olores.

**Mantenimiento** Como en el caso de cualquier retrete, la limpieza frecuente es importante para mantener la taza limpia y prevenir la formación de residuos orgánicos y manchas.

Como la orina es recolectada por separado, se pueden precipitar minerales a base de calcio y de magnesio y acumularse en los accesorios y tuberías. El lavado de la taza con

un ácido suave y/o agua caliente puede prevenir la acumulación de los depósitos minerales; se puede usar un ácido más fuerte (>24% acético) o una solución de sosa cáustica (2 partes de agua 1 parte de sosa) para eliminar obstrucciones, sin embargo, en ocasiones, será necesario hacerlo manualmente.

Para limitar las obstrucciones, todas las conexiones (tuberías) a los tanques de almacenamiento se deben mantener tan cortos como sea posible; siempre que existan, las tuberías deben ser instaladas con al menos un 1% de pendiente y se deben evitar ángulos bruscos (90°). Se deben usar tuberías más anchas (75 mm para reducir las tareas de mantenimiento y 50 mm para un mayor mantenimiento).

#### Pros y Contras:

- + Requiere menos agua que un Retrete de Tanque tradicional.
- + No hay problemas con olores si se usan correctamente
- + Parecen, y pueden ser usados casi como los Retretes de Tanque.
- Disponibilidad limitada; no puede ser construido ni reparado localmente
- Altos costos de capital y costos de operación de bajos a moderados (dependiendo de las piezas y el mantenimiento)
- Mantenimiento laborioso
- El retrete no es intuitivo; requiere de educación y aceptación para ser usado correctamente
- Es propenso a quedar bloqueado y al mal uso
- Requiere una fuente constante de agua
- Los hombres usualmente requieren un Urinario separado para una óptima recolección de la orina.

#### Referencias

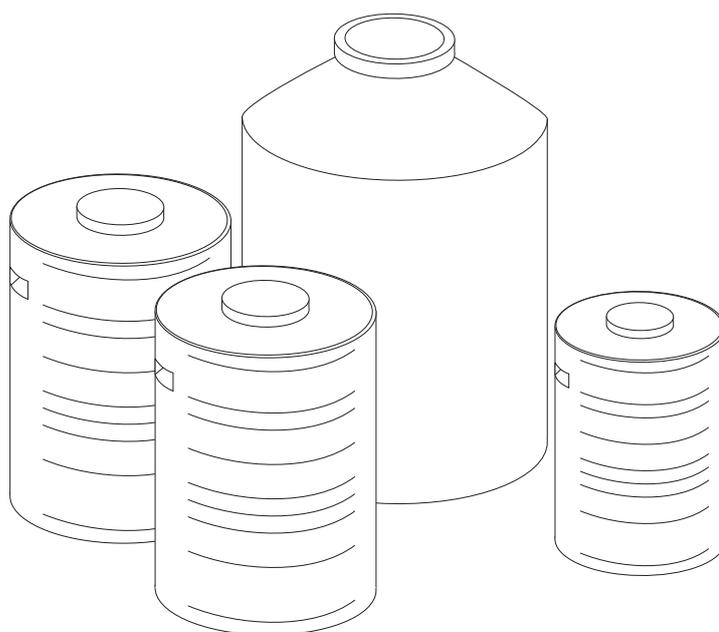
- \_ Muench, E. v. and Winker, M. (2009). *Technology Review on Urine diversion components. Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany. Available: <http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm> (Information about specialized urinals, which include stench traps and other specialized features, is included.)
- \_ Kvarnström, E., et al. (2006). *Urine Diversion – One step towards sustainable sanitation. Report 2006–1*. Ecosan Res: Series de Publicación Ecosan, Estocolmo. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)

Esta sección describe las tecnologías que recolectan y almacenan los productos intermedios que son generados en la Interfase del Usuario. Algunas de las tecnologías aquí presentadas están diseñadas específicamente para el tratamiento, mientras que otras están diseñadas específicamente para la recolección y almacenamiento, aunque proporcionan cierto grado de tratamiento dependiendo del tiempo de almacenamiento.





<b>Nivel de Aplicación</b> (★★) Hogar (★★) Vecindario (★) Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> (★★) Hogar (★★) Compartido (★★) Público	<b>Entradas:</b> <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> Orina
		<b>Salidas:</b> <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span> Orina Almacenada



**Cuando la orina no se puede utilizar inmediatamente o transportarse usando una Tecnología de Transporte (p.ej. Bidones, ésta puede ser almacenada in situ en contenedores o tanques. El Tanque de Almacenamiento podrá entonces ser movido o vaciado a otro contenedor para el transporte.**

El Tanque de Almacenamiento debe ser dimensionado para adecuarse al número de usuarios y al tiempo requerido para sanear la orina. Las directices para el almacenamiento para la orina corresponden a la temperatura de almacenamiento y a la cosecha buscada, pero toda la orina debe ser almacenada al menos 1 mes (ver guías de la OMS específicas de almacenamiento y aplicación). Se pueden usar Tanques de Almacenamiento de menor volumen y transportar a otro tanque de Almacenamiento centralizado en el punto de uso o cerca (p.ej. la granja).

Los Tanques Móviles de Almacenamiento deben ser de plástico o de fibra de vidrio, pero los Tanques de Almacenamiento permanentes pueden ser de concreto o plástico. El metal debe ser evitado ya que puede ser fácilmente corroído por el alto pH de la orina almacenada.

Con el tiempo de almacenamiento se formará una capa de lodo orgánico y minerales precipitados (fosfatos de calcio y magnesio principalmente) en el fondo del tanque.

Cualquier tanque usado para almacenar orina debe tener una apertura lo suficientemente grande como para poder limpiarlo o usar una bomba.

Ni el Tanque de Almacenamiento ni la tubería de recolección deben estar ventilados, pero ambos deben tener la misma presión. Si el Tanque de Almacenamiento es vaciado usando un camión de vacío, el ingreso de aire debe ser mantenido a la velocidad necesaria para asegurar que el tanque no haga implosión debido al vacío.

Si el Tanque de Almacenamiento es conectado al retrete o urinario directamente con un tubo, se debe tener cuidado de minimizar el largo del tubo ya que se acumularán los precipitados. Si es necesario usar tubos, éstos deben colocarse con una fuerte pendiente (mayor del 1%), sin bordes agudos, diámetros grandes (hasta 110 mm para tubería subterránea) y deben ser fácilmente removibles en caso de obstrucciones.

Para minimizar los olores, el tanque debe llenarse desde el fondo, p.ej. la orina debe fluir hacia abajo por medio de un tubo y luego ser liberada cerca del fondo del tanque; esto evita que la orina sea rociada y además previene el retroflujo.

**Adecuación** El almacenamiento de largo plazo es la mejor forma de sanear la orina sin la adición de químicos o procesos mecánicos.

Los Tanques de Almacenamiento de Orina pueden ser usados virtualmente en cualquier ambiente; los tanques deben estar bien sellados para evitar fugas, infiltración y evaporación. Los Tanques de Almacenamiento de Orina pueden ser instalados en el interior, exterior, sobre tierra o bajo tierra dependiendo del clima, del espacio disponible y del terreno.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El riesgo de transmisión de enfermedades por la orina almacenada es bajo. El almacenamiento extendido con tiempos de almacenamiento mayores de 6 meses proporciona un saneamiento casi completo.

**Mantenimiento** Un lodo viscoso se acumulará en el fondo del Tanque de Almacenamiento. Cuando el Tanque de Almacenamiento es vaciado, usualmente el lodo es vaciado junto con la orina, pero si se usa una llave y el tanque nunca es vaciado por completo, puede requerir desazolve. El periodo de desazolve dependerá de la composición de la orina y de las condiciones de almacenamiento. Los depósitos de minerales y de sales en el tanque o en la tubería de conexión pueden ser eliminados manualmente (a veces con dificultad) o pueden ser disueltos con un ácido fuerte (acético al 24%).

#### Pros y Contras:

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + No requiere energía eléctrica
- + Puede ser usado de inmediato
- + Se requiere una pequeña área de terreno
- + Bajos costos de capital y operación.
- Olores regulares a fuertes cuando se abre y se vacía el tanque (dependiendo de las condiciones de almacenamiento)

#### Referencias

- \_ Muench, E. v. and Winker, M. (2009). *Technology Review on Urine diversion components. Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany. Available: <http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm> (Information about specialized urinals, which include stench traps)
- \_ Kvarnström, E., et al. (2006). *Urine Diversion One step towards sustainable sanitation. Reporte 2006-1*. Ecosan Res: Series de Publicación Ecosan, Estocolmo. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ OMS (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, Excreta and Greywater- Volume 4: Excreta and Greywater use in agriculture*. OMS, Ginebra. Disponible en: [www.who.int](http://www.who.int)

**Nivel de Aplicación**

- (★★) Hogar
- (★★) Vecindario
- (★) Ciudad

**Nivel de Manejo**

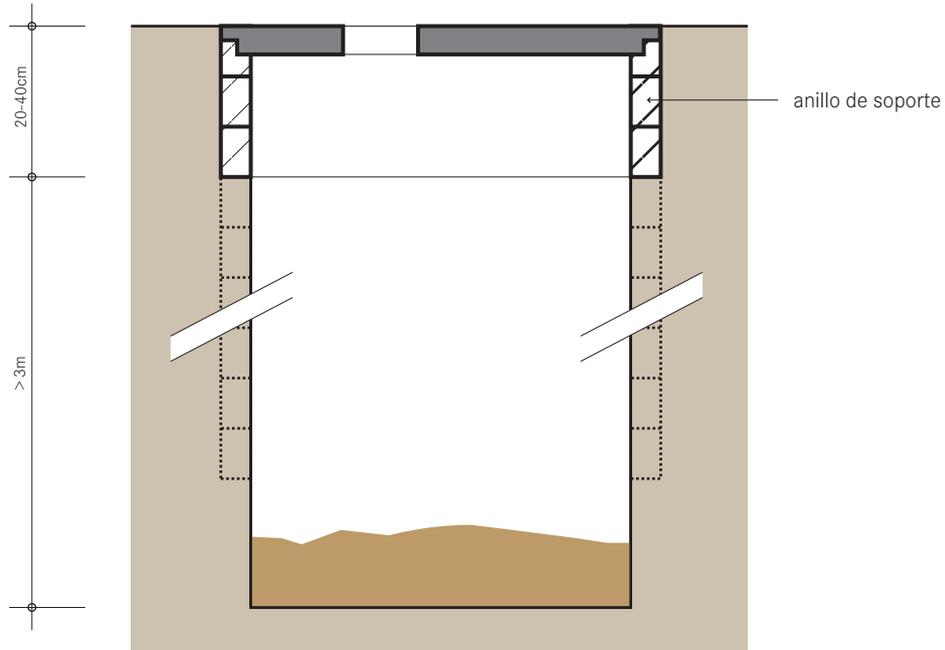
- (★★) Hogar
- (★★) Compartido
- (□) Público

**Entradas:**

-  Excretas
-  Heces
-  Agua de Limpieza Anal

**Salidas:**

-  Excretas
-  Lodos Fecales



**El Pozo Simple es una de las tecnologías de saneamiento más ampliamente usadas. Las excretas, junto con los materiales de limpieza anal (agua o sólidos) son depositados en un pozo. Un recubrimiento del pozo evita que se colapse y proporciona soporte a la superestructura.**

Al llenarse el Pozo Simple, dos procesos limitan la tasa de acumulación: filtración y degradación. La orina y el agua de limpieza anal se filtran al terreno por el fondo y las paredes del pozo, mientras que la acción microbiana degrada parte de la fracción orgánica.

En promedio se acumulan sólidos de 40 a 60 L/persona/año y hasta 90 L/persona/año si se usan materiales secos de limpieza como hojas, papel periódico y papel higiénico. El volumen del pozo debe ser diseñado para contener por lo menos 1,000 L, tener al menos 3 m de profundidad y 1 m de diámetro. Si el diámetro del pozo excede 1.5 m hay un riesgo adicional de que se colapse. Dependiendo de la profundidad, algunos pozos pueden durar hasta 20 años sin ser vaciados. Si se debe reutilizar el pozo, éste debe ser recubierto. Los materiales de recubrimiento pueden incluir ladrillo, madera resistente a la pudrición, concreto, piedras o mortero aplicado a la tierra. Si el terreno es estable (p.ej. no hay presencia de depósitos de arena o grava o materiales orgánicos sueltos), no se requiere recubrir todo el

pozo. El fondo del pozo debe conservarse sin recubrimiento para permitir la filtración de los líquidos fuera del pozo.

Al filtrarse el efluente del Pozo Simple y migrar por la matriz del terreno no saturada, se eliminan los organismos fecales. El grado de eliminación de los organismos fecales varía según el tipo de terreno, distancia recorrida, humedad y otros factores ambientales, por lo tanto, es difícil estimar la distancia necesaria entre un pozo y una fuente de agua. Se recomienda una distancia no menos de 30 m entre el pozo y una fuente de agua para limitar la exposición a contaminación química y biológica.

Cuando es imposible o es difícil excavar un pozo profundo, la profundidad del pozo se puede extender construyendo el pozo hacia arriba con el uso de anillos o bloques de concreto. A esta adaptación muchas veces se le denomina fosa séptica. Es un pozo elevado encima de un pozo hueco con el fondo abierto que permite la recolección de lodos fecales y la filtración del efluente. Sin embargo este diseño es propenso a un vaciado inadecuado ya que puede ser más fácil romper o quitar los anillos de concreto y dejar que los lodos fecales se derramen, más que vaciarlo y disponer de los lodos adecuadamente.

Otra variación es el pozo hueco sin recubrimiento, puede ser apropiado para áreas donde la excavación es difícil.

Cuando el pozo hueco se llena, puede ser cubierto con hojas y tierra y se recomienda plantar un árbol pequeño. Este concepto es llamado Arborloo y es una forma exitosa de evitar el vaciado costoso, se contienen las excretas y se reforesta el área. El Arborloo se describe con mayor detalle en la sección Descripción Tecnológica D1: Tecnología de Relleno y Cubierta/Arborloo.

**Adecuación** Los procesos de tratamiento en el Pozo Simple (aeróbico, anaeróbico, deshidratación, compostaje u otros) son limitados y, por lo tanto, la reducción de patógenos y la degradación orgánica no son significativas. Sin embargo, como las excretas están contenidas, la transmisión de patógenos a los usuarios es limitada.

Los Pozos Simples son apropiados para las áreas rurales y periurbanas; los Pozos Simples en las áreas urbanas o densas son a menudo difíciles de vaciar y/o no tienen suficiente espacio de infiltración. Los Pozos Simples son especialmente apropiados cuando el agua es escasa y donde hay un nivel freático bajo. No son recomendables para terrenos rocosos y compactos (que son difíciles de excavar) o para áreas que se inundan frecuentemente.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Un Pozo Simple es una mejora para la defecación abierta, sin embargo aún representa riesgos para la salud:

- La infiltración puede contaminar los mantos freáticos;
- El agua estancada en los pozos puede promover la proliferación de insectos;
- Los pozos son susceptibles de falla/derrame durante las inundaciones.

Los Pozos Simples deben ser construidos a una distancia apropiada de las viviendas para minimizar las molestias de moscas, olores y para asegurar la conveniencia y el traslado seguro.

**Mejora** Un Pozo Mejorado Ventilado (VIP) es ligeramente más costoso pero reduce las molestias de las moscas y olores significativamente, mejorando la comodidad y el uso. Para mayor información en el VIP favor de referirse a la Descripción Tecnológica S3: Pozo Simple VIP.

Cuando se excavan dos pozos lado a lado, se puede usar uno mientras el contenido del otro pozo se deja madurar para su vaciado más seguro. Para mayor información sobre tecnologías de pozos duales favor de referirse a la Descripción Tecnológica S4: Pozo Doble VIP para agua de arrastre y la Descripción Tecnológica S6: Pozos Doble.

**Mantenimiento** No hay mantenimiento diario asociado con un Pozo Simple. Sin embargo, cuando el pozo se llena puede ser a) bombeado y reutilizado o b) se puede quitar la superestructura y la placa turca y colocarlas en un nuevo pozo, cubrir y tapar el viejo.

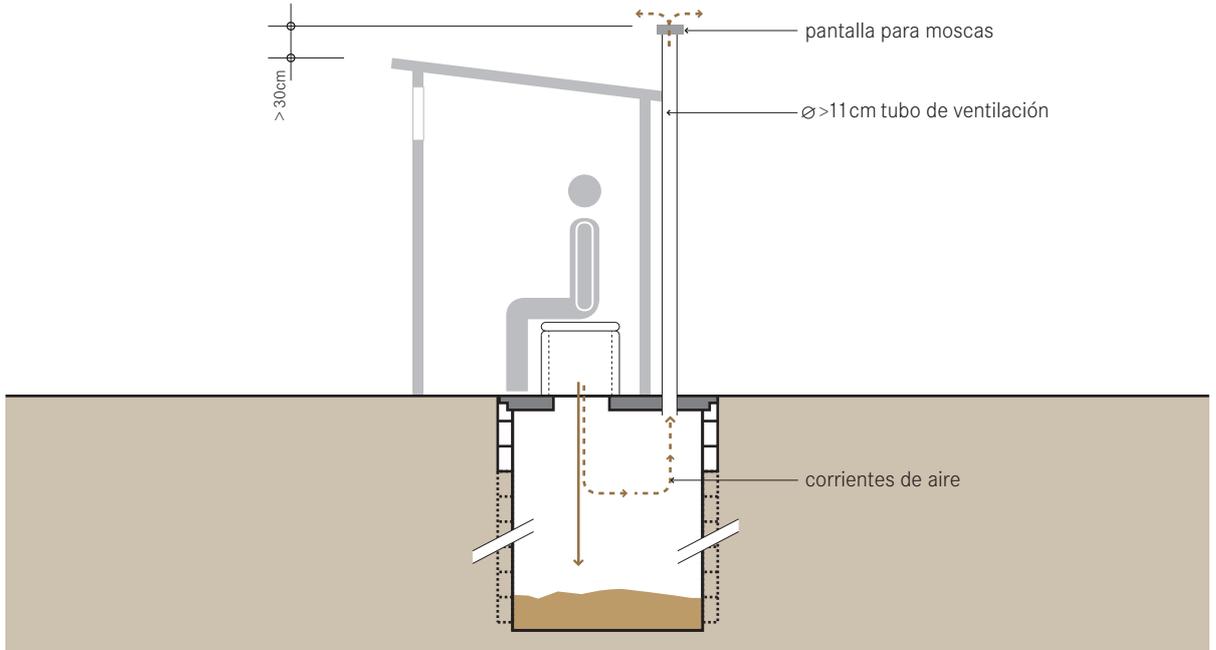
#### Pros y Contras:

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + No requiere una fuente constante de agua
- + Puede ser usado inmediatamente después de la construcción
- + Costos de capital bajos (pero variables) dependiendo de los materiales
- Las moscas y los olores son normalmente perceptibles
- Los lodos requieren tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Los costos de vaciado pueden ser significativos comparados con los costos de capital
- Baja reducción de DBO y de patógenos

#### Referencias

- Brandberg, B. (1997). *Latrine Building. A Handbook for Implementation of the Sanplat System*. Intermediate Technology Publications, Londres. (Un buen resumen de problemas comunes de construcción y cómo evitar errores.)
- Franceys, R., Pickford, J. y Reed, R. (1992). *A guide to the development of on-site sanitation*. OMS, Ginebra. (Para información sobre las tasas de acumulación, tasas de infiltración, construcción general y ejemplos de cálculos de diseño.)
- Lewis, J W., et al. (1982). *The Risk of Groundwater Pollution by on-site Sanitation in Developing Countries*. International Reference Centre for Waste Disposal, Dübendorf, Suiza. (Estudio detallado con respecto a la transportación y extinción de micro organismos y las implicaciones para ubicar tecnologías.)
- Morgan, P. (2007). *Toilets that make compost. Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context*. Stockholm Environment Institute, Suecia. (Describe cómo construir un anillo de soporte/cimientos.)
- Pickford, J. (1995). *Low Cost Sanitation. A Survey of Practical Experience*. Intermediate Technology Publications, Londres. (Información de cómo calcular el tamaño de pozo y la vida de la tecnología.)

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★ Vecindario</li> <li>□ Ciudad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Compartido</li> <li>★ Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excretas</li> <li>Heces</li> <li>Agua de Limpieza Anal</li> </ul>
		Salidas: Lodos Fecales



**El VIP (del inglés Ventilated Improved Pit) Simple es un Pozo Mejorado, Ventilado. Es una mejora sobre el Pozo Simple porque el flujo continuo de aire por la tubería de ventilación alivia los olores y actúa como una trampa para las moscas ya que escapan hacia la luz.**

A pesar de su simplicidad, los VIP Simples bien diseñados pueden no tener olores, y ser más agradables en su uso que algunas otras tecnologías basadas en agua.

Las moscas que se crían en el pozo son atraídas por la luz en la parte alta del tubo de ventilación. Cuando vuelan hacia la luz y tratan de escapar son atrapadas por la pantalla de moscas y mueren. La ventilación también permite que escapen los olores y minimiza la atracción para las moscas.

El tubo de ventilación debe tener un diámetro interno de por lo menos 110 mm hasta un máximo de 150 mm y alcanzar más de 300 mm y estar por encima del punto más alto de la superestructura del retrete. La ventilación funciona mejor en áreas con viento pero donde hay poco viento, su efectividad se puede mejorar pintando el tubo de negro; la diferencia de calor entre el pozo (frío) y la ventila (tibia) crea una corriente que jala el aire y los olores hacia arriba y hacia el exterior del pozo. Para probar la eficacia de la ventilación, un fuego pequeño y con humo puede ser iniciado en el pozo; el humo deberá ser jalado hacia arriba y

afuera del tubo de ventilación y no permanecer en el pozo o en la superestructura.

El tamaño de la malla de la pantalla para moscas debe ser suficientemente grande para prevenir el taponamiento con polvo y permitir que circule el aire libremente. Las pantallas de aluminio con un tamaño de hoyo de 1.2 a 1.5 mm han demostrado ser las más efectivas.

El diámetro superior del Pozo VIP Simple debe ser entre 1 y 1.5 m y debe tener por lo menos 3 m de profundidad, aunque cuanto más profundo, mejor. Los pozos profundos pueden durar hasta 15, 20, 30 o más años. Al filtrarse el efluente del VIP Simple y migrar por el terreno no saturado, se eliminan los organismos fecales. El grado de eliminación de organismos fecales varía con el tipo de terreno, la distancia viajada, la humedad y otros factores ambientales y, por lo tanto, es difícil estimar la distancia necesaria entre un pozo y una fuente de agua. Se recomienda una distancia de al menos 30 m entre el pozo y una fuente de agua para limitar la exposición a contaminación química y biológica.

**Adecuación** Los procesos de tratamiento en el VIP Simple (aeróbico, anaeróbico, deshidratación, compostaje u otros) son limitados y, por lo tanto, la reducción de patógenos y la degradación orgánica no son significativas. Sin embargo, como las excretas están contenidos, la transmi-

sión de patógenos es limitada. Esta tecnología es una mejora significativa sobre los Pozos Simples o la defecación abierta.

Los Pozos VIP Simples son apropiados para las áreas rurales y periurbanas; al igual que los Pozos Simples, en las áreas urbanas o densas son a menudo difíciles de vaciar y/o no tienen suficiente espacio de infiltración. Dependiendo de la profundidad del pozo, la profundidad de los mantos freáticos, el número de usuarios, y las condiciones del terreno, algunos pozos pueden ser usados durante 20 años sin ser vaciados.

Los VIP son especialmente apropiados cuando el agua es escasa y donde hay un bajo nivel freático. Deben ser ubicados en un área con buena brisa. No son adecuados para terrenos rocosos o compactos (que son difíciles de excavar) o para áreas que se inundan frecuentemente.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Un VIP Simple puede ser una opción sanitaria muy limpia, cómoda y bien aceptada. Sin embargo, existen algunos riesgos para la salud:

- La infiltración de la letrina puede contaminar los mantos freáticos;
- Los pozos son susceptibles de falla/derrame durante las inundaciones;
- Hay riesgos para la salud por las moscas que no son completamente eliminadas por la ventilación.

**Mejora** Un retrete VIP Simple puede ser mejorado a un VIP Doble, un Retrete Seco con Separador de Orina (UDDT) si hay uso para la orina, o una Letrina con Arrastre Hidráulico a base de agua si hay agua disponible. Un VIP Doble tiene la adición de un pozo extra así que mientras un pozo está en uso, el contenido del pozo lleno se está drenando, madurando y degradando. Los patógenos son destruidos mucho mejor en un VIP Doble y, por lo tanto, el contenido es menos peligroso al sacarlo del pozo, aunque como el contenido es tan sólido, el contenido no puede ser bombeado y debe ser vaciado manualmente.

**Mantenimiento** Para mantener el VIP Simple libre de moscas y de olores, se requiere limpieza y mantenimiento regulares. Las moscas muertas, telarañas, polvo y otros desechos se deben eliminar de la pantalla de ventilación para asegurar un buen flujo de aire.

#### **Pros y Contras:**

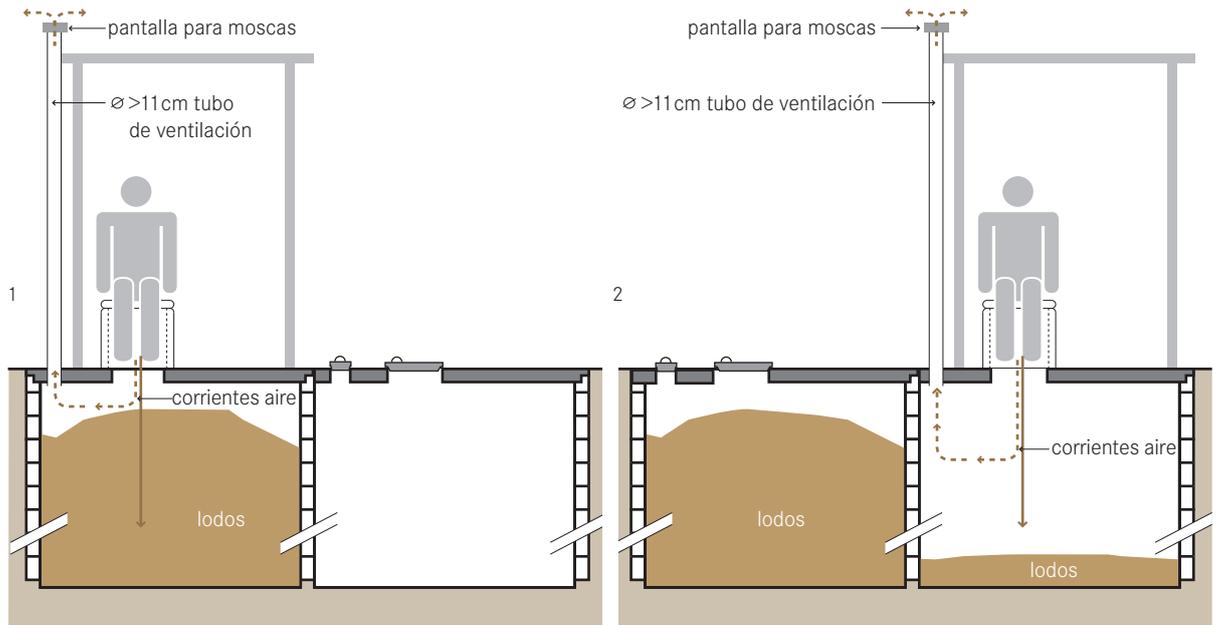
- + Las moscas y los olores son significativamente reducidos (en comparación con los pozos no ventilados)
- + No requiere una fuente constante de agua

- + Adecuado para todos los tipos de usuario (de pedestal, placa turca, lavadores y limpiadores)
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Puede ser usado inmediatamente después de la construcción
- + Costos de capital bajos (pero variables) dependiendo de los materiales y profundidad del pozo
- + Se requiere una pequeña área de terreno
- Los lodos requieren tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Los costos de vaciado pueden ser significativos comparados con los costos de capital
- Baja reducción de DBO y de patógenos

#### **Referencias**

- \_ Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido.  
(Proporciona información detallada de diseño.)
  - \_ Mara DD.. (1984). *The Design of Ventilated Improved Pit Latrines (UNDP Interreg. Project INT/81/047)*. El Banco Mundial + UNDP, Washington.
  - \_ Morgan, PR. (1977). *The Pit Latrine – Revived*. *Central African Journal of Medicine*, 23(1).
  - \_ Morgan, PR. (1979). *A Ventilated Pit Privy*. *Appropriate Technology*, 6 (3).
  - \_ Morgan PR. y Mara, DD. (1982). *Ventilated Improved Pit Latrines: Recent Developments in Zimbabwe*. World Bank Technical Paper no.3.  
Disponible en: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)
  - \_ Morgan, PR. (1990). *Rural Water Supplies and Sanitation*. Blair Research Laboratory y Ministerio de Salud + MacMillan, Harare, Zimbabue.
- Información General:
- \_ Franceys, R., Pickford, J. y Reed, R. (1992). *A guide to the development of on-site sanitation*. OMS, Ginebra.
  - \_ Lewis, JW., et al. (1982). *The Risk of Groundwater Pollution by on-site Sanitation in Developing Countries*. International Reference Centre for Waste Disposal, Dübendorf, Suiza.  
(Estudio detallado con respecto a la transportación y extinción de microorganismos y las implicaciones para ubicar tecnologías.)
  - \_ El Banco Mundial (1986). *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation (UNDP Project INT/82/002)*. El Banco Mundial, Washington.

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★ Vecindario</li> <li>□ Ciudad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Compartido</li> <li>★ Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excretas</li> <li>Heceas</li> <li>Agua de Limpieza Anal</li> </ul>
		<b>Salidas:</b> Composta/EcoHumus



**El VIP Doble tiene casi el mismo diseño que el VIP Simple (S3) con la ventaja adicional de un segundo pozo que permite que la tecnología sea usada continuamente y permite un vaciado más seguro y fácil.**

Al usar dos pozos, un pozo puede ser usado mientras el contenido del Segundo pozo reposa, se drena, se reduce en volumen y se degrada. Cuando el Segundo pozo está casi lleno, (las excretas están a 50 cm de la superficie) se cubre, y el contenido del primer pozo se extrae. Debido al extendido tiempo de reposo (por lo menos 1 año de relleno/reposo) el material debe estar saneado y ser parecido al humus. El VIP Doble es similar a la Tecnología de la Fosa Alterna (S5) con la excepción de que la Fosa Alterna está específicamente diseñada para producir humus y como tal, requiere adición regular de tierra, cenizas y/u hojas.

La superestructura puede extenderse sobre ambos hoyos o puede ser cambiada de un pozo al otro. En cualquier caso, el pozo que no está siendo llenado debe estar completamente cubierto y sellado para evitar que agua, basura y animales (y/o gente) caigan en el pozo. La ventilación de los dos pozos puede ser por medio de un tubo cambiado de uno al otro o bien cada pozo puede estar equipado con su propio tubo. Los pozos en el VIP Doble son continua-

mente usados y deben estar bien recubiertos y tener un buen soporte para asegurar su longevidad.

**Adecuación** El VIP Doble es más adecuado que el VIP Simple para áreas periurbanas más densas. El material es vaciado a mano (escarbado, no bombeado), así que no se requiere el acceso de un camión de vacío.

Los usuarios pueden sacar el material después de un tiempo de reposo de uno o más años, aún cuando los procesos de tratamiento no se hayan completado y el material no sea totalmente higiénico. La tecnología sólo funcionará adecuadamente si los pozos son usados uno después del otro y no al mismo tiempo. Por lo tanto, se requiere una cubierta para el pozo fuera de servicio. Los VIP Dobles son especialmente apropiados cuando el agua es escasa y donde hay un bajo nivel freático. Deben ubicarse en un área con buena brisa. No son adecuados para terrenos rocosos o compactos (difíciles de excavar) o para áreas con inundaciones frecuentes.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El VIP Doble puede ser una opción muy limpia, cómoda y bien aceptada, en algunos casos aún más que la tecnología a base de agua. Sin embargo existen algunos riesgos para la salud:

- La infiltración de la letrina puede contaminar los mantos freáticos;
- Los pozos son susceptibles de falla/derrame durante las inundaciones; y
- Hay riesgos para la salud debido a las moscas que no son completamente eliminadas por la ventilación.

**Mantenimiento** Para mantener el VIP Doble libre de moscas y de olores, se requiere limpieza y mantenimiento regulares. Las moscas muertas, telarañas, polvo y otros desechos se deben eliminar de la pantalla de ventilación para asegurar un buen flujo de aire. El pozo fuera de servicio debe ser bien sellado para reducir la infiltración de agua y se debe planear un calendario para alternarlos.

#### **Pros y Contras:**

- + Vida útil más larga que para el VIP Simple (indefinida si es bien mantenido)
- + Existe el potencial de usar la materia fecal almacenada como acondicionador de terrenos
- + Las moscas y los olores son reducidos significativamente (en comparación con pozos no ventilados)
- + No requiere una fuente constante de agua
- + Adecuado para todos los tipos de usuario (de pedestal, placa turca, lavadores y limpiadores)
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Puede ser usado inmediatamente después de la construcción
- + Se requiere una pequeña área de terreno
- Reducción baja/moderada de patógenos
- Costo de capital más alto que el de un VIP Simple; costos de operación reducidos si lo vacía el usuario

#### **Referencias**

– Mara DD. (1984). *The Design of Ventilated Improved Pit Latrines (UNDP Interreg. Project INT/81/047)*. El Banco Mundial + UNDP, Washington. (Una Buena referencia para información detallada del diseño de VIP de Doble Pozo.)

– Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido. (Descripción general de VIP con un enfoque en el sistema de ventilación.)

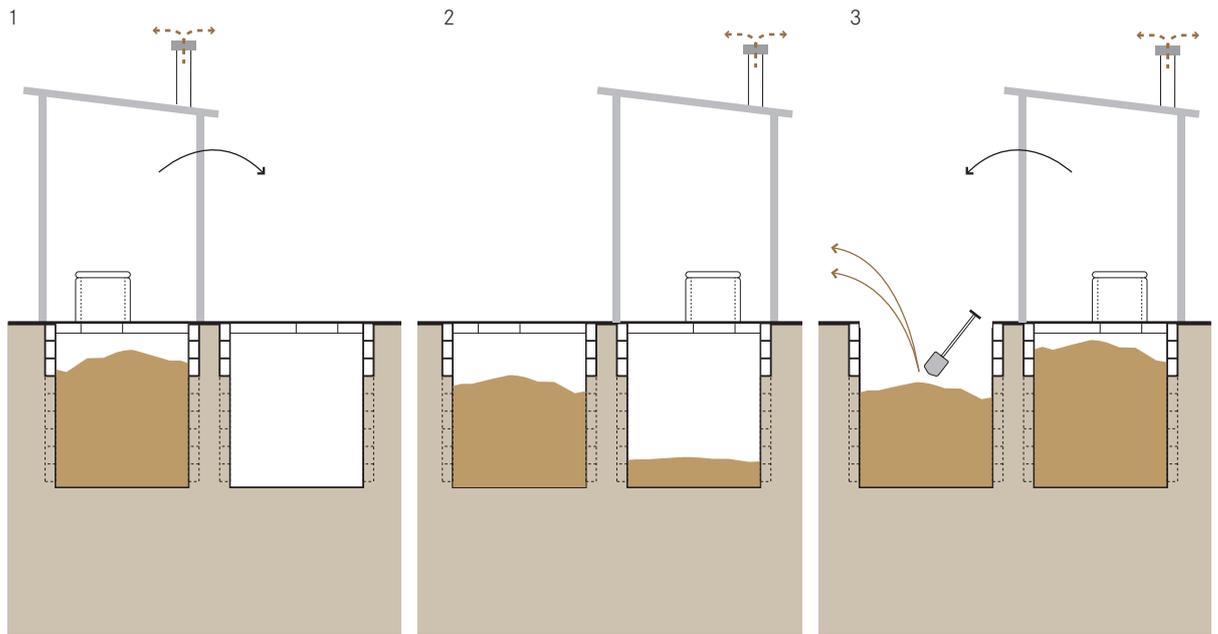
#### Información General:

– Franceys, R., Pickford, J. y Reed, R. (1992). *A guide to the development of on-site sanitation*. OMS, Ginebra.

– Lewis, JW., et al. (1982). *The Risk of Groundwater Pollution by on-site Sanitation in Developing Countries*. International Reference Centre for Waste Disposal, Dübendorf, Suiza. (Estudio detallado con respecto a la transportación y extinción de micro organismos y las implicaciones para ubicar tecnologías.)

– El Banco Mundial (1986). *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation (UNDP Project INT/82/002)*. El Banco Mundial, Washington.

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★ Vecindario</li> <li>□ Ciudad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Compartido</li> <li>★ Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excretas</li> <li>Compuestos Orgánicos</li> <li>Agua de Limpieza Anal</li> </ul>
		<b>Salidas:</b> Composta/EcoHumus



La Fosa Alterna es una tecnología de doble pozo alterna y sin agua (seca). Comparada con el VIP Doble que está diseñado sólo para recolectar, almacenar y tratar parcialmente las excretas, la Fosa Alterna está diseñada para hacer EcoHumus. La Fosa Alterna es excavada a una profundidad máxima de 1.5 m y requiere de una entrada constante de tierra.

Un pozo de la Fosa Alterna usualmente se llena en un periodo de 12 a 24 meses, dependiendo del tamaño del pozo y del número de usuarios. El pozo lleno se degrada durante el periodo en que el segundo pozo se está llenando, lo cual, idealmente, debe durar un año. El material en el pozo lleno se degradará hasta convertirse en una mezcla seca y terrosa que puede ser fácilmente removida manualmente.

Se debe agregar tierra, cenizas y/u hojas al pozo después de defecar (no al orinar). La tierra y las hojas introducen una variedad de organismos como hongos, bacterias y lombrices, que ayudan a la degradación. También aumentan el espacio de los poros, permitiendo las condiciones anaeróbicas. Por otro lado, las cenizas ayudan a controlar las moscas, reducen los olores y hacen la mezcla ligeramente más alcalina.

La Fosa Alterna debe ser usada para orina, pero no se debe agregar agua (se pueden permitir pequeñas canti-

dades de agua de limpieza anal). El agua fomenta el desarrollo de vectores y de patógenos y además llena los espacios y priva a las bacterias aeróbicas del oxígeno que requieren para la degradación. La elección de la Interfase de Usuario determinará el material que entra en el pozo. Como se usa material de relleno para cubrir continuamente los excrementos, se reducen los olores, pero la adición de un tubo de ventilación puede reducirlos aún más.

Los pozos de la Fosa Alterna son relativamente poco profundos con una profundidad de 1.5 m. Aunque los pozos no son profundos, este espacio debe ser más que suficiente para una familia de 6 personas durante todo un año. Para optimizar el espacio, el material que se acumule en el centro del pozo (bajo el retrete) debe ser periódicamente empujado hacia los lados. A diferencia del pozo simple o ventilado que será cubierto o vaciado, el material de la Fosa Alterna está destinado a ser usado. Por lo tanto, es extremadamente importante que no se ponga basura en el pozo ya que reduciría la calidad del material recuperado e incluso puede hacerlo inútil.

Vaciar la Fosa Alterna es más fácil que con otros pozos: Los pozos son menos profundos y la adición de tierra hace que el material sea menos compacto. El material que se saca no es degradable y presenta bajo riesgo de contaminación.

**Adecuación** La Fosa Alterna es apropiada para áreas rurales y periurbanas. Es especialmente adecuada para ambientes con escasa agua. Es una solución útil para las áreas que tienen suelo de baja calidad y que se pueden beneficiar con el material húmico compostado para mejorarlo. Se requiere una fuente constante de tierra, cenizas y/u hojas.

La Fosa Alterna no es apropiada para Aguas Grises ya que el pozo es poco profundo y las condiciones se deben mantener aeróbicas para la degradación. Se debe usar otro sistema en paralelo para las Aguas Grises. Se puede usar un UDDT con la Fosa Alterna, pero sólo en circunstancias en que el terreno no pueda absorber suficientemente la orina o cuando la orina sea muy apreciada para su aplicación.

El material es vaciado a mano de la Fosa Alterna (es escarado, no es bombeado), de modo que no es necesario contar con acceso de un camión de vacío a los pozos.

La tecnología de Fosa Alterna sólo funciona adecuadamente si los pozos son usados uno a la vez y no al mismo tiempo. Por lo tanto, se requiere una cubierta adecuada para el pozo que se encuentra fuera de servicio.

La Fosa Alterna es especialmente apropiada cuando el agua es escasa. No es adecuada para terrenos rocosos o compactos (difíciles de excavar) o para áreas que se inundan frecuentemente.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Al cubrir las heces con tierra/cenizas, las moscas y los olores se mantienen al mínimo. Los usuarios pueden no comprender la diferencia entre la Fosa Alterna y un VIP Doble, aunque si tienen la oportunidad de usar una, la gente debe apreciar las ventajas. Se pueden usar unidades de demostración para mostrar la facilidad del vaciado en comparación con un Pozo Doble. Mantener el contenido sellado en el pozo por lo menos un año para su maduración hace que el material sea más seguro y fácil de manejar. Se deben tomar las mismas precauciones que se toman al manejar composta a la hora de manejar el humus derivado de la Fosa Alterna.

**Mantenimiento** Antes de usar el primer pozo, se debe poner una capa de hojas en el fondo.

Se deben agregar más hojas para aumentar la porosidad y disponibilidad de oxígeno de forma periódica. Después de cada adición de heces al pozo se debe agregar una pequeña cantidad de tierra o cenizas. Para prolongar el tiempo de llenado del pozo, no se recomienda agregar tierra al pozo después de orinar. Ocasionalmente el material acumulado bajo el hoyo del retrete debe ser empujado hacia los lados del pozo para hacer una distribución pareja de los materiales. Dependiendo de las dimensiones, los materiales deben ser vaciados cada año.

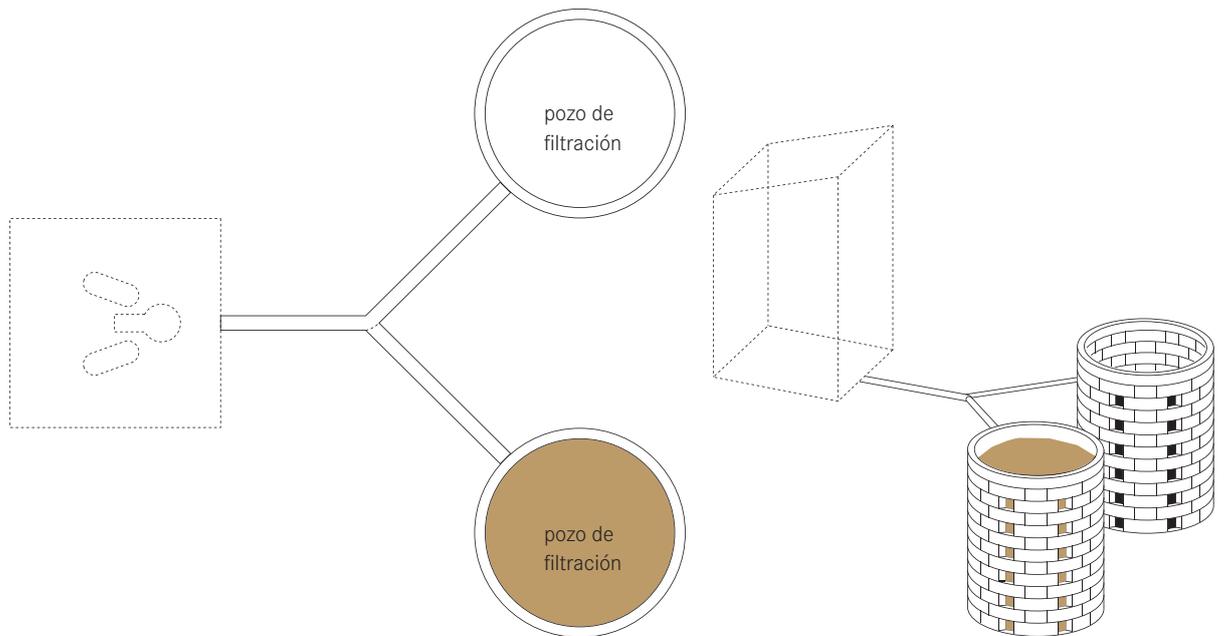
#### **Pros y Contras:**

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Como los pozos son usados alternadamente, su vida útil es prácticamente ilimitada
- + La excavación del humus es más fácil que la de los lodos fecales
- + Existe el potencial de usar la materia fecal almacenada para enriquecer los suelos
- + Las moscas y los olores son reducidos significativamente (en comparación con los pozos no ventilados)
- + No requiere una fuente constante de agua
- + Adecuado para todos los tipos de usuario (de pedestal, placa turca, lavadores y limpiadores)
- + Costos de capital bajos (pero variables) dependiendo de los materiales; costos de operación bajos o nulos, si se realiza el autovaciado
- + Se requiere una pequeña área de terreno
- + Reducción significativa de patógenos
- Requiere una fuente constante de material para cubrir (tierra, cenizas, hojas, etc.)
- La basura puede arruinar las oportunidades de uso de la Composta/EcoHumus

#### **Referencias**

- Morgan, P. (2007). *Toilets that make compost. Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context.* Stockholm Environment Institute, Suecia. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org) (Guía paso a paso para construir una Fosa Alterna.)

<p><b>Nivel de Aplicación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★ Vecindario</li> <li>□ Ciudad</li> </ul>	<p><b>Nivel de Manejo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Compartido</li> <li>★ Público</li> </ul>	<p><b>Entradas:</b> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4a7c59; border: 1px solid black;"></span> Aguas Negras <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #c6d9e1; border: 1px solid black;"></span> Aguas Grises</p> <p><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #e6c99a; border: 1px solid black;"></span> Agua de Limpieza Anal</p> <p><b>Salidas:</b> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4a7c59; border: 1px solid black;"></span> Composta/EcoHumus</p>
--	--	---



**Esta tecnología consiste de dos pozos alternos conectados a un Retrete con Arrastre Hidráulico. Las aguas negras (y las aguas grises) se recolectan en los pozos y se les deja infiltrar lentamente en el terreno circundante. Con el tiempo, los sólidos están suficientemente deshidratados y pueden ser sacados manualmente con una pala.**

La superestructura para la tecnología de Pozos Dobles con agua de arrastre, el retrete y los pozos pueden ser diseñados de varias maneras: el retrete se puede localizar directamente sobre los pozos o a cierta distancia de ellos. La superestructura puede ser construida de manera permanente sobre los dos pozos o puede ser removida de uno a otro lado dependiendo del pozo que esté en uso. No importando el sistema que se diseñe, sólo se usa un pozo a la vez. De esta manera, un ciclo continuo de pozos alternos significa que pueden ser usados indefinidamente.

Mientras un pozo se está llenando con excretas, agua de limpieza y agua de arrastre, el pozo lleno está en reposo. Los pozos deben ser de tamaño adecuado para recibir el volumen de desechos generado en uno o dos años. Esto da suficiente tiempo al contenido del otro pozo para que se transforme en un material seguro, inofensivo y terroso que puede ser excavado manualmente. La diferencia entre esta tecnología y el VIP Doble o la Fosa Alternativa es que permite

la adición de agua y no incluye la adición de tierra o materiales orgánicos. Como es una tecnología basada en agua, los pozos completos requieren un mayor tiempo de retención para degradar el material antes de que pueda ser excavado con seguridad. Se recomienda un tiempo de retención de 2 años. El material degradado es demasiado sólido para ser sacado con un camión de vacío.

Al filtrarse el efluente del pozo y migrar por la matriz del terreno no saturada, se eliminan los organismos fecales. El grado de eliminación de organismos fecales varía con el tipo de terreno, la distancia viajada, la humedad y otros factores ambientales. Hay cierto riesgo de contaminación del acuífero si el nivel freático es alto o variable, fisuras y/o grietas en el lecho rocoso. Los virus y las bacterias pueden viajar cientos de metros en condiciones de saturación. Considerando que a menudo no se conocen las propiedades de los suelos y de los acuíferos, es difícil estimar la distancia necesaria entre un pozo y una fuente de agua. Se recomienda una distancia de 30 m entre el pozo y una fuente de agua para limitar la exposición a contaminación química y biológica.

Se recomienda que los Pozos Dobles sean construidos con 1 m de separación entre ellos para minimizar la contaminación cruzada entre el pozo en maduración y el que está en uso.

También se recomienda que se construyan los pozos a más de 1 m de cualquier cimiento estructural ya que el lixiviado puede afectar negativamente los soportes estructurales. El agua del pozo puede afectar la estabilidad estructural del pozo. Por lo tanto, se deben recubrir todas las paredes en toda la profundidad del pozo para prevenir que se colapse y en los 30 cm superiores se deben cubrir con mortero para prevenir la infiltración directa y asegurar el soporte de toda la superestructura.

**Adecuación** Los Pozos Dobles con agua de arrastre es una tecnología permanente, que es apropiada para áreas donde no es apropiado mover continuamente un retrete de pozo. Es una tecnología a base de agua y sólo es apropiada donde hay una fuente constante de agua de arrastre (p.ej. aguas grises recicladas o agua de lluvia). Las aguas grises pueden ser manejadas junto con las aguas negras en los pozos gemelos.

Esta tecnología no es apropiada para áreas con alto nivel freático o áreas que se inundan frecuentemente. Para que los pozos drenen adecuadamente, los suelos deben tener una buena capacidad de absorción; no son apropiados en suelos arcillosos, compactos o rocosos.

Los Pozos Dobles con agua de arrastre son apropiados para casi todo tipo de densidad de vivienda siempre que haya agua disponible. Sin embargo, no se recomiendan muchos pozos húmedos en un área pequeña ya que no habría suficiente capacidad de absorción en la matriz del terreno para absorber el líquido y el terreno podría sobresaturarse.

El material de los Pozos Dobles es vaciado a mano (escarado, no bombeado), así que no se requiere el acceso de un camión de vacío.

Los Pozos Dobles con agua de arrastre sólo funcionan adecuadamente si son usados uno después del otro y no al mismo tiempo. Por lo tanto, se requiere una cubierta adecuada para el pozo fuera de servicio.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El arrastre hidráulico proporciona un alto nivel de comodidad y limpieza, con pocos olores. Es una opción sanitaria comúnmente aceptada, sin embargo, existen algunos riesgos para la salud:

- La infiltración de las aguas residuales a través de los pozos puede contaminar los mantos freáticos;
- El agua estancada en los pozos puede promover la proliferación de insectos;
- Los pozos son susceptibles de falla/derrame durante las inundaciones.

**Mantenimiento** Los pozos deben vaciarse regularmente y se debe tener cuidado para asegurar que no se inundan durante las estaciones de lluvia. Después del tiempo de reposo recomendado de 2 años, los pozos deben vaciarse manualmente usando palas de mango largo y protección personal adecuada.

Si los pozos son vaciados por el usuario no hay costos operativos excepto por cualquier remplazo en la estructura o loza en caso de daño.

#### **Pros y Contras:**

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Como los pozos son usados alternadamente, su vida útil es virtualmente ilimitada
- + La excavación del humus es más fácil que la de los lodos fecales
- + Existe la posibilidad de usar la materia fecal almacenada para mejorar los suelos
- + Las moscas y los olores son reducidos significativamente (comparado con pozos sin sistema de arrastre hidráulico)
- + Costos de capital bajos (pero variables) dependiendo de los materiales; costos de operación bajos o nulos, si se realiza un autovaciado
- + Reducción moderada de patógenos
- Las excretas requieren remoción manual
- Las obstrucciones en el retrete o en las tuberías son frecuentes cuando se usan materiales gruesos de limpieza

#### **Referencias**

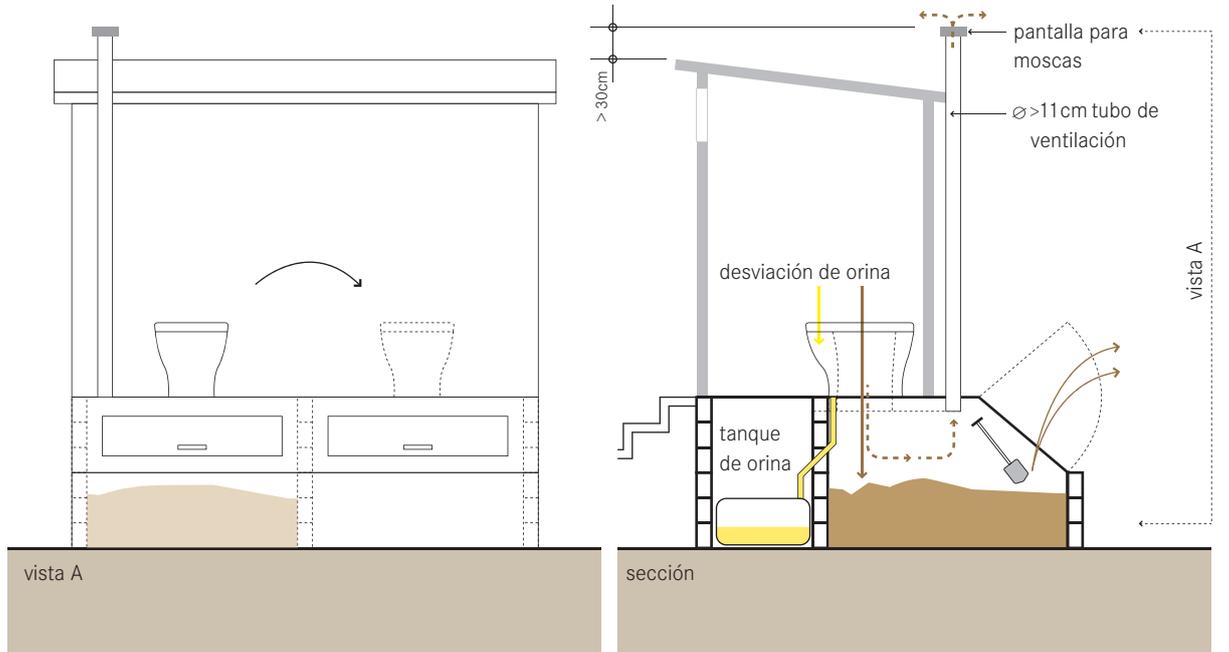
##### Información Detallada de Diseño:

- Roy, AK., et al. (1984). *Manual on the Design, Construction and Maintenance of Low-Cost Pour Flush Waterseal Latrines in India*. (UNDP Interreg. Project INT/81/047). El Banco Mundial + UNDP, Washington.

##### Información General:

- Franceys, R., Pickford, J. y Reed, R. (1992). *A guide to the development of on-site sanitation*. OMS, Ginebra.
- Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido.
- El Banco Mundial (1986). *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation*. (UNDP Project INT/82/002). El Banco Mundial, Washington.

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>(★★) Hogar</li> <li>(★) Vecindario</li> <li>(□) Ciudad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(★★) Hogar</li> <li>(★★) Compartido</li> <li>(★) Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(■) Heces</li> </ul>	
		<th>Salidas:</th>	Salidas:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>(■) Heces Secas</li> </ul>	



Las cámaras de deshidratación son usadas para recolectar, almacenar y secar (deshidratar) las heces. Las heces sólo se deshidratarán cuando las cámaras son impermeabilizadas para evitar que la humedad del exterior entre y cuando la orina y el agua de limpieza son desviadas desde las cámaras.

Cuando la orina es separada de las heces, éstas se secan rápido. Los organismos no pueden crecer en ausencia de humedad, por lo tanto, se minimizan los olores y los patógenos son destruidos. Las cámaras para secar las heces sin orina tienen varios nombres locales. Uno de los nombres más comunes para esta tecnología es el de las Cámaras Dobles Vietnamitas.

Una familia de 6 miembros producirá aproximadamente 500 L. de heces en aproximadamente 6 meses. A efectos de diseño se recomienda asumir que una persona requerirá el almacenamiento de 100 L. de heces cada seis meses. Las cámaras deben ser ligeramente mayores para tomar en cuenta el flujo de aire, variabilidad en el número de usuarios y la distribución dispereja de las heces en la cámara. Cada cámara debe tener el tamaño para acumular seis meses de heces, dejando el mismo tiempo de secado para la cámara fuera de servicio.

Dos cámaras alternas permiten que las heces se deshidra-

ten en una cámara mientras se llena la otra. Cuando se llena una cámara, es sellada y el UDDT (U2) es cambiado a la segunda cámara.

Mientras la segunda cámara se está llenando, las heces en la primera cámara se secarán lentamente y reducirán su volumen. Cuando la segunda cámara se llena, es sellada, se saca el material seco de la primera cámara y se pone en servicio nuevamente.

Las cámaras deben ser impermeables para mantener las heces tan secas como sea posible. Se deben construir las cámaras de bloques sólidos ó de concreto armado para asegurar que el agua de lluvia, la escorrentía subsuperficial, las aguas grises y la orina no entren en las cámaras. La orina puede ser recolectada en una cubeta y descargada al terreno (jardín) o almacenada en un tanque para su futuro transporte o uso.

Se requiere una ventila para ayudar a mantener secas las cámaras y controlar las moscas y los olores.

**Adecuación** Las Cámaras de Deshidratación se pueden instalar en cualquier condición, desde rural hasta urbana, ya que requieren pequeña áreas, los olores son mínimos y son fáciles de usar. Son especialmente adecuadas para áreas con escasez de agua y rocosas. Son también adecuadas para áreas que se inundan frecuentemente ya que las

cámaras son impermeables. Por otro lado, las cámaras se pueden construir dentro de la vivienda y en áreas de poca disponibilidad de terrenos, lo que hace que esta tecnología sea una buena opción en áreas rurales particularmente en climas fríos (donde es menos deseable salir de la vivienda).

**Aspectos de Salud/Aceptación** Las Cámaras de Deshidratación pueden ser una tecnología limpia, cómoda y fácil de usar. Cuando los usuarios están bien educados y comprenden como funciona la tecnología, pueden aceptarla como una solución sanitaria viable.

Cuando se mantienen secas las cámaras, no debe haber problemas con moscas u olores. Las heces de las cámaras dobles deben estar muy secas y relativamente seguras para su manejo siempre que estén cubiertas continuamente con material y no se deje que se humedezcan.

Hay un pequeño riesgo de salud para quienes tienen que vaciar o cambiar el contenedor de orina. Las heces que se han secado durante más de un año representan un bajo riesgo para la salud.

**Mejora** Sin embargo, hay un riesgo cuando se usan cámaras únicas, de que la porción superior de las heces no esté completamente seca y/o higiénica. Las cámaras únicas no son recomendadas (por la necesidad del manejo de heces frescas) y deben, siempre que sea posible, ser mejoradas a unas cámaras dobles.

**Mantenimiento** Para evitar las moscas, minimizar olores y favorecer el secado, se debe usar una pequeña cantidad de cenizas, tierra o cal para cubrir las heces después de cada uso. Se debe tener cuidado de asegurar que no entre agua ni orina en la cámara de deshidratación. Si esto sucede, se debe agregar tierra, cenizas, cal o aserrín para ayudar a absorber el líquido. Como las heces no son realmente degradadas (sólo secadas), los materiales secos de limpieza no se deben agregar a las Cámaras de Deshidratación ya que no se descompondrán. Ocasionalmente el material acumulado bajo el hoyo del retrete debe ser empujado hacia los lados del pozo para un secado más parejo.

Cuando se use agua para la limpieza, se debe instalar una Interfase de Usuario adecuada para desviarla y recolectarla por separado. Para vaciar las cámaras, se deben usar una pala, guantes y posiblemente una máscara (de tela) para limitar el contacto con las heces secas.

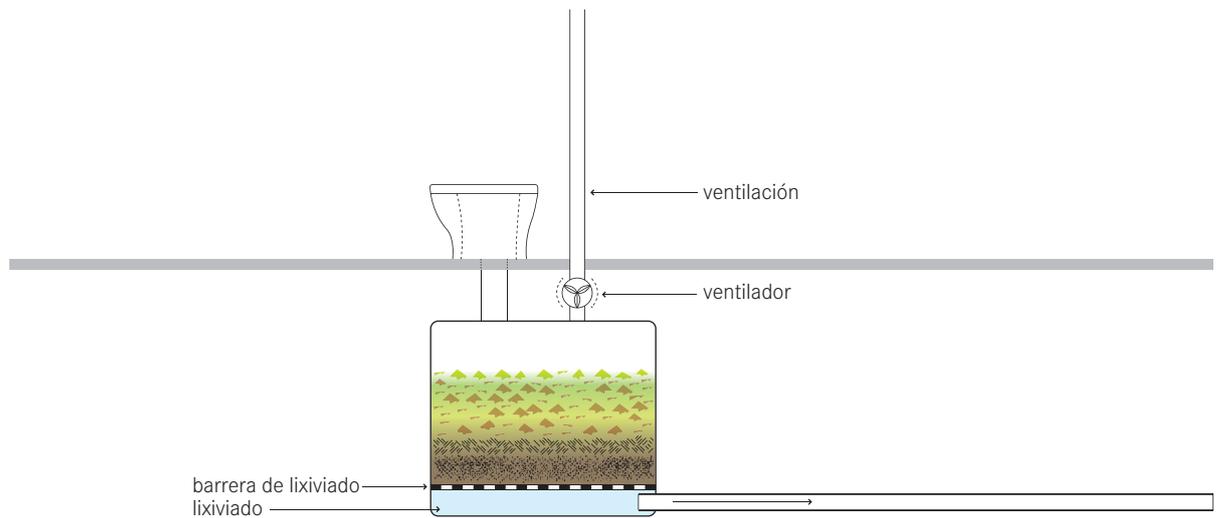
#### Pros y Contras:

- + Pueden ser construidas y reparadas con materiales disponibles localmente
- + Como los pozos son usados alternadamente, su vida útil es prácticamente ilimitada
- + Son buenas para áreas rocosas y/o que se inundan
- + La excavación de las heces secas es más fácil que la de los lodos fecales
- + No hay problemas con moscas ni olores si se usa correctamente
- + No requieren de una fuente constante de agua
- + Adecuadas para todos los tipos de usuario (de pedestal, placa turca, lavadores y limpiadores)
- + Costos de capital bajos (pero variables) dependiendo de los materiales; costos de operación bajos o nulos
- + Se requiere poca área de terreno
- Se requiere educación y aceptación para ser usadas correctamente
- Requieren fuente constante de cenizas, arena o cal
- Requieren un punto de uso/descarga para la orina y las heces
- La orina y las heces se deben sacar manualmente

#### Referencias

- (-) *Manual del Sanitario Ecológico Seco*. Disponible en: [www.zoomzap.com](http://www.zoomzap.com) (Un manual muy detallado para la construcción de las cámaras secas incluyendo instrucciones detalladas y listas de materiales. En Español.)
- Muench, E. v. and Winker, M. (2009). *Technology Review on Urine diversion components. Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany. Available: <http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm> (Information about specialized urinals, which include stench traps and other specialized features, is included.)
- Winblad, U. y Simpson-Herbert, M. (eds.) (2004). *Ecological Sanitation - revised and enlarged edition*. SEI, Estocolmo, Suecia. (Una descripción general de varios diseños y adaptaciones, especialmente el Capítulo 3.)
- Women in Europe for a Common Future (2006). *Urine diverting Toilets: Principles, Operation and Construction*. Disponible en: [www.wecf.org](http://www.wecf.org) (Fotografías y explicación de cómo construir una cámara doble y la superestructura.)

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>(★★) Hogar</li> <li>(★) Vecindario</li> <li>(□) Ciudad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(★★) Hogar</li> <li>(★★) Compartido</li> <li>(★) Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(■) Compuestos Orgánicos</li> <li>(■) Excretas</li> </ul>
		<b>Salidas:</b> (■) Composta/EcoHumus



El compostaje se refiere al proceso por el cual los componentes biodegradables son descompuestos biológicamente bajo condiciones aeróbicas por microorganismos (principalmente bacterias y hongos). Una Cámara de Compostaje convierte las excretas y materiales orgánicos en Composta. La Composta es un producto estable e inofensivo que puede ser manejado con seguridad y usado para enriquecer del terreno.

Esta tecnología requiere usualmente cuatro partes principales:

- 1) un reactor (cámara de almacenamiento);
- 2) una unidad de ventilación para proporcionar oxígeno y permitir que escapen los gases (CO<sup>2</sup>, vapor de agua);
- 3) un sistema de recolección de lixiviado; y
- 4) una puerta de acceso para sacar el producto maduro.

Se puede diseñar una Cámara de Compostaje con distintas configuraciones, y puede ser construida por encima o por debajo de la tierra. Se puede usar un UDDT como la Interfase de Usuario para Cámaras de Compostaje diseñadas específicamente. No se debe agregar Agua de Limpieza Anal ya que puede provocar condiciones anaeróbicas y una capacidad de recolección reducida. Hay cuatro factores que asegurarán el buen funcionamiento del sistema:

- a) aire suficiente (oxígeno), provisto por aireado activo (aire bombeado) o aireado pasivo;
- b) humedad adecuada (el contenido ideal de humedad debe estar entre 45-70%);
- c) la temperatura interna (del montón) de 40-50°C (puede ser controlada con un dimensionamiento adecuado de la cámara);
- d) una relación de carbón/nitrógeno de 25:1 (teóricamente) que se puede ajustar agregando una fuente externa de carbón como papel higiénico, viruta de madera y/o restos vegetales.

Se recomienda diseñarla con un valor de 300L./persona/año para calcular el volumen requerido de la cámara.

**Adecuación** Aunque simple en teoría, las Cámaras de Compostaje no siempre son fáciles de manejar. Se debe controlar la humedad para prevenir condiciones anaeróbicas, la razón de carbón y nitrógeno debe estar bien balanceada y el volumen de la unidad debe ser tal que la temperatura de la composta permanezca entre los 40 y los 50°C. Sin embargo, una vez que el proceso está bien establecido, el sistema es bastante robusto.

Dependiendo del diseño, las Cámaras de Compostaje pueden ser usadas en el interior con la comodidad y conveniencia de un retrete de tanque.

Esta tecnología es apropiada para casi todas las áreas, pero como es compacta y seca, es especialmente adecuada para climas cálidos y para áreas donde la tierra y el agua son limitadas. En climas más fríos, se puede usar también una Cámara de Compostaje en el interior para asegurar que las bajas temperaturas no interrumpan el proceso de compostaje. Una Cámara de Compostaje no puede ser usada para la Recolección y Almacenamiento/Tratamiento de agua de limpieza anal o aguas grises; si el reactor está demasiado húmedo, se establecen condiciones anaeróbicas y habrá problemas de olores y degradación inadecuada.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Si la Cámara de Compostaje está bien diseñada y construida, no debe haber razón para que los usuarios manejen el material por lo menos en el primer año, ni de que, por lo tanto, entren en contacto con patógenos.

Una Cámara de Compostaje que funciona bien no debe producir olores y debe ser fácil de mantener. Si hay suficiente material de cubierta/aglomerado no debe haber problemas de moscas o insectos.

**Mejora** Una Cámara de Compostaje simple puede ser mejorada para incluir un ventilador pequeño, un mezclador mecánico, o múltiples compartimentos para permitir almacenamiento y tiempo de degradación mayores.

**Mantenimiento** Dependiendo del diseño, la Cámara de Compostaje debe ser vaciada cada 2 a 10 años. Sólo se debe sacar la composta completamente madura. Con el tiempo, se depositarán sal u otros sólidos en el tanque o en el sistema de recolección de lixiviado, los cuales se pueden disolver con agua caliente y/o raspándolos.

Se puede usar una prueba de apretón para verificar el nivel de humedad de la Cámara de Compostaje. Una prueba de apretón requiere que el usuario apriete una porción de composta con la mano. La composta no se debe desmoronar y sentir seca, tampoco se debe sentir como una esponja húmeda. En cambio, la composta debe dejar unas cuantas gotas de agua en la mano del usuario.

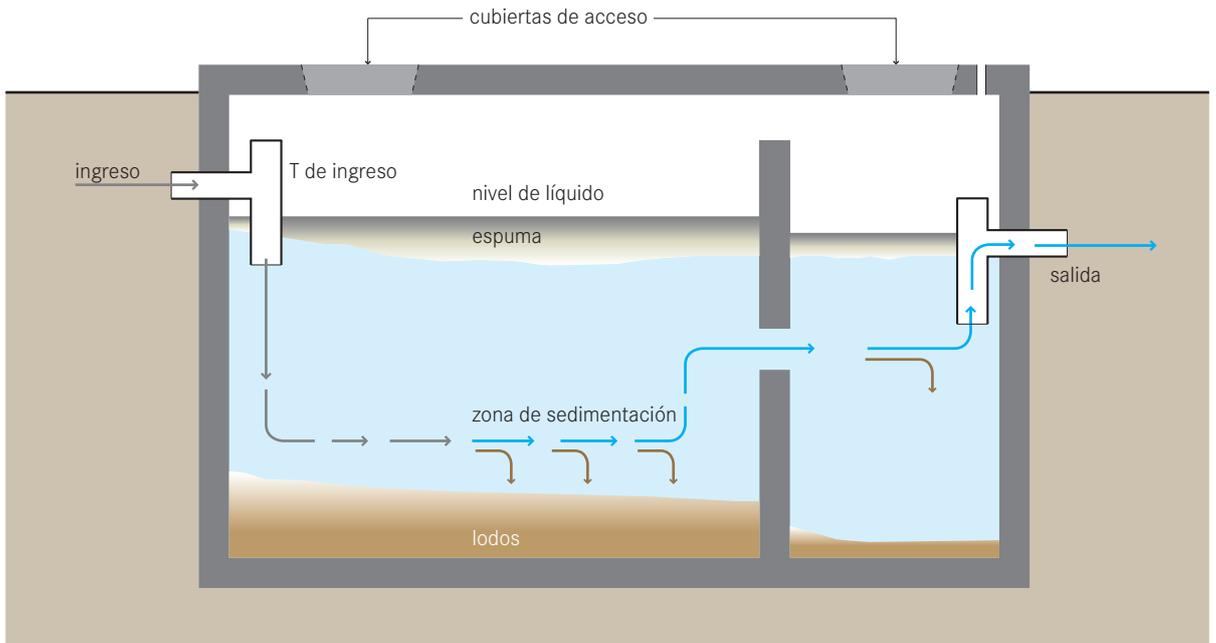
#### Pros y Contras:

- + La composta que es sacada es segura para su manejo y puede ser usada como acondicionador de terreno
- + Puede ayudar a reducir el volumen de los desperdicios sólidos generados por la separador de materiales orgánicos a la unidad de compostaje
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Larga vida de servicio
- + Si es usada correctamente no hay problemas reales con moscas ni olores
- + Costos de capital bajos a moderados dependiendo del vaciado; bajos costos de operación
- + Alta reducción de patógenos
- + No requiere una fuente constante de agua
- El lixiviado requiere tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Requieren diseño experto y supervisión de construcción
- Puede requerir algunas partes especializadas
- Puede requerir un largo tiempo de arranque

#### Referencias

- Del Porto, D. y Steinfeld, C. (1999). *The Composting Toilet System Book. A Practical Guide to Choosing, Planning and Maintaining Composting Toilet Systems, an Alternative to Sewer and Septic Systems*. El Centro de Prevención de Contaminación Ecológica (CEPP), Concord, Massachusetts. (Detallada instalación y mantenimiento para unidades prefabricadas.)
- Drescher, S., Zurbrugg, C., Enayetullah, I. y Singha, MAD. (2006). *Decentralised Composting for Cities of Low and Middle-Income Countries – A User's Manual*. Eawag/Sandec y Waste Concern, Dhaka. Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)
- Jenkins, J. (1999). *The Humanure Handbook-2nd Edition*. Jenkins Publishing, Grove City, PA, USA. Disponible en: [www.jenkinspublishing.com](http://www.jenkinspublishing.com) (Teoría, historia y una guía de retretes de compostaje 'hágallo usted mismo'.)
- USEPA (1999). *Water Efficiency Technology Fact Sheet: Composting Toilets EPA 832-F-99-066*. Disponible en: [www.epa.gov/owm/mtb/comp.pdf](http://www.epa.gov/owm/mtb/comp.pdf) (Información relacionada con la desaparición y riesgos microbiales.)

<b>Nivel de Aplicación</b> (★★) Hogar (★★) Vecindario □ Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> (★★) Hogar (★★) Compartido (★★) Público	<b>Entradas:</b> <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span> Aguas Negras <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span> Aguas Grises
		<b>Salidas:</b> <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span> Lodos Fecales <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:teal; border:1px solid black;"></span> Efluente



**Una Fosa Séptica es una cámara hermética hecha de concreto, fibra de vidrio, PVC o plástico, para el almacenamiento y tratamiento de aguas negras y aguas grises. Los procesos de sedimentación y anaeróbico reducen los sólidos y los materiales orgánicos, pero el tratamiento sólo es moderado.**

Normalmente, una Fosa Séptica debe tener por lo menos dos cámaras. La primera cámara debe tener por lo menos el 50% del largo total y cuando sólo hay dos cámaras, debe tener 2/3 del largo total. La mayoría de los sólidos se asientan en la primera cámara. El separador entre las cámaras es para prevenir que la espuma y los sólidos escapen con el efluente. Una tubería en forma de T reducirá aún más la descarga de espuma y de sólidos.

El líquido fluye al tanque y las partículas pesadas se van al fondo, mientras que la espuma (aceites y grasas) flotan hacia la superficie. Con el tiempo se degradan anaerómicamente los sólidos que se sedimentan en el fondo. Sin embargo, la tasa de acumulación es mayor que la tasa de descomposición, y los lodos acumulados se deben eliminar en un momento dado. Generalmente las Fosas Sépticas se deben vaciar cada 2 a 5 años, aunque deben ser revisadas anualmente para asegurar su buen funcionamiento.

El diseño de una Fosa Séptica depende del número de usuarios, la cantidad de agua usada por individuo, la temperatura promedio anual, la frecuencia de bombeo y las características de las aguas residuales. El tiempo de retención debe ser de 48 horas para alcanzar un tratamiento moderado.

Una variación se llama aquaprivy (pequeña fosa séptica), que es un tanque simple de sedimentación y almacenaje ubicado debajo del retrete, de manera que las excretas cae directo al tanque. Para prevenir que salgan olores, se debe mantener un arrastre hidráulico pero puede no prevenir completamente los olores y el tanque debe ser desazolado con frecuencia.

El efluente debe ser dispersado usando un Pozo de Absorción (D6) o un Campo de Filtrado (D7) o por el transporte del efluente a otra tecnología de tratamiento por medio de un Drenaje Simplificado (C4) o Libre de Sólidos (C5).

**Adecuación** Una Fosa Séptica es apropiada donde hay una forma de dispersar o de transportar el efluente. Como se debe desazolvar regularmente la Fosa Séptica, un camión de vacío debe tener acceso a la ubicación. A menudo se instalan las Fosas Sépticas en la vivienda, bajo la cocina o el baño lo que hace que el vaciado sea difícil.

Si se usan Fosas Sépticas en áreas de densa población, no se debe usar la infiltración in situ ya que el terreno se sobresaturará y el excremento puede aflorar en la superficie estableciendo un serio riesgo sanitario. En vez de esto, la Fosa Séptica debe ser conectada a un drenaje y el efluente debe ser transportado a un tratamiento subsecuente o a un sitio de desecho. Se pueden diseñar Fosas Sépticas más grandes y de varias cámaras para grupos de viviendas y/o edificios públicos (p.ej. escuelas).

Generalmente se puede esperar la eliminación del 50% de los sólidos, 30 a 40% de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la remoción 1-log de E.Coli en una Fosa Séptica bien diseñada, aunque las eficiencias varían mucho en función de las condiciones de operación, mantenimiento y clima.

Las Fosas Sépticas pueden ser instaladas en todo tipo de clima aunque la eficiencia se reduce en climas más fríos. Aún cuando la Fosa Séptica es impermeable, no debe ser construida en áreas de alto nivel freático o donde hay inundaciones frecuentes. Los aquaprivies se pueden construir en el interior y sobre la tierra y son apropiados para áreas rocosas y propensas a inundaciones donde los pozos u otras tecnologías no serían apropiados. Sin embargo, como requieren vaciado frecuente y mantenimiento constante, son recomendables para aplicaciones muy específicas.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Aunque la eliminación de patógenos no es alta, toda la fosa es subterránea, así que los usuarios no entran en contacto con las aguas residuales.

Los usuarios deben tener cuidado al abrir la fosa porque se pueden liberar gases nocivos e inflamables. Las Fosas Sépticas deben tener una ventilación.

Se debe usar un camión de vacío para vaciar los lodos de la Fosa Séptica. Los usuarios no deberán intentar vaciar el pozo por sí mismos excepto con una tecnología manual como el Gulper (C2).

**Mejora** Una Fosa Séptica conectada con un Campo de Filtración (D7) o con un Pozo de Absorción (D6) puede luego ser conectada a un Drenaje Libre de Sólidos (C5) cuando se instala solo uno.

**Mantenimiento** Las Fosas Sépticas deben ser revisadas para asegurar que son herméticas y que los niveles de espuma y de lodos son monitoreados para asegurar que la fosa está funcionando bien. Dado lo delicado de la ecol-

gía, se debe tener cuidado de no descargar productos químicos en la Fosa Séptica.

Se deben succionar anualmente los lodos usando un camión de vacío para asegurar el funcionamiento adecuado de la Fosa Séptica.

#### **Pros y Contras:**

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Larga vida de servicio
- + No hay problemas con moscas ni olores si es usada correctamente
- + Bajos costos de capital; moderados costos de operación dependiendo del agua y del vaciado
- + Se requiere una pequeña área de terreno
- + No requiere energía eléctrica
- Baja reducción de patógenos, sólidos y materiales orgánicos
- El efluente y los lodos requieren tratamiento secundario y/o una descarga apropiada
- Requiere una fuente constante de agua

#### **Referencias**

##### Información Detallada de Diseño:

- Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido.  
(Cálculos de dimensionamiento, volumen y vaciado y ejemplos de soluciones de diseño, Capítulo 6.)
- Polprasert, C. y Rajput, V S. (1982). *Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems*. Centro de Información Sanitaria Ambiental, AIT, Bangkok. Tailandia. pp. 68-74.  
(Manual detallado de diseño)
- Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.  
(Códigos de Hoja de Cálculo de Excel® para dimensionar fosas sépticas.)

##### Información General:

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU.

**Nivel de Aplicación**

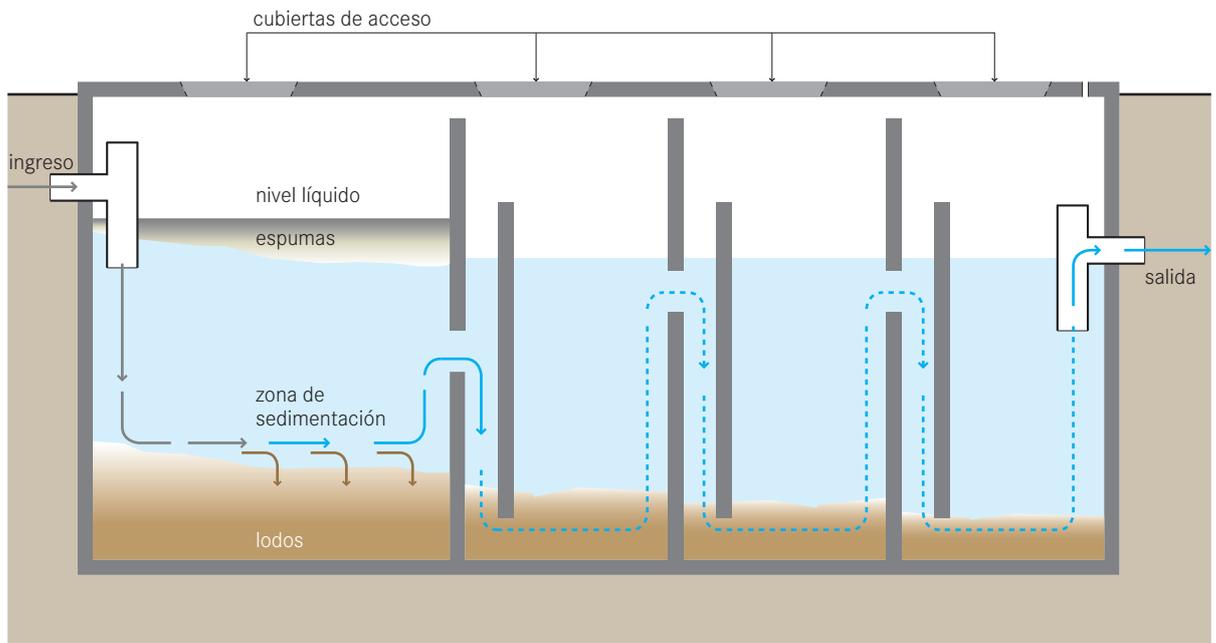
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas:**  Aguas Negras  Aguas Grises

**Salidas:**  Lodos Fecales  Efluente



**Un Reactor Anaeróbico con Deflectores (ABR, del inglés Anaerobic Baffled Reactor) es una fosa séptica mejorada debido a la serie de deflectores por debajo de los cuales se fuerza el flujo de las aguas residuales. El mayor tiempo de contacto con la biomasa activa (lodos) resulta en un tratamiento mejorado.**

La mayoría de los sólidos de sedimentación son eliminados en la cámara de sedimentación en el inicio del ABR, que normalmente representa el 50% del volumen total. Las cámaras de flujo ascendente proporcionan eliminación adicional y digestión de la materia orgánica: la DBO puede reducirse hasta un 90%, lo cual es muy superior a la fosa séptica convencional. Al irse acumulando los lodos, se requiere el desazolva cada 2 o 3 años. Los parámetros críticos de diseño incluyen un tiempo de retención hidráulico (TRH) entre 48 y 72 horas, velocidad de flujo ascendente de las aguas residuales de menos de 0.6 m/h y el número de cámaras de flujo ascendente (2 a 3).

**Adecuación** Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (favor de referirse a la Descripción Tecnológica T1: Reactor Anaeróbico con Deflectores para ver información sobre la aplicación de un Reactor Anaeróbico con Deflectores a nivel comunidad).

Se puede diseñar un ABR para una sola vivienda o para un grupo de viviendas que usan una considerable cantidad de agua para lavado de ropa, baño y retretes de tanque. Es más adecuado si el uso de agua y el suministro de aguas residuales son relativamente constantes.

Esta tecnología es también apropiada para áreas donde el terreno puede estar limitado ya que el tanque es instalado bajo tierra y requiere poca área. No se debe instalar donde haya un alto nivel freático ya que la infiltración puede afectar la eficiencia del tratamiento y contaminar los acuíferos.

Los flujos típicos de entrada varían entre 2,000 a 200,000 L./día. El ABR no opera a toda su capacidad por varios meses después de la instalación debido al largo tiempo de arranque requerido por la digestión anaeróbica de los lodos. Por lo tanto, la tecnología ABR no se debe usar cuando la necesidad de un sistema de tratamiento sea inmediata. Para ayudar al inicio más rápido del ABR, se le puede 'plantar' lodo activado de manera que bacterias activas puedan empezar a trabajar y multiplicarse inmediatamente.

Como el ABR se debe desazolvar regularmente, un camión de vacío debe tener acceso a la ubicación.

Los ABR pueden ser instalados en todo tipo de clima aunque la eficiencia se reduce en climas más fríos.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Aunque la eliminación de patógenos no es alta, el ABR está contenido, así que los usuarios no entran en contacto con las aguas residuales o con patógenos que provocan enfermedades. El efluente y los lodos se deben manejar con cuidado ya que contienen altos niveles de organismos patógenos.

Para prevenir la liberación de gases potencialmente dañinos, el tanque debe tener ventilación.

**Mantenimiento** Los tanques ABR deben ser revisados para asegurar que son impermeables y se deben monitorear los niveles de espuma y lodos para asegurar el buen funcionamiento. Dado lo delicado de la ecología, se debe tener cuidado de no descargar productos químicos en el ABR.

Los lodos deben ser sacados anualmente usando un camión de vacío para asegurar el buen funcionamiento del ABR.

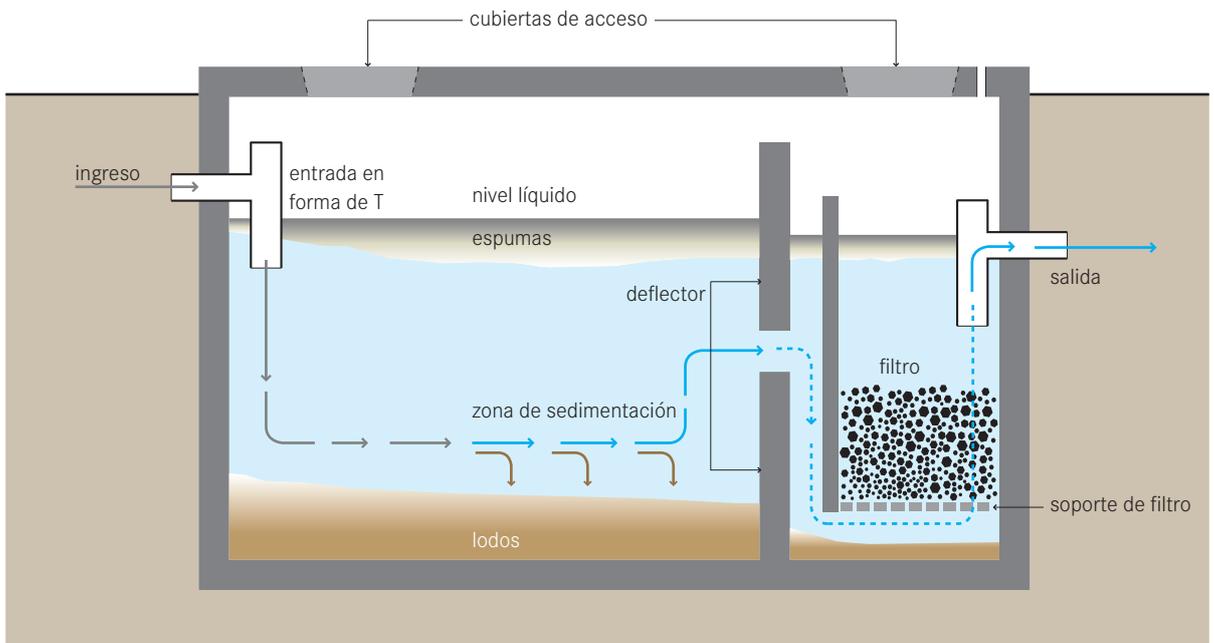
#### **Pros y Contras:**

- + Resistente a cargas de choque orgánicas e hidráulicas
- + No requiere energía eléctrica
- + Se pueden manejar las aguas grises simultáneamente
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Larga vida útil
- + No hay problemas con moscas ni olores si es usada correctamente
- + Alta reducción de materiales orgánicos
- + Costos de capital moderados, costos de operación moderados dependiendo del vaciado; puede ser de bajo costo dependiendo del número de usuarios
- Requiere una fuente constante de agua
- El efluente requiere tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Baja eliminación de patógenos
- Requiere diseño y construcción por expertos
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones

#### **Referencias**

- \_ Bachmann, A., Beard, V L. y McCarty, P L. (1985). Performance Characteristics of the Anaerobic Baffled Reactor. *Water Research* 19 (1): 99-106.
- \_ Foxon, K M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F. y Buckley, CA. (2004). The anaerobic baffled reactor (ABR): An appropriate technology for on-site sanitation. *Water SA* 30 (5) (Special edition). Disponible en: [www.wrc.org.za](http://www.wrc.org.za)
- \_ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.  
(Resumen de diseño incluyendo un programa de diseño basado en Excel.)

<b>Nivel de Aplicación</b> (★★) Hogar (★★) Vecindario ( ) Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> (★★) Hogar (★★) Compartido (★★) Público	<b>Entradas:</b> ( ) Aguas Negras ( ) Aguas Grises
		<b>Salidas:</b> ( ) Lodos Fecales ( ) Efluente



**Un Filtro Anaeróbico es un reactor biológico de cama fija. Al fluir las aguas residuales por el filtro, se atrapan las partículas y se degrada la materia orgánica por la biomasa que está adherida al material del filtro.**

Esta tecnología consiste en un tanque de sedimentación (o fosa séptica) seguido de una o más cámaras de filtración. Los materiales comúnmente usados para el filtro incluyen grava, piedras quebradas, carboncillo, o piezas de plástico formadas especialmente. El tamaño típico de los materiales del filtro varían entre 12 y 55 mm de diámetro. Idealmente, el material proporcionará entre 90 y 300 m<sup>2</sup> de superficie por 1 m<sup>3</sup> de volumen del reactor. Al proporcionar una gran superficie para la masa bacteriana, hay un mayor contacto entre la materia orgánica y la biomasa activa que la degrada efectivamente.

El Filtro Anaeróbico puede ser operado ya sea con flujo ascendente o descendente. Se recomienda el modo de flujo ascendente porque hay un menor riesgo de que la biomasa fijada sea arrastrada. El nivel de agua debe cubrir el material del filtro por lo menos 0.3 m para garantizar un régimen de flujo regular.

Los estudios han demostrado que el TRH es el parámetro de diseño más importante que afecta el desempeño del filtro. Lo normal y recomendable es un TRH de entre 0.5 y 1.5 días.

Se ha demostrado que lo adecuado es una tasa de carga superficial máxima (p.ej. flujo por área) de 2.8 m/d. La eliminación de sólidos suspendidos y de DBO puede ser llegar hasta entre 85% a 90% pero normalmente está dentro de 50% y 80%. La eliminación de Nitrógeno es limitada y normalmente no excede del 50% en lo que se refiere a nitrógeno total (N<sub>T</sub>).

**Adecuación** Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (ver la Descripción Tecnológica T2: Reactor Anaeróbico para ver información sobre la aplicación de un Filtro Anaeróbico a nivel comunidad).

Se puede diseñar un Filtro Anaeróbico para una sola vivienda o para un grupo de viviendas que usan una considerable cantidad de agua para lavado de ropa, baño y retretes de tanque. Sólo es apropiada si el uso de agua es elevado ya que ello garantiza que el suministro de agua es constante.

El Filtro Anaeróbico no opera a toda su capacidad de seis a nueve meses después de la instalación debido al largo tiempo de arranque requerido por la biomasa para estabilizarse. Por lo tanto, la tecnología de Filtro Anaeróbico no debe ser usada cuando es inmediata la necesidad de una tecnología de tratamiento. Una vez trabajando a toda su

capacidad, es una tecnología estable que requiere poca atención.

El Filtro Anaeróbico debe ser hermético, aún así no debe ser construido en áreas de nivel freático alto o donde hay inundaciones frecuentes.

Dependiendo de la disponibilidad de terreno y el gradiente hidráulico del drenaje (si es el caso), el Filtro Anaeróbico puede ser construido sobre o bajo tierra. Puede ser instalado en todo tipo de clima aunque su eficiencia se reduce en climas más fríos.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Como la unidad del Filtro Anaeróbico es subterránea, los usuarios no entran en contacto con el afluente o el efluente. Los organismos infecciosos no son suficientemente eliminados, así que el efluente debe ser tratado adicionalmente o descargado adecuadamente. El efluente, aun con tratamiento, tendrá un fuerte olor. Por lo tanto, se debe procurar diseñar y ubicar las instalaciones de manera que los olores no molesten a los miembros de la comunidad.

Se deben ventilar los Filtros Anaeróbicos para prevenir la liberación de gases potencialmente dañinos.

El desazolve del filtro es peligroso y se deben tomar medidas de seguridad apropiadas.

**Mantenimiento** Se deben agregar bacterias activas para iniciar el Filtro Anaeróbico. Las bacterias activas pueden provenir de los lodos de una fosa séptica rociados en el material del filtro. Se debe incrementar el flujo con el tiempo, y el filtro debe trabajar a máxima capacidad de seis a nueve meses.

Con el tiempo los sólidos tapan los poros del filtro. Asimismo, la masa creciente de bacterias será demasiado gruesa y se romperá y tapan los poros. Se requiere un tanque de sedimentación antes del filtro para evitar que la mayoría de los sólidos entren en la unidad. El taponamiento parcial aumenta la capacidad del filtro para retener sólidos. El filtro debe ser limpiado cuando baje su eficiencia. Los filtros se limpian haciendo funcionar el sistema en modo inverso para desbloquear la biomasa acumulada y las partículas. También se puede extraer y limpiar el filtro.

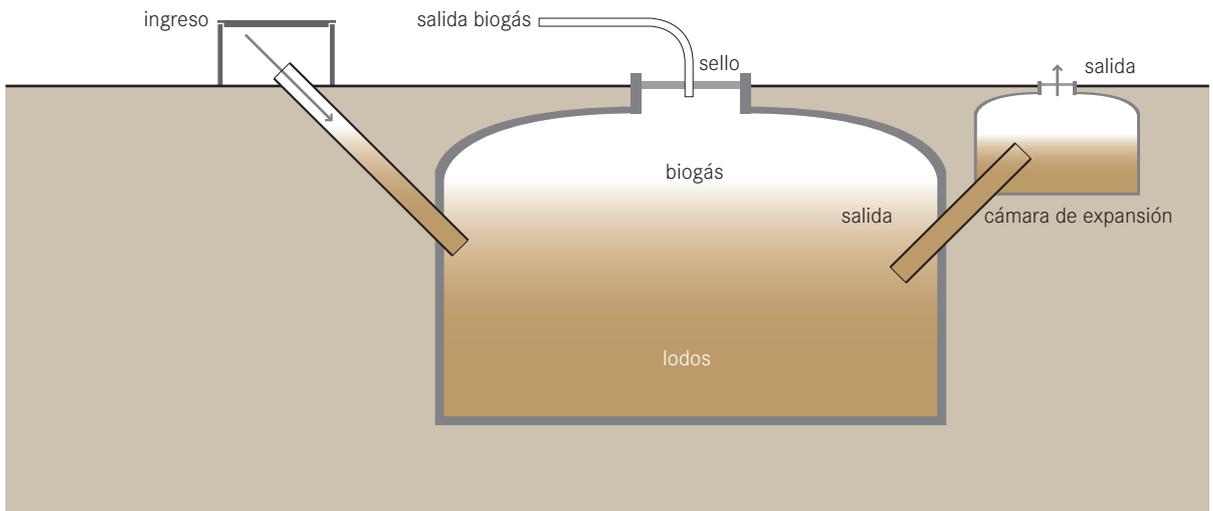
#### Pros y Contras:

- + Resistente a cargas de choque orgánicas e hidráulicas
- + No requiere energía eléctrica
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Larga vida útil
- + Costos de capital moderados, costos de operación moderados dependiendo del vaciado; puede ser reducido dependiendo del número de usuarios
- + Alta reducción de DBO y sólidos
- Requiere una fuente constante de agua
- El efluente requiere tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Baja eliminación de patógenos y nutrientes
- Requiere diseño y construcción por expertos
- Largo tiempo de arranque

#### Referencias

- Morel A. y Diener S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Suiza.  
(Pequeño resumen incluyendo estudios de caso, Pág. 28.)
- Polprasert, C. y Rajput, V S. (1982). *Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia. pp. 68-74.  
(Pequeño resumen de diseño.)
- Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.  
(Resumen de diseño incluyendo un programa de diseño basado en Excel.)
- von Sperlin, M. y de Lemos Chernicharo, C A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. Volume One*. IWA, Londres. pp. 728-804.  
(Instrucciones detalladas de diseño)
- Vigneswaran, S., et al. (1986). *Environmental Sanitation Reviews: Anaerobic Wastewater Treatment-Attached growth and Sludge blanket process*. Environmental Sanitation Information Center, AIT Bangkok, Tailandia.  
(Criterios de diseño y diagramas en el Capítulo 2.)

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Vecindario</li> <li>★★ Ciudad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Compartido</li> <li>★★ Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lodos Fecales</li> <li>■ Aguas Negras</li> <li>■ Compuestos Orgánicos</li> </ul>
		Salidas:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lodos Tratados</li> <li>■ Efluente</li> <li>■ Biogás</li> </ul>



**Un Reactor Anaeróbico de Biogás es una tecnología de tratamiento anaeróbico que produce (a) un lodo digerido para ser usado como corrector de terrenos y (b) biogás que puede ser usado para energía. El biogás es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otras trazas de gases que pueden fácilmente generar electricidad, luz y calor.**

Un Reactor Anaeróbico de Biogás es una cámara que facilita la degradación anaeróbica de las aguas negras, lodos y/o desechos biodegradables. También facilita la separación y recolección del biogás que es producido. Se pueden construir por encima o por debajo del suelo. Se pueden construir tanques prefabricados o cámaras de ladrillo dependiendo del espacio, de los recursos y del volumen de desechos generado.

El tiempo de retención hidráulico (TRH) en el reactor debe ser como mínimo 15 días en climas cálidos y 25 días en climas templados. Se debe considerar un TRH de 60 días para entradas altamente patogénicas. Normalmente los Reactores Anaeróbicos de Biogás no son calentados, pero para asegurar la destrucción de los patógenos se deben calentar (p.ej. una temperatura sostenida de 50°C), aunque en la práctica, esto sólo se encuentra en los países más industrializados.

Cuando los productos entran en la cámara de digestión, se forman los gases por fermentación. El gas se forma en el lodo, pero se recolecta en la parte superior del reactor, mezclando los lodos al ir ascendiendo.

Los reactores de biogás se pueden construir con un domo fijo o con domo flotante. El volumen del reactor es constante en el reactor de domo fijo. Al generarse el gas, se ejerce presión y se desplazan los lodos hacia una cámara de expansión. Cuando se saca el gas, los lodos fluyen de regreso a la cámara de digestión. La presión generada puede ser usada para transportar el biogás por la tubería. En un reactor de domo flotante, el domo asciende y desciende con la producción y retiro del gas. Alternativamente, el domo se puede expandir (como un globo).

Muy a menudo los reactores de biogás se conectan directamente con retretes de interior (privados o públicos) con un punto de acceso adicional para los materiales orgánicos. A nivel de vivienda, se pueden hacer los reactores a partir de contenedores plásticos o ladrillos, y se pueden construir o enterrar detrás de la vivienda. Los tamaños varían desde 1,000 L. para una familia hasta 100,000 L. para aplicaciones públicas o institucionales.

El lodo producido es rico en materiales orgánicos y nutrientes, pero casi inodoro y parcialmente desinfectado (la destrucción completa de patógenos requeriría condi-

ciones termofílicas). A menudo se usa un reactor de biogás como una alternativa para la fosa séptica convencional, ya que ofrece un nivel similar de tratamiento, pero con el beneficio adicional del biogás. Dependiendo del diseño y de las entradas, el reactor debe ser vaciado una vez cada 6 meses a 10 años.

**Adecuación** Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (favor de referirse a la Descripción Tecnológica T15: Reactor Anaeróbico de Biogás para información sobre la aplicación a nivel de la comunidad).

Es mejor usar los reactores de biogás para productos concentrados (ricos en material orgánico). Si son instalados para una vivienda sola que está usando una cantidad significativa de agua, se puede mejorar considerablemente la eficiencia del reactor agregando estiércol animal y desechos orgánicos biodegradables.

Dependiendo del terreno, la ubicación y del tamaño requerido, se puede construir el reactor por encima o por debajo del suelo (incluso por debajo de caminos). Para aplicaciones urbanas se pueden instalar pequeños reactores de biogás en los techos o en un patio. Para minimizar las pérdidas de distribución, se deben instalar cerca de donde se usará el gas.

Los reactores de biogás son menos apropiados para climas fríos ya que la producción de gas no es factible por debajo de 15°C.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El lodo digerido no está completamente saneado y aún conlleva el riesgo de infección. También hay peligros asociados con los gases inflamables que, si son mal manejados, pueden ser peligrosos para la salud humana.

Por seguridad, el Reactor Anaeróbico de Biogás debe ser bien construido y hermético al gas. Si el reactor es bien diseñado, las reparaciones deben ser mínimas. Para arrancar el reactor, se deben usar lodos activos (p.ej. de una fosa séptica) como iniciador. El tanque es esencialmente automezclado, pero debe ser revuelto manualmente una vez por semana para prevenir reacciones dispares.

Los equipos de gas se deben limpiar cuidadosa y regularmente de manera que se prevengan la corrosión y las fugas. La arena que se asiente en el fondo debe ser sacada una vez al año. Los costos de capital para la infraestructura de transmisión pueden incrementar el costo del proyecto.

Dependiendo de la calidad de la salida, los costos de capital de la transmisión pueden ser aminorados por los ahorros de energía a largo plazo.

#### Pros y Contras:

- + Generación de una fuente de energía valiosa y renovable
- + Bajos costos de capital y de operación
- + La construcción subterránea minimiza el uso de terreno
- + Larga vida útil
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + No requiere energía eléctrica
- + Pequeña área requerida (la mayor parte de la estructura puede ser construida bajo tierra)
- Requiere diseño experto y construcción capacitada
- No es factible la producción de gas por debajo de los 15°C
- Los lodos digeridos y el efluente requieren tratamiento

#### Referencias

- \_ Food and Agriculture Organization (FAO) (1996). *Biogas Technology: A Training Manual for Extension*. Consolidated Management Services, Kathmandu. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org)
- \_ Mang, H. and Li, Z. (2010). *Technology review on Biogas sanitation for black water or brown water, or excreta treatment and reuse in developing countries*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany. Available: <http://www.gtz.de/en/dokumente/gtz2009-en-technology-review-biogas-sanitation.pdf>
- \_ Koottatep, S., Ompong, M. y Joo Hwa, T. (2004). *Biogas: A GP Option For Community Development*. Asian Productivity Organization, Japón. Disponible en: [www.apo-tokyo.org](http://www.apo-tokyo.org)
- \_ Rose, GD. (1999). *Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: options for urban agriculture*. IDRC, Ottawa. pp. 29-32. Disponible en: <http://idrinform.idrc.ca>
- \_ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.

## Transporte

C

Las tecnologías en esta sección son responsables de mover o transportar Productos de una tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento in situ a una tecnología posterior de tratamiento, Uso y/o Desecho.





**Nivel de Aplicación**

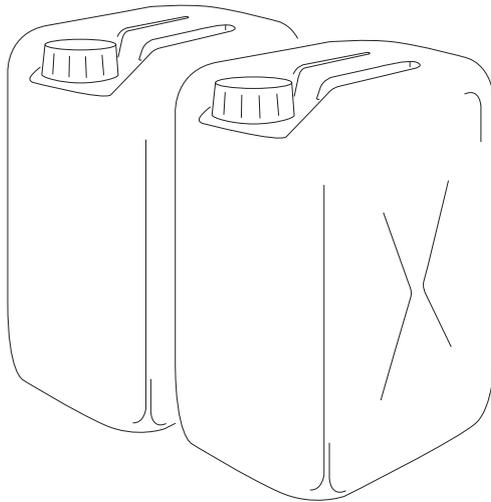
- Hogar
- Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- Hogar
- Compartido
- Público

**Entradas/Salidas:**

- Orina
- Orina Almacenada



Los bidones son contenedores plásticos ligeros que pueden ser fácilmente llevados por una persona y siempre están disponibles. Cuando están cerrados, pueden ser usados para almacenar o transportar orina fácilmente y sin derrames. En caso de que la orina separada no pueda ser usada cerca del punto de producción, puede ser transportada en un bidón o tanque a unas instalaciones centrales de recolección/almacenaje o para su aplicación en terrenos agrícolas.

En promedio, una persona genera 1.5 L. de orina al día, aunque esta cantidad puede variar significativamente dependiendo del clima y del consumo de líquidos. Se puede esperar que una familia de 5 miembros llene un bidón de 20 L. en aproximadamente 2 días. La orina puede entonces ser almacenada in situ o ser transportada inmediatamente.

Para complejos o comunidades en que todos tienen sistemas de separador de orina, puede ser más apropiado tener un tanque de almacenamiento semicentralizado más grande que pueda ser transportado por otros medios. Cuando son comunes los sistemas de separador de orina, una micro-empresa puede especializarse en la recolección y transporte de bidones usando bicicleta, vagoneta o burro con un carro.

**Adecuación** Un bidón bien cerrado es una forma efectiva para transportar orina en cortas distancias. Es económico, fácil de limpiar y de reutilizar. Este tipo de transporte es apropiado sólo para áreas donde los puntos de generación y de uso (p.ej. el hogar y el campo) están cercanos entre sí, de otra forma se requiere otro sistema de recolección y distribución más formal.

Los bidones pueden ser usados en ambientes fríos (donde se congela la orina) siempre y cuando no estén completamente llenos. La orina congelada almacenada puede ser usada en los meses más calientes cuando se le requiere para la agricultura.

Dadas las cuestiones de seguridad y las dificultades de transporte, ningún otro líquido (aguas negras o aguas grises) debe ser transportado en bidones.

**Aspectos de Salud/Aceptación** No debe haber ningún riesgo de salud para los que llevan un bidón, ya que generalmente la orina es estéril y los bidones sellan bien. Como llevar un bidón puede no ser la actividad más placentera, ciertamente es más conveniente y menos costoso vaciar un pozo.

En algunas ubicaciones la orina tiene un valor económico y puede ser recolectada de manera gratuita de los hogares.

Las familias que invierten el tiempo en el transporte y uso de su propia orina pueden ser recompensadas con una mayor producción agrícola mejorando la salud y/o el ingreso de la familia.

**Mejora** Si la orina es vista como un producto, negocios locales pueden recolectarla y transportarla de manera gratuita o por una pequeña cuota.

**Mantenimiento** Para minimizar el crecimiento bacterial, la acumulación de lodos y los malos olores, los bidones se deben lavar frecuentemente.

#### Pros y Contras

- + Muy bajos costos de capital y operación.
- + Potencial de creación local de empleos y generación de ingreso
- + Fácil de limpiar y reutilizar
- + Bajo riesgo de transmisión de patógenos
- Pesado para su acarreo
- Puede haber derrames

#### Referencias

- \_ Austin, A. and Duncker L. (2002). *Urine-diversion. Ecological Sanitation Systems in South Africa*. CSIR, Pretoria, Sudáfrica.
- \_ Muench, E. v. and Winker, M. (2009). *Technology Review on Urine diversion components. Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany.  
Available: <http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm>  
(Information about specialized urinals, which include stench traps and other specialized features, is included.)
- \_ Morgan, P. (2007). *Toilets that make compost*. Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia.  
Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ Morgan, P. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa: A Compilation of Experiences*. Aquamor, Harare, Zimbabwe. Capítulo 10: La utilidad de la Orina.  
Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of innovative, low-cost technologies for toilets, collection, transportation, treatment and use of sanitation products*. Netherlands Water Partnership, Países Bajos.
- \_ Schonning, C. y Stenstrom, TA. (2004). *Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems-Report 2004-1*. EcosanRes, Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia.  
Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ Winblad, U. and Simpson-Herbert, M. (eds.) (2004). *Ecological Sanitation – revised and enlarged edition*. Instituto del Medio Ambiente, Estocolmo, Suecia.  
Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ OMS (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, Excreta and Greywater - Volume 4: Excreta and Greywater use in agriculture*. OMS, Ginebra.  
Disponible en: [www.who.int](http://www.who.int)

**Nivel de Aplicación**

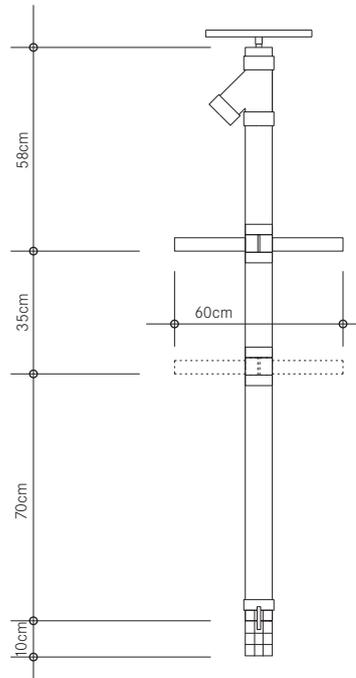
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas/Salidas:**

- Lodos Fecales
- Heces Secas
- Composta/EcoHumus
- Aguas Negras



**El Vaciado y Transporte por Medios Humanos se refiere a las diferentes maneras en las cuales la gente puede manualmente vaciar y/o transportar lodos y aguas residuales.**

El Vaciado y Transporte por Medios Humanos de pozos y tanques se puede referir a una de tres cosas:

- 1) uso de cubetas y palas;
- 2) uso de una bomba manual diseñada especialmente para lodos (p.ej. la Bomba Pooh o la Gulper); y
- 3) usando una bomba portátil operada manualmente (p.ej. MAPET: Manual Pit Emptying Technology - Tecnología Manual de Vaciado de Pozo).

Algunas tecnologías sanitarias sólo pueden ser vaciadas manualmente, por ejemplo, la Fosa Alternativa (S5) o las Cámaras de Deshidratación (S7). Esas tecnologías deben ser vaciadas con una pala porque el material es sólido y no puede ser sacado con vacío o con bomba. Cuando los lodos son viscosos o líquidos se debe vaciar con una bomba de mano, una MAPET o un camión de vacío, y no con las cubetas por el alto riesgo de que se colapsen los pozos, de los vapores tóxicos, y la exposición a los lodos insalubres. El tipo de vaciado que puede y debe ser empleado es muy específico a la tecnología que requiere ser vaciada.

Las bombas manuales de lodos como la Bomba Pooh o el

Gulper son invenciones relativamente nuevas y han mostrado ser prometedoras como soluciones de bajo costo y efectivas para el vaciado de lodos donde, debido al acceso, la seguridad o la economía, otras técnicas de vaciado de lodos no son posibles. La bomba funciona con el mismo concepto que una bomba de agua: se mueve la manija, el líquido (lodos) asciende desde la parte baja de la bomba y es forzado a través de un grifo (pitón de lodos). Las bombas manuales se pueden hacer localmente con varillas de acero y válvulas en una funda de PVC. La parte baja de la tubería se baja en el pozo o tanque mientras el operador permanece en la superficie para operar la bomba, por lo tanto no hay la necesidad de que alguien entre al pozo. Al empujar y jalar la manija, el operador bombea los lodos hacia el eje principal y luego lo descarga a través del pitón de descarga en forma de V. Los lodos descargados pueden ser recolectados en barriles, bolsas o carros, y sacados del sitio sin ensuciar mucho y sin peligro para el operador.

Una MAPET es una bomba de mano conectada a un tanque de vacío montado en un carro empujado. Se conecta una manguera al tanque y se usa para succionar los lodos de un pozo. Cuando se gira la bomba manual, se succiona aire del tanque de vacío y los lodos son succionados hacia el tanque. Dependiendo de la consistencia de los lodos, la MAPET puede bombear hasta una altura de 3 m.

**Adecuación** Las bombas manuales son apropiadas para áreas que no pueden ser atendidas por camiones de vacío, como cuando el vaciado es demasiado costoso, o donde las calles estrechas y los malos caminos limiten el acceso de un camión de vacío. La bomba manual es una mejora significativa sobre el método de la cubeta y puede representar una oportunidad de negocio sostenible en algunas regiones. La MAPET también es adecuada para asentamientos urbanos e informales, aunque en ambos casos la distancia a un punto adecuado de descarga de lodos es un factor limitante. Estas tecnologías son más factibles donde hay una Estación de Transferencia (C7) o una Estación de Descarga al Alcantarillado (C8) cercana.

Un programa gubernamental de vaciado implementó un esquema de vaciado manual con gran éxito al proporcionar empleo a miembros de la comunidad con protección y salario adecuados.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Dependiendo de factores culturales y apoyo político, los que vacían manualmente pueden ser vistos como proveedores de un importante servicio a la comunidad.

Los programas gubernamentales deben buscar legitimizar la labor del trabajador y ayudar a mejorar el clima social al proporcionar permisos, licencias y ayuda para legalizar la práctica del vaciado manual de letrinas.

El aspecto más importante del vaciado manual es asegurar que los trabajadores estén adecuadamente protegidos con guantes, botas, overoles y máscaras. Se deben requerir exámenes médicos regulares y vacunas para todos los que trabajen con los lodos.

**Mejoras** Para ahorrar tiempo, se pueden usar camiones de vacío en lugar de la labor manual si es apropiado y/o está disponible.

**Mantenimiento** La MAPET y las bombas de lodos requieren mantenimiento diario (limpieza, reparación y desinfección). Los trabajadores que vacían letrinas manualmente deberán limpiar y mantener su ropa protectora y su herramienta para evitar el contacto con los lodos.

Si se requiere romper la loza para tener acceso manual a los contenidos de un pozo, puede ser más económico usar un Gulper para vaciar la letrina. El Gulper no puede vaciar todo el pozo y por lo tanto, puede requerirse el vaciado más frecuente (anual), sin embargo, esto puede ser una alternativa más económica que remplazar una loza rota.

#### Pros y Contras:

- + Potencial de generación local de empleos y de ingreso
- + El Gulper puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Capital bajo a moderado; costos variables de operación dependiendo del punto de descarga (no es práctico el transporte de lodos a más de 0.5 Km.)
- + Proporciona servicio a áreas/comunidades sin alcantarillado
- + Fácil de limpiar y reutilizar
- Puede haber derrames
- Proceso lento: Puede tomar varias horas / días dependiendo del tamaño del pozo
- MAPET requiere algunas reparaciones especializadas (soldadura)

#### Referencias

- \_ Eales, K. (2005). *Bringing pit emptying out of the darkness: A comparison of approaches in Durban, South Africa, and Kibera, Kenya*. Building partnerships for Development in Water and Sanitation, Reino Unido. Disponible en: [www.bpd-waterandsanitation.org](http://www.bpd-waterandsanitation.org) (Una comparación de dos proyectos de vaciado manual.)
- \_ Ideas at Work (2007). *The 'Gulper' - a manual latrine/drain pit pump*. Ideas at Work, Camboya. Disponible en: [www.ideas-at-work.org](http://www.ideas-at-work.org)
- \_ Muller, M. y Rijnsburger, J. (1994). *MAPET. Manual Pit-latrines Emptying Technology Project. Development and pilot implementation of a neighborhood based pit emptying service with locally manufactured hand pump equipment in Dar es Salaam, Tanzania. 1988-1992*. WASTE Consultants, Países Bajos.
- \_ Oxfam (n.d.). *Manual Desludging Hand Pump (MDHP) Resources*. Oxfam, Reino Unido. Disponible en: <http://desludging.org>
- \_ Pickford, J. y Shaw, R. (1997). *Emptying latrine pits*. *Waterlines*, 16(2): 15-18. (Breviario Técnico, No. 54). Disponible en: [www.lboro.ac.uk](http://www.lboro.ac.uk)
- \_ Sugden, S. (n.d.). *Excreta Management in Unplanned Areas*. London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Reino Unido. Disponible en: <http://siteresources.worldbank.org>

**Nivel de Aplicación**

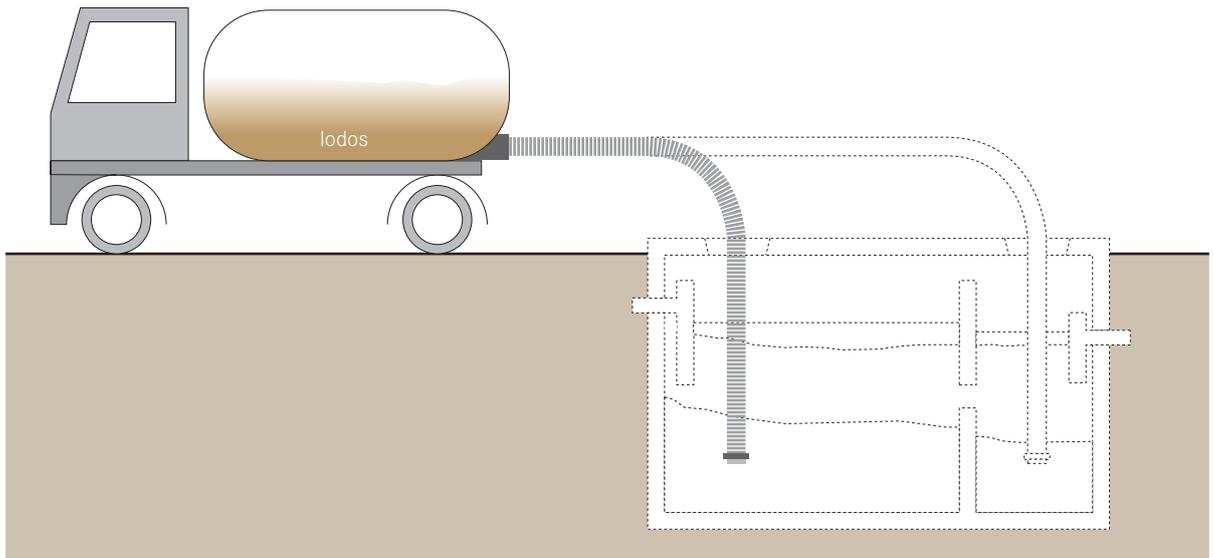
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- ★ Ciudad

**Nivel de Manejo**

- Hogar
- ★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas/Salidas:**

- Orina
- Lodos Fecales
- Aguas Negras



**El Vaciado y Transporte Motorizado se refiere a un camión de vacío u otro vehículo equipado con una bomba motorizada y un tanque de almacenamiento para vaciar y transportar los lodos fecales, las aguas residuales y la orina. Se requiere de humanos para operar la bomba y maniobrar la manguera, pero no levantan o transportan los lodos.**

La bomba se conecta a una manguera que es bajada a un tanque construido (p.ej. fosa séptica) o pozo, y los lodos son bombeados al tanque de almacenamiento en el camión. Generalmente la capacidad de almacenamiento de un camión de vacío está entre 3,000 y 10,000 L. Se pueden requerir varias cargas de un camión para fosas sépticas grandes.

Los camiones de vacío pueden ser operados por las agencias responsables del alcantarillado o por empresarios privados, aunque el precio y nivel de servicio pueden variar significativamente. Algunos operadores públicos no brindan servicio a asentamientos informales, y operadores privados pueden ofrecerlo a un precio reducido, pero sólo pueden hacerlo de manera económica si no vacían los lodos en unas instalaciones certificadas. El costo de contratar un camión de vacío puede a veces ser la parte más costosa de operar un sistema sanitario para algunos

propietarios. El Proyecto UN-HABITAT Vacutug fue concebido en 1995 con la meta de desarrollar ‘un sistema completamente sustentable para vaciar letrinas de pozo en áreas periurbanas no planeadas y campos de refugiados en los países en desarrollo’. El Vacutug consiste de un tanque de vacío de acero de 0.5 m<sup>3</sup> conectado a una bomba de vacío que es conectada a un motor de gasolina. A nivel de tierra, el vehículo puede alcanzar los 5 Km/h. Los lodos pueden ser descargados por gravedad o por ligera presurización de la bomba. Los resultados recientes indican que bajo ciertas circunstancias (número constante de pozos, estación de transferencia, corta distancia de transferencia, etc.) el Vacutug puede ser sustentable y cubrir sus costos de operación y mantenimiento.

**Adecuación** Aunque se han desarrollado vehículos más pequeños y maniobrables, los grandes camiones de vacío siguen siendo la norma para los municipios y autoridades Sanitarias. Desafortunadamente, los grandes camiones no pueden tener acceso a todos los pozos/fosas sépticas, especialmente en áreas con caminos angostos o de difícil acceso. También, los camiones de vacío pueden raramente hacer viajes a áreas periurbanas o rurales ya que el ingreso generado del vaciado puede no cubrir el costo de combustible y tiempo.

Dependiendo de la tecnología de recolección o tratamiento, el material que necesita ser bombeado puede ser tan denso que no pueda ser bombeado fácilmente. En estas situaciones es necesario diluir los sólidos con agua para que fluyan más fácilmente, pero esto puede ser ineficiente y costoso. Si no hay agua disponible, puede ser necesario sacar manualmente los desechos. En general, mientras esté más cerca la bomba de vacío del pozo, más fácil será vaciarlo. La velocidad crítica de los lodos requerida para el bombeo depende de la distancia desde la bomba de vacío y de su fuerza, los lodos son sumamente específicos para cada sitio. La basura y la arena también hacen que vaciar el pozo sea mucho más difícil.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Hay dos mejoras de salud derivadas del uso de un tanque para vaciar una letrina de pozo o una fosa séptica: (1) el vaciado mantiene la tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento y reduce el riesgo de desbordamiento y (2) el uso de un camión reduce la necesidad del vaciado manual, el cual es bastante inseguro y antihigiénico. Aún así, los operadores de los camiones de vacío pueden ser menospreciados por la comunidad y pueden enfrentar dificultades para encontrar ubicaciones adecuadas para tirar y tratar los lodos recolectados.

**Mantenimiento** El mantenimiento es una parte crucial de la operación de un camión de vacío. Usualmente los camiones no son nuevos y a menudo requieren atención constante para evitar paros. La falta de mantenimiento preventivo es a menudo la causa de reparaciones mayores.

La mayoría de los camiones bomba son fabricados en Norteamérica o en Europa. Así, es difícil localizar refacciones y un mecánico local que repare las bombas y los camiones descompuestos. Es difícil obtener nuevos camiones, son muy caros y por ello apenas se compran. Los camiones locales son comúnmente adaptados para servir como camiones de vacío equipándolos con tanques de almacenamiento y aspiradoras.

El mantenimiento representa por lo menos un cuarto de los costos en los que incurre el operador de un camión de vacío. El combustible y el aceite representan otro cuarto

de los costos totales de operación. Los propietarios/operadores deben ser concientes para ahorrar dinero en la compra de refacciones costosas, llantas y equipo, cuyo remplazo puede ser esencial para el desempeño del camión de vacío.

#### **Pros y Contras:**

- + Rápido y generalmente eficiente
- + Potencial de creación local de empleos y generación de ingreso
- + Proporciona servicio esencial a áreas sin alcantarillado
- No puede bombear lodos gruesos secos (deben ser removidos manualmente o diluidos con agua)
- La basura en los pozos puede tapar la manguera
- Costos de capital muy altos; costos variables de operación dependiendo del uso y del mantenimiento
- Las bombas pueden succionar hasta una profundidad de 2 a 3 m y la bomba debe estar localizada a no más de 30 m del pozo
- No todas las partes y materiales están disponibles localmente
- Pueden tener dificultad en el acceso

#### **Referencias**

- Brikké, F. y Bredero, M. (2003). *Linking technology choice with operation and maintenance in the context of community water supply and sanitation: A reference document for planners and project staff*. OMS y Centro de Sanidad y Agua IRC, Ginebra.  
Disponible en: [www.who.int](http://www.who.int)  
(El Capítulo 8 proporciona una evaluación del vaciado por vacío.)
- Boesch, A. y Schertenleib, R. (1985). *Pit Emptying On-Site Excreta Disposal Systems. Field Tests with Mechanized Equipment in Gaborone (Botswana)*. IRCWD, Suiza.  
Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)  
(Resumen detallado de componentes técnicos, desempeño con diferentes tipos de lodos y mantenimiento.)
- Issaias, I. (2007). *UN-HABITAT Vacutug Development Project: Technical report of field trials 2003-2006*. Water, Sanitation and Infrastructure Branch, UN-HABITAT, Nairobi, Kenya.

**Nivel de Aplicación**

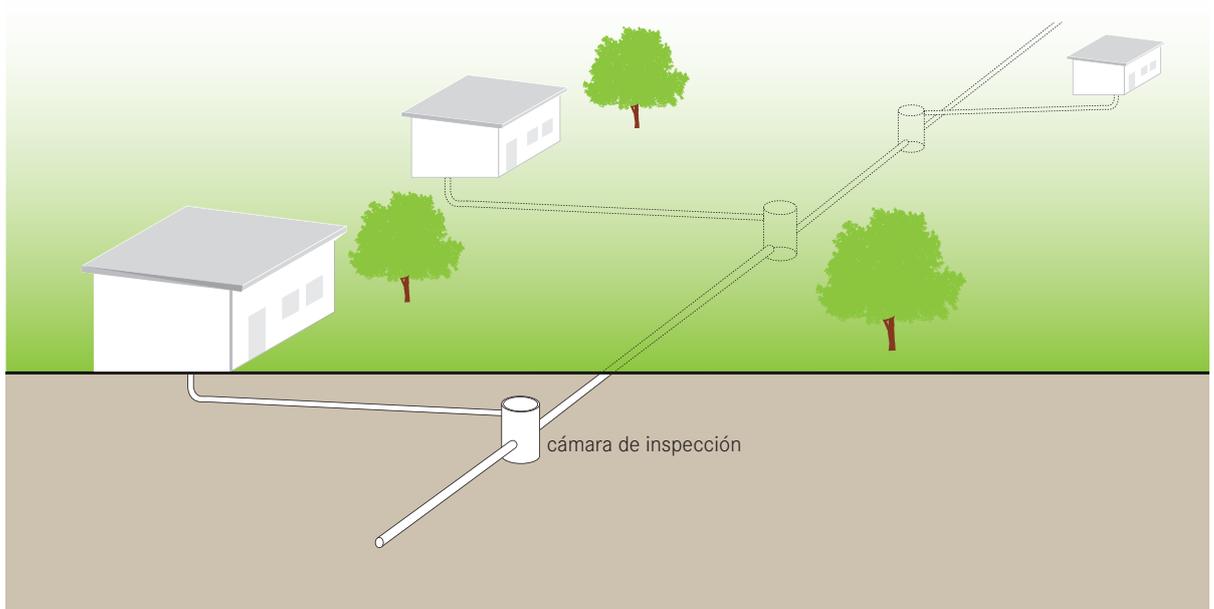
- Hogar
- Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- Hogar
- Compartido
- Público

**Entradas/Salidas:**

- Aguas Negras
- Aguas Grises



**Alcantarillado Simplificado describe una red de alcantarillado que se construye usando tubería de diámetro dispuesta a una profundidad y en pendientes menores al alcantarillado convencional. El Alcantarillado Simplificado permite un diseño más flexible asociado con menores costos y un mayor número de viviendas conectadas.**

Los pozos de registro son reemplazados por cámaras de inspección simples. Cada punto de descarga es conectado con un tanque interceptor para prevenir que entren en la red sólidos y basura. Asimismo, cada vivienda debe tener una trampa de grasas antes de la conexión con la red. Otra característica clave de diseño es que las alcantarillas están dispuestas dentro de los límites de la propiedad, no bajo la calle central. Como las alcantarillas son más comunales, a menudo se les llama alcantarillado comunal ó condominal. Frecuentemente la comunidad se conecta por medio de una conexión legal al alcantarillado principal y el efluente combinado de la red comunal fluye a la línea principal. Como el alcantarillado simplificado está dispuesto en o alrededor de la propiedad de los usuarios, se pueden alcanzar tasas mayores de conexión, y se pueden usar menos tubos, más cortos, también menos excavación ya que los tubos no estarán sujetos al tráfico pesado.

Sin embargo, este tipo de Tecnología de Transporte requiere una cuidadosa negociación entre los participantes, ya que el diseño y el mantenimiento se deben coordinar de manera conjunta.

Todas las Aguas Grises deben conectarse al Alcantarillado Simplificado para asegurar una carga hidráulica adecuada. Las cámaras de inspección también funcionan para atenuar las descargas pico en el sistema. Por ejemplo, un alcantarillado de 100 mm de diámetro colocado en una pendiente de 1 m en 200 m (0.5%) tendrá una capacidad de servicio para alrededor de 200 viviendas de 5 personas (1,000 usuarios) con un flujo de agua de 80 L./persona/día.

Aunque el alcantarillado hermético es lo ideal, puede ser difícil lograrlo, por lo tanto los alcantarillados deben ser diseñados para recibir parte de flujo adicional que resulta de la infiltración de aguas pluviales.

Grupos de Alcantarillados Simplificados comunitarios son conectados a un Alcantarillado por Gravedad Convencional o enrutados a un Alcantarillado Simplificado principal construido con tubería de un diámetro mayor. Un Alcantarillado Simplificado principal puede ser colocado a una profundidad superficial siempre y cuando sean colocados lejos del tráfico.

**Adecuación** Donde el terreno es rocoso o los acuíferos son altos, puede ser problemática la excavación para la tubería. Bajo estas circunstancias, el costo de la instalación de los alcantarillados es significativamente mayor que en condiciones favorables. A pesar de esto, el Alcantarillado Simplificado es menos costoso que el Alcantarillado por Gravedad Convencional es menor la profundidad de la instalación.

Los Alcantarillados Simplificados pueden ser instalados en casi todos los tipos de asentamientos y son especialmente apropiados para asentamientos urbanos densos. Para prevenir las obstrucciones y mantener funcionando el alcantarillado, se requiere un buen pretratamiento. Se recomienda que la suciedad de las aguas grises, los sólidos pesados y la basura sean eliminados de las aguas residuales antes de entrar al alcantarillado.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Si son bien construidos y con buen mantenimiento, los alcantarillados son medios seguros e higiénicos para transportar el agua residual. Los usuarios deben ser bien educados sobre los riesgos para la salud asociados con el mantenimiento y limpieza de obstrucciones y cámaras de inspección.

**Mejora** Las cámaras de inspección en las viviendas pueden ser fosas sépticas de manera que entren menos sólidos a la red de Alcantarillado Simplificado, pero esto aumentará los costos de mantenimiento asociados con el vaciado de las fosas sépticas.

**Mantenimiento** Es esencial el pretratamiento con tanques de intercepción y trampas de grasa y corresponde al propietario debe mantenerlos. De manera ideal, los propietarios deben ser responsables del mantenimiento de los alcantarillados, sin embargo en la práctica esto no es factible. De manera alternativa, un contratista privado o un comité de usuarios puede ser contratado para tomar la responsabilidad del mantenimiento ya que los usuarios sin experiencia pueden que no detecten problemas que pudieran volverse severos, y por lo tanto, de reparación más costosa. Un problema asociado es que las viviendas pueden drenar aguas pluviales al alcantarillado. Esta práctica debe ser evitada siempre que sea posible. Usualmente los taponamientos se pueden remover abriendo el alcantarillado y forzando un alambre rígido por el alcantarillado. Las cámaras de inspección deben ser vaciadas periódicamente para prevenir que entre arenilla en el sistema.

#### Pros y Contras:

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a los obreros locales
- + Los costos de capital son entre un 50 y un 80% menores que los de el Alcantarillado por Gravedad Convencional; los costos de operación son bajos
- + Pueden extenderse al crecer y cambiar la comunidad
- Requieren diseño por expertos y supervisión de la construcción
- Requiere reparaciones y eliminación de obstrucciones más frecuentemente que el Alcantarillado por Gravedad Convencional
- El efluente y los lodos (de los interceptores) requieren tratamiento secundario y/o una descarga apropiada

#### Referencias

- Azevedo Netto, MM. y Reid, R. (1992). *Innovative and Low Cost Technologies Utilized in Sewerage*. Technical Series No. 29, Environmental Health Program. Pan American Health Organization, Washington DC. (Referirse a los Capítulos 3 y 4 para los diagramas de componentes y fórmulas de diseño.)
- Bakalian, A., Wright, A., Otis, R. y Azevedo Netto, J. (1994). *Simplified sewerage: design guidelines*. Water and Sanitation Report No. 7. Banco Mundial + UNDP, Washington. (Guías de diseño para cálculos manuales.)
- HABITAT (1986). *The design of Shallow Sewer Systems*. United Nations Centre for Human Settlements (HABITAT), Nairobi, Kenya. (Herramientas detalladas de diseño y ejemplos prácticos.)
- Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido. pp. 109-139. (Resumen detallado incluyendo ejemplos de diseño.)
- Mara, DD. (1996). *Low-Cost Sewerage*. Wiley, Chichester, Reino Unido. (Evaluación de diferentes sistemas de bajo costo y estudios de caso.)
- Mara, DD., et al. (2001). *PC-based Simplified Sewer Design*. Universidad de Leeds, Inglaterra. (Cobertura detallada de la teoría y el diseño incluyendo un programa para ser usado como ayuda en el diseño.)
- Watson, G. (1995). *Good Sewers Cheap? Agency-Customer Interactions in Low-Cost Urban Sanitation in Brazil*. Water and Sanitation Division, Washington, D.C. (Un resumen de proyectos de gran escala en Brasil.)

**Nivel de Aplicación**

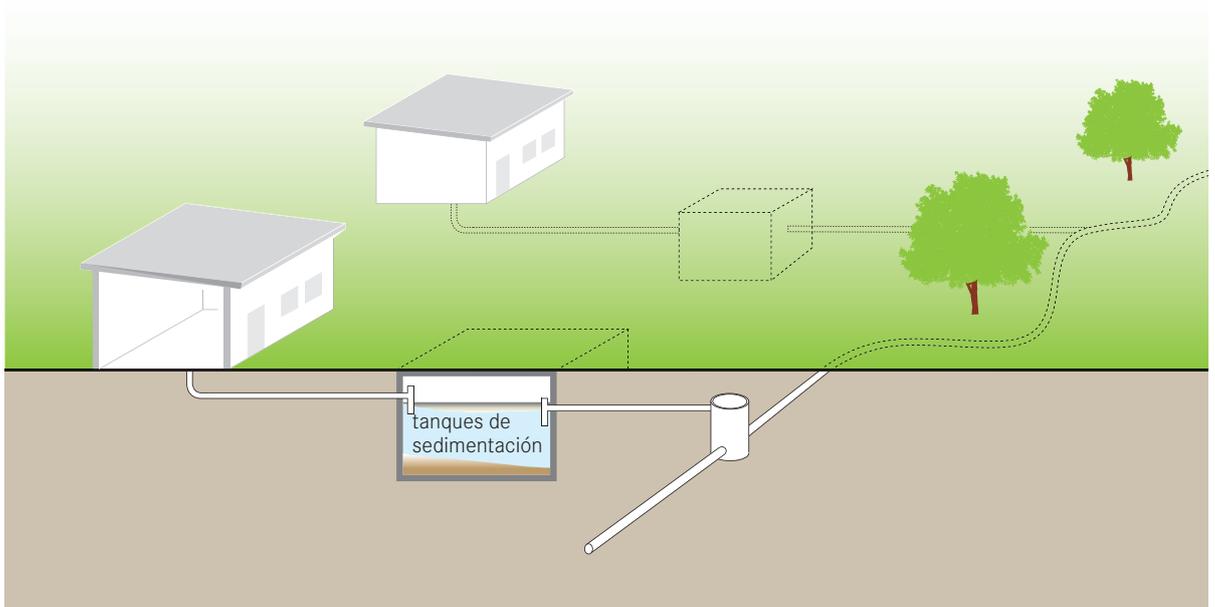
- Hogar
- Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- Hogar
- Compartido
- Público

**Entradas/Salidas:**

- Efluente



**Un Alcantarillado Libre de Sólidos es una red de tuberías de diámetro pequeño que transporta aguas residuales sin sólidos o pretratada (efluente de fosa séptica o de tanque de sedimentación) a unas instalaciones de tratamiento adicional o a un punto de descarga. Los alcantarillados Libres de Sólidos también son conocidos como asentados, de pequeño calibre, de diámetro pequeño, de gravedad de grado variable, o alcantarillados de gravedad de efluente de fosa séptica.**

Una condición previa para las redes de Alcantarillado Libre de Sólidos es un pretratamiento eficiente a nivel vivienda. El interceptor, la fosa séptica o de sedimentación quita las partículas que pudieran tapar las tuberías pequeñas. Una trampa de grasas también se debe agregar. Como hay poco riesgo de bloqueos, los alcantarillados no requieren ser autolimpiaados (p.ej. no hay una velocidad mínima de flujo) y por lo tanto pueden ser colocados a baja profundidad, con menos puntos de inspección (pozos de registro), seguir el contorno del terreno y tener pendientes negativas. Cuando el alcantarillado sigue el contorno del terreno, el flujo en el alcantarillado puede variar entre flujo a canal abierto y flujo bajo presión (paso total). Sin embargo, se debe tener cuidado con las pendientes negativas ya que pueden provocar derrames durante flujos pico.

Se deben establecer puntos de inspección en los principales conexiones o donde hay variaciones de tamaño en la tubería.

A pesar de la presencia de pendiente negativa, el punto final del alcantarillado debe estar más abajo que el punto de inicio. Al elegir el diámetro de la tubería (por lo menos 75 mm), la profundidad de agua en la tubería durante flujos pico en cada sección debe ser menor que el diámetro de la tubería. En las secciones donde hay flujo bajo presión, el inversor de cualquier salida de tanque interceptor debe estar más alto que la cabeza hidráulica en el alcantarillado justo antes del punto de conexión, de otra manera el líquido se regresará al tanque. Si no se cumple esta condición, entonces se debe seleccionar el siguiente diámetro mayor para el alcantarillado o aumentar la profundidad de tendido del alcantarillado.

**Adecuación** Los alcantarillados Libres de Sólidos son apropiados para flujos de lleno total y parcial. Aunque se requiere un suministro constante de agua, se necesita menos agua comparado con el Alcantarillado simple ya que no se requieren las velocidades de autolimpieza.

Las Fosas Sépticas y los Alcantarillados Libres de Sólidos se pueden construir en nuevas áreas, o un alcantarillado Libre de Sólidos se puede conectar a una tecnología de tra-

tamiento primario existente, donde la infiltración local no es apropiada. Se puede construir un alcantarillado Libre de Sólidos por 20 a 50% menos que un Alcantarillado por Gravedad Convencional.

Esta tecnología se debe conectar con una tecnología de Tratamiento (Semi)Centralizado que pueda recibir las aguas residuales. Es adecuado para áreas de población densa donde no hay espacio para un Pozo de Absorción (D6) o un Campo de Filtración (D7). Este tipo de alcantarillado es recomendable para áreas urbanas y menos apropiado en áreas de baja densidad o rurales.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Esta tecnología requiere mantenimiento regular de parte de los usuarios y, por lo tanto, no tan pasiva como con el Alcantarillado por Gravedad Convencional. Los usuarios asumen cierto nivel de responsabilidad y aceptan que se puede requerir algún mantenimiento desagradable. Los usuarios también deben estar concientes de que como el sistema es comunal, pueden tener que trabajar y/o coordinar las actividades de mantenimiento con otros usuarios. El sistema proporcionará un alto nivel de servicio y puede ofrecer una mejora significativa a los Campos de Filtración (D7) que no estén funcionando.

**Mejora** Los Alcantarillados Libres de Sólidos son buenas opciones para mejorar los Campos de Filtración (D7) que se han saturado, así como para áreas de rápido crecimiento que no podrían ubicar más Fosas Sépticas con Campos de Filtración.

**Mantenimiento** La Fosa Séptica / Interceptor debe recibir mantenimiento y limpieza regular para asegurar el desempeño óptimo de la red de Alcantarillado Libre de Sólidos. Si el pretratamiento es efectivo, el riesgo de obstrucción en la tubería es bajo, pero se requerirá mantenimiento periódico. Los alcantarillados deben ser lavados una vez al año como parte del mantenimiento regular sin importar su desempeño.

#### **Pros y Contras:**

- + Se pueden manejar Aguas Grises al mismo tiempo
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a los obreros locales
- + Los costos de capital son menores a los Alcantarillados Convencionales por Gravedad; bajos costos operativos
- + Pueden extenderse al crecer y cambiar la comunidad
- Requieren diseño por expertos y supervisión de la construcción
- Requiere reparaciones y eliminación de taponamientos más frecuentemente que el Alcantarillado por Gravedad Convencional
- Requiere educación y aceptación para ser usado correctamente
- El efluente y los lodos (de los interceptores) requieren tratamiento secundario y/o una descarga apropiada

#### **Referencias**

- Azevedo Netto, MM. y Reid, R. (1992). *Innovative and Low Cost Technologies Utilized in Sewerage*. Environmental Health Program, Technical Series No. 29. Pan American Health Organization, Washington D.C. (Un pequeño resumen y diagramas de componentes - Capítulo 5.)
- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 355-364. (Un pequeño resumen de consideraciones de diseño y de construcción.)
- Mara, DD. (1996). *Low-Cost Sewerage*. Wiley, Chichester, Reino Unido. (Evaluación de diferentes sistemas de bajo costo y estudios de caso.)
- Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido. pp. 93-108. (Resumen detallado incluyendo ejemplos de diseño.)
- Otis, R. J. y Mara, DD. (1985). *The Design of Small Bore Sewer Systems (UNDP Interreg. Project INT/81/047)*. TAG Technical Note No.14. United Nations Development Programme + Banco Mundial, Washington. Disponible en: [www.wds.worldbank.org](http://www.wds.worldbank.org) (Resumen detallado de diseño, instalación y mantenimiento.)

**Nivel de Aplicación**

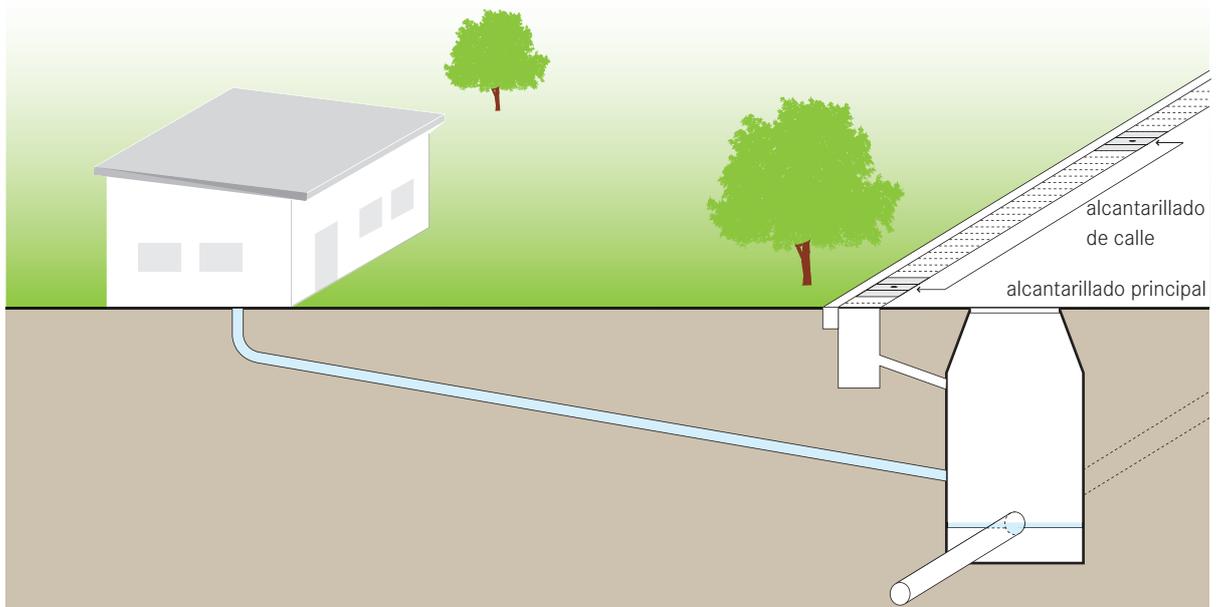
- Hogar
- Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- Hogar
- Compartido
- Público

**Entradas/Salidas:**

- Aguas Negras
- Aguas Grises
- Aguas Cafés
- Aguas Pluviales



**Los Alcantarillados Convencionales por Gravedad son redes grandes de tuberías subterráneas que transportan aguas negras, aguas grises y aguas pluviales de viviendas individuales a unas instalaciones de tratamiento centralizado usando gravedad (y bombas donde sea necesario).**

El sistema de Alcantarillado Convencional por Gravedad se diseña con muchos ramales. Típicamente la red se subdivide en redes primaria (líneas principales de alcantarillado a lo largo de las avenidas principales), secundaria, y terciaria (a nivel vecindario y vivienda).

Los Alcantarillados Convencionales por Gravedad no requieren pretratamiento in situ o almacenamiento de las aguas residuales. Como el desecho no es tratado antes de ser descargado, el alcantarillado debe estar diseñado para mantener la velocidad de autolimpieza (p.ej. flujo que no permite que se acumulen partículas). Una velocidad de autolimpieza es generalmente de 0.6 a 0.75 m/s. Se debe garantizar un gradiente de descenso constante a lo largo del alcantarillado para mantener los flujos de autolimpieza. Cuando no se puede mantener el gradiente de descenso, se debe instalar una estación de bombeo. Los alcantarillados primarios son instalados debajo de las calles y las avenidas, y deben ser colocados a profundidades de 1.5 a 3 m para evitar daños causados por las cargas del tráfico.

Se colocan pozos de registro a intervalos establecidos a lo largo del alcantarillado, en las intersecciones de las tuberías y en cambios de dirección de la tubería (verticales y horizontales). La red primaria requiere un riguroso diseño de ingeniería para asegurar que se mantenga la velocidad de autolimpieza, que los pozos de registro se coloquen según requerimientos y que la línea de alcantarillado pueda soportar el peso y carga del tráfico. Asimismo, se requiere una construcción extensiva para quitar y reemplazar el camino encima.

**Adecuación** Como llevan carga de aguas residuales, los Alcantarillados Convencionales por Gravedad sólo son apropiados donde hay unas instalaciones de tratamiento centralizado que sean capaces de recibir estos volúmenes (p.ej. las instalaciones descentralizadas más pequeñas pueden ser fácilmente sobrepasadas).

Se requiere de conocimiento especializado para la planificación, construcción, operación y mantenimiento. Los Alcantarillados Convencionales por Gravedad son costosos en su construcción porque la instalación de una línea de alcantarillado es disruptiva y requiere coordinación rigurosa entre autoridades, compañías de construcción y los propietarios, se debe establecer un sistema de administración profesional.

Cuando se transportan aguas pluviales por el alcantarillado (Alcantarillado Combinado). Se requiere de rebosaderos de alcantarillado para evitar la sobrecarga hidráulica en las plantas de tratamiento durante las lluvias. La infiltración en el alcantarillado donde existe un alto nivel freático alto puede comprometer el desempeño del Alcantarillado Convencional por Gravedad.

Los Alcantarillados Convencionales por Gravedad se pueden construir en climas fríos ya que se instalan profundos. El alto y constante volumen de agua resiste la congelación.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Esta tecnología proporciona un alto nivel de higiene y comodidad para el usuario. Sin embargo, como el desecho es llevado a una ubicación ajena para su tratamiento, los impactos de salud y ambientales finales son determinados por el tratamiento proporcionado por las instalaciones finales.

**Mantenimiento** Se instalan Pozos de Registro donde quiera que hay un cambio de gradiente o de alineación y son usados para inspección y limpieza. Los alcantarillados pueden ser peligrosos y el mantenimiento debe ser hecho sólo por profesionales, sin embargo, en comunidades bien organizadas, un grupo de miembros de la comunidad bien entrenados puede realizar el mantenimiento de las redes terciarias.

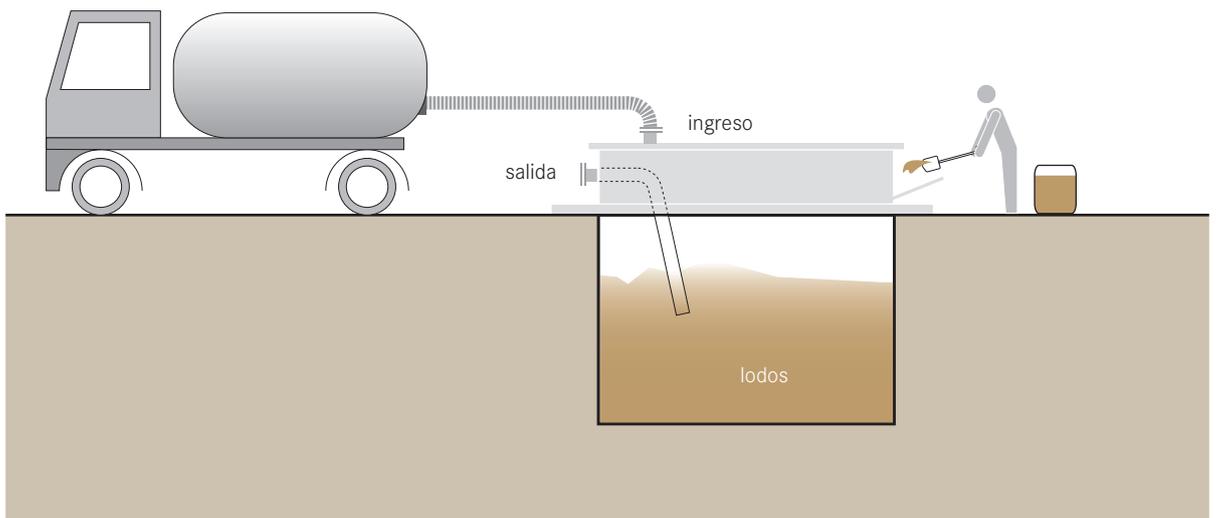
#### Pros y Contras:

- + Se pueden manejar aguas pluviales y aguas grises al mismo tiempo
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a los obreros locales
- Se requiere mucho tiempo para conectar todas las viviendas
- No todas las partes y materiales están disponibles localmente
- Es difícil y costoso de expandir cuando cambia y crece la comunidad
- Requieren diseño por expertos y supervisión de la construcción
- El efluente y los lodos (de los interceptores) requieren tratamiento secundario y/o descarga apropiada
- Alto costo de capital y moderado costo de operación

#### Referencias

- \_ ASCE (1992). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 60, WPCF MOP No. FD-5 American Society of Civil Engineers, Nueva York.  
(Un texto de diseño estándar usado en Norteamérica aunque los códigos y estándares locales se deben evaluar antes de elegir un manual de diseño.)
- \_ Tchobanoglous, G. (1981). *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater*. McGraw-Hill, Nueva York.
- \_ Tchobanoglous, G., Burton, F L. y Stensel, HD. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4ª Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York.

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas/Salidas:
<input type="checkbox"/> Hogar	<input type="checkbox"/> Hogar	<input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales
<input checked="" type="checkbox"/> Vecindario	<input checked="" type="checkbox"/> Compartido	
<input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	<input checked="" type="checkbox"/> Público	



**A veces denominadas Tanques de Retención Subterráneos, las Estaciones de Transferencia son puntos de desecho Intermedio de lodos fecales cuando no pueden transportarse fácilmente a las instalaciones de Tratamiento (Semi) Centralizado. Un camión de vacío debe vaciar las Estaciones de Transferencia cuando estén llenas.**

Los operadores de las bombas de vacío manuales o de pequeña escala como el MAPET o el Gulper por ejemplo, desechan los lodos en una estación local de transferencia antes que a) descargarlos ilegalmente o b) tratar de viajar hasta un punto de recolección distante.

Cuando la Estación de Transferencia está llena, un camión de vacío saca el contenido y lleva los lodos a unas instalaciones de tratamiento adecuadas. Si el municipio o la autoridad del alcantarillado operan la Estación de Transferencia, pueden cobrar por los permisos para descargar y así aminorar el costo del mantenimiento de las instalaciones.

La Estación de Transferencia consiste de un lugar de estacionamiento para el camión de vacío o carro de lodos, un punto de conexión para la manguera de descarga, y un tanque de almacenamiento. El punto de desecho en la Estación de Transferencia se debe construir lo suficientemente bajo para minimizar los derrames cuando los ope-

radores estén vaciando manualmente sus camiones de lodos. Adicionalmente, la Estación de Transferencia debe incluir una ventilación, una pantalla de basura para eliminar los desechos grandes (basura) y unas instalaciones de lavado para los vehículos.

La Estación de Descarga al Alcantarillado (SDS) es una variación de la Estación de Transferencia, pero que está directamente conectada con el Alcantarillado Convencional por Gravedad (para más información, favor de referirse a la Descripción Tecnológica C8: Estaciones de Descarga al Alcantarillado). Los lodos desechados en la SDS son liberados directamente o en intervalos para optimizar el desempeño del alcantarillado y de la planta de tratamiento de aguas residuales, y/o reducir los picos de carga.

**Adecuación** Las Estaciones de Transferencia son especialmente recomendables para áreas urbanas densas donde no hay puntos de descarga alternativos (p.ej. estanque de espesamiento de lodos fecales). Múltiples Estaciones de Transferencia en una ciudad pueden ayudar a reducir la incidencia de descargas ilegales al alcantarillado. La calidad y cantidad de los lodos fecales afectarán significativamente a la tecnología de tratamiento que se requiera posteriormente.

Las Estaciones de Transferencia son adecuadas cuando existen varias ubicaciones donde se practica el vaciado de lodos a baja escala. La construcción de una Estación de Transferencia puede también estimular el mercado independiente de vaciado. El lugar de la Estación de Transferencia debe estar convenientemente ubicado, ser fácilmente accesible y fácil de usar. El tanque de retención subterráneo debe estar bien construido para evitar filtraciones y/o penetración de agua. Dependiendo del mantenimiento de las instalaciones, puede haber olores desagradables para los residentes locales. Sin embargo, los beneficios obtenidos comparados con el desecho abierto fácilmente compensan las molestias por los olores.

El sistema para emitir permisos o cobrar cuotas de acceso debe ser diseñado cuidadosamente de manera que aquellos que más necesitan el servicio no sean excluidos debido a los altos costos, y generando aún suficiente ingreso para que sea sustentable y bien mantenido.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Las Estaciones de Transferencia tienen el potencial de incrementar significativamente la salud de la comunidad al proporcionar una solución local para los lodos fecales y el desecho séptico. Al proporcionar una Estación de Transferencia, los vaciadores independientes o de baja escala ya no son forzados a descargar los lodos ilegalmente y los propietarios son motivados a hacer que sus pozos sean vaciados. Las Estaciones de Transferencia pueden ser una tecnología de Transporte de bajo costo y efectiva para los lodos fecales. Cuando se vacían regularmente los pozos y se minimiza el desecho ilegal, la salud general de la comunidad se puede mejorar significativamente. La ubicación debe ser elegida cuidadosamente para maximizar la eficiencia, mientras se minimizan los olores y molestias para los residentes vecinos.

**Mejora** Las Estaciones de Transferencia son relativamente comunes en Norteamérica. Ahí están equipadas con dispositivos digitales de registro de datos para registrar cantidades, tipos de entradas y origen, así como la recolección de datos de los individuos que desechan ahí. De esta manera, los facilitadores pueden recolectar información

detallada y planear o adaptar de manera más adecuada a las cargas cambiantes.

**Mantenimiento** Los bastidores (rejillas) deben ser limpiados frecuentemente para asegurar un flujo constante y prevenir retroflujo. La arena y los desechos también deben ser eliminados periódicamente del tanque de retención. También debe haber un sistema bien organizado para el vaciado de la estación de transferencia; si el tanque de retención se llena y se derrama no es mejor que un pozo que se derrame. El área de carga se debe limpiar regularmente para minimizar las molestias de los olores, moscas y otros vectores.

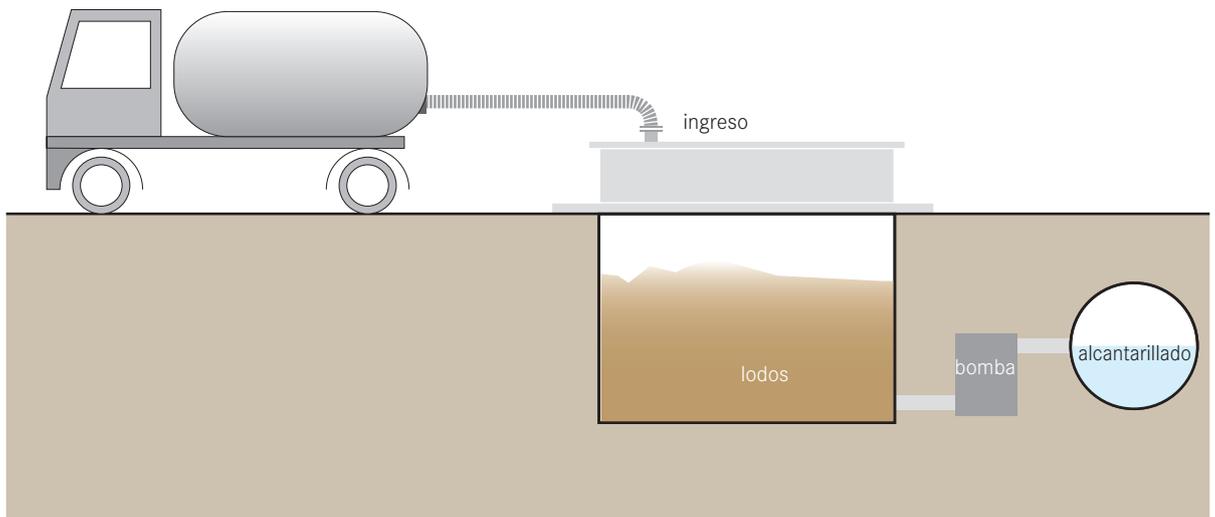
#### **Pros y Contras:**

- + Reduce la distancia de transporte y puede animar a soluciones de vaciado a nivel comunal
- + Puede reducir la descarga ilegal de lodos fecales
- + Costos de capital y de operación moderados; puede reducirse por medio de los permisos de acceso
- + Potencial de creación local de empleos y generación de ingreso
- Requieren diseño por expertos y supervisión de la construcción
- Los lodos requieren tratamiento secundario y/o descarga adecuada

#### **Referencias**

- \_ African Development Fund (2005). *Accra sewerage improvement project- appraisal report*. Infrastructure Department Central and West Regions. Disponible en: [www.afdb.org](http://www.afdb.org)
- \_ Boot, NLD. y Scott, RD. (2008). *Faecal Sludge in Accra, Ghana: problems of urban provision*. Proceedings: Sanitation Challenge: New Sanitation Concepts and Models of Governance. Wageningen, Países Bajos.
- \_ USEPA (1994). *Guide to Septage Treatment and Disposal: EPA/625/R-94/002*. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, EE.UU. Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

<b>Nivel de Aplicación</b>	<b>Nivel de Manejo</b>	<b>Entradas/Salidas:</b>
<input type="checkbox"/> Hogar	<input type="checkbox"/> Hogar	<input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales
<input checked="" type="checkbox"/> Vecindario	<input type="checkbox"/> Compartido	
<input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	<input checked="" type="checkbox"/> Público	



Una Estación de Descarga al Alcantarillado (SDS) es un punto en el alcantarillado principal que puede ser legalmente accedido y usado para descargar aguas residuales y lodos directamente en el alcantarillado de manera que sean transportados a una instalación de Tratamiento (Semi)Centralizado. Las SDS son puntos de transferencia intermedios para los lodos que no pueden ser transportados fácilmente a unas instalaciones dedicadas de tratamiento. Los lodos pueden ser desechados en una SDS local mejor que a) descargarlas ilegalmente o b) tratar de viajar hasta un punto de recolección lejano.

Los lodos son descargados en la SDS y luego son vertidos directamente en el alcantarillado o son retenidos en un tanque de almacenamiento temporal antes de ser descargados en un tiempo establecido. La descarga programada puede ayudar a evitar que se acumulen los sólidos en la línea de alcantarillado y también ayudan a optimizar la eficiencia de la tecnología de tratamiento al reducir las cargas pico.

Una SDS consiste en un lugar de estacionamiento para descargar el camión de vacío o carro de lodos y un punto de conexión para la manguera de descarga. La SDS también puede tener un tanque de almacenamiento y un sis-

tema de bombeo. El punto de descarga se debe construir lo suficientemente bajo para minimizar los derrames cuando los operadores estén vaciando manualmente sus carros de lodos.

Además, la SDS debe incluir ventilación, una pantalla para quitar los desperdicios grandes (basura) y unas instalaciones de lavado para los vehículos. La Estación debe estar bien protegida y mantenida para evitar descargas aleatorias en el alcantarillado y para garantizar la seguridad de los usuarios.

Una variación es la Estación de Transferencia individual, la cual no está conectada a un alcantarillado principal (para más información, favor de referirse a C7: Descripción Tecnológica de Estación de Transferencia (Tanque de Retención Subterráneo). Cuando la Estación de Transferencia está llena, un camión de vacío saca el contenido y lleva los lodos a unas instalaciones de tratamiento adecuadas. Si el municipio o la autoridad a cargo operan la Estación de Transferencia, pueden cobrar por los permisos para descargar y así aminorar el costo del mantenimiento de las instalaciones.

**Adecuación** Las SDS son especialmente recomendables para áreas urbanas densas donde no hay puntos de descarga alternativos (p.ej. estanque de espesamiento de

lodos fecales) y donde hay un alcantarillado principal. Varias SDS en una ciudad pueden ayudar a reducir la incidencia de descargas ilegales al alcantarillado. La calidad y cantidad de los lodos fecales afectarán significativamente la tecnología de tratamiento que recibe los lodos.

Las SDS son adecuadas cuando hay varias ubicaciones donde los lodos son vaciados manualmente de las letrinas de pozo. La construcción de una SDS puede también estimular el mercado independiente de vaciado. El lugar de la SDS debe ser fácilmente accesible, convenientemente ubicado y fácil de usar. Si hay un tanque de retención subterráneo para la liberación de lodos a tiempos específicos, debe ser bien construido para prevenir filtración y/o penetración de agua de la superficie. Dependiendo del mantenimiento de las instalaciones, puede haber olores desagradables para los residentes locales. Sin embargo, los beneficios obtenidos comparados con el desecho abierto fácilmente compensan las molestias por los olores.

El sistema para emitir permisos o cobrar cuotas de acceso debe ser diseñado cuidadosamente de manera que aquellos que más necesitan el servicio no sean excluidos debido a los altos costos, y generando aún suficiente ingreso para que sea sustentable y bien mantenido.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Las SDS tienen el potencial de incrementar significativamente la salud de la comunidad al proporcionar una solución local económica para los lodos fecales y el desecho séptico. Muchos asentamientos informales se localizan cerca o encima de una línea de alcantarillado. Al contar con un punto de acceso legítimo se reduce el riesgo de daños al alcantarillado y de los puntos de acceso ilegal. Cuando se vacían regularmente los pozos y se minimiza el desecho ilegal, la salud general de la comunidad se puede mejorar significativamente.

La ubicación debe ser elegida cuidadosamente para maximizar la eficiencia, mientras se minimizan los olores y molestias para los residentes vecinos.

**Mejora** Las SDS son relativamente comunes en Norteamérica, especialmente en comunidades rurales donde las fosas sépticas son comunes. Ahí están equipadas con dispositivos digitales de registro de datos para registrar canti-

dades, tipos de entradas y origen, así como la recolección de datos de los individuos que descargan ahí. De esta manera, los facilitadores pueden recolectar información detallada, y planear y adaptarse de manera más precisa a las cargas cambiantes.

**Mantenimiento** Los bastidores (rejillas) deben ser limpiados frecuentemente para asegurar un flujo constante y prevenir retroflujo. La arena y los desechos también deben ser eliminados periódicamente del tanque de retención. El área de carga se debe limpiar regularmente para minimizar las molestias de los olores, moscas y otros vectores.

#### Pros y Contras:

- + Reduce la distancia de transporte y puede animar a soluciones de vaciado a nivel comunal
- + Puede reducir la descarga ilegal de lodos fecales
- + Costos de capital y de operación moderados; puede reducirse por medio de los permisos de acceso
- + Potencial de creación local de empleos y generación de ingreso
- Requieren de diseño por expertos y supervisión de la construcción
- Puede provocar obstrucciones y entorpecer el flujo del alcantarillado
- Los lodos requieren tratamiento secundario y/o descarga adecuada

#### Referencias

- African Development Fund (2005). *Accra sewerage improvement project- appraisal report*. Infrastructure Department Central and West Regions. Disponible en: [www.afdb.org](http://www.afdb.org)
- Boot, NLD. y Scott, RD. (2008). *Faecal Sludge in Accra, Ghana: problems of urban provision*. Proceedings: Sanitation Challenge: New Sanitation Concepts and Models of Governance. Wageningen, Países Bajos.
- USEPA (1994). *Guide to Septage Treatment and Disposal: EPA/625/R-94/002*. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, EE.UU. Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

## Tratamiento (Semi)Centralizado

T

Esta sección describe las tecnologías que se pueden usar para el tratamiento de lodos fecales y aguas negras. Estas tecnologías de tratamiento están diseñadas para recibir mayores volúmenes de flujo y, en la mayoría de los casos, ofrecer una mejor eliminación de nutrientes, materia orgánica y patógenos que las tecnologías de almacenamiento centradas en el hogar.





**Nivel de Aplicación**

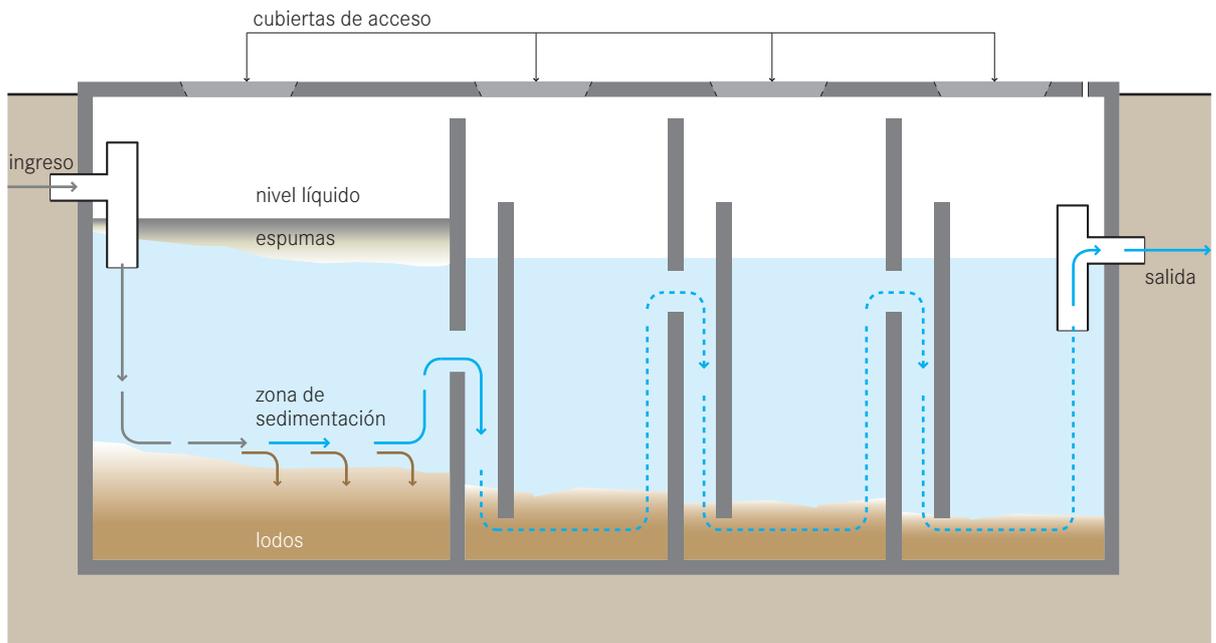
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas:** ■ Aguas Negras ■ Aguas Grises

**Salidas:** ■ Lodos Fecales ■ Efluente



**Un Reactor Anaeróbico con Deflectores (ABR, del inglés Anaerobic Baffled Reactor) es una fosa séptica mejorada debido a la serie de deflectores por los cuales se fuerza el flujo de las aguas residuales. El mayor tiempo de contacto con la biomasa activa (lodos) resulta en un mejor tratamiento.**

Se elimina la mayoría de los sólidos sedimentables dentro de la cámara de sedimentación al inicio del ABR, que normalmente representa el 50% del volumen total. Las cámaras de flujo ascendente proporcionan eliminación adicional y digestión de la materia orgánica: la DBO puede reducirse hasta un 90% lo cual es muy superior a la fosa séptica convencional. Al irse acumulando los lodos, se requiere el desazolve cada 2 a 3 años. Los parámetros críticos de diseño incluyen un tiempo de retención hidráulica (HRT) entre 48 y 72 horas, velocidad de flujo ascendente de las aguas residuales de menos de 0.6 m/h y el número de cámaras de flujo ascendente (2 a 3).

**Adecuación** Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (favor de referirse a la Descripción Tecnológica S10: Reactor Anaeróbico de Biogás para información adicional sobre la aplicación de un ABR a nivel vivienda).

Un ABR (Semi)centralizado es apropiado cuando ya hay una tecnología de Transporte existente, tal como un Drenaje Libre de Sólidos (C5). Esta tecnología es también apropiada para áreas donde el terreno puede estar limitado ya que el tanque es instalado bajo tierra y requiere un área pequeña. No se debe instalar donde haya un alto nivel freático ya que la infiltración puede afectar la eficiencia del tratamiento y contaminar los acuíferos.

Se puede diseñar eficientemente esta tecnología para un flujo diario de hasta 200,000 L/día. El ABR no operará a plena capacidad por varios meses después de su instalación debido al largo tiempo de arranque requerido por la digestión anaeróbica de los lodos. Por lo tanto, no se debe usar la tecnología de ABR cuando la necesidad de un sistema de tratamiento es inmediata.

Como el ABR se debe desazolvar regularmente, un camión de vacío debe tener acceso a la instalación.

Los ABR pueden ser instalados en todo tipo de clima aunque la eficiencia se reduce en climas más fríos.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Aunque la eliminación de patógenos no es alta, el ABR está contenido, así que los usuarios no entran en contacto con las aguas residuales o con patógenos que provocan enfermedades. El efluente y los lodos se deben manejar con cuidado ya que

contienen altos niveles de organismos patógenos. Para prevenir la liberación de gases potencialmente dañinos, el tanque debe tener ventilación.

**Mantenimiento** Los tanques ABR deben ser revisados para asegurar que son estancos y se deben monitorear los niveles de espuma y lodos para asegurar el buen funcionamiento. Dado lo delicado de la ecología, se debe tener cuidado de no descargar compuestos químicos en el ABR. Los lodos deben ser sacados anualmente usando un camión de vacío para asegurar el buen funcionamiento del ABR.

#### **Pros y Contras:**

- + Resistente a cargas de choque orgánicas e hidráulicas
- + No requiere energía eléctrica
- + Se pueden manejar las aguas grises simultáneamente
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Larga vida útil
- + No hay problemas con moscas ni olores si es usada correctamente
- + Alta reducción de materiales orgánicos
- + Costos de capital moderados, costos de operación moderados dependiendo del vaciado; puede ser de bajo costo dependiendo del número de usuarios
- Requiere una fuente constante de agua
- El efluente requiere tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Baja reducción de patógenos
- Requiere diseño y construcción por expertos
- Se requiere pretratamiento para prevenir las

obstrucciones

#### **Referencias**

- \_ Bachmann, A., Beard, VL. y McCarty, PL. (1985). Performance Characteristics of the Anaerobic Baffled Reactor. *Water Research* 19 (1): 99-106.
- \_ Foxon, KM., et al. (2004). The anaerobic baffled reactor (ABR): An appropriate technology for on-site sanitation. *Water SA* 30 (5) (Special edition). Disponible en: [www.wrc.org.za](http://www.wrc.org.za)
- \_ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.  
(Resumen de diseño incluyendo un programa de diseño basado en Excel®.)

**Nivel de Aplicación**

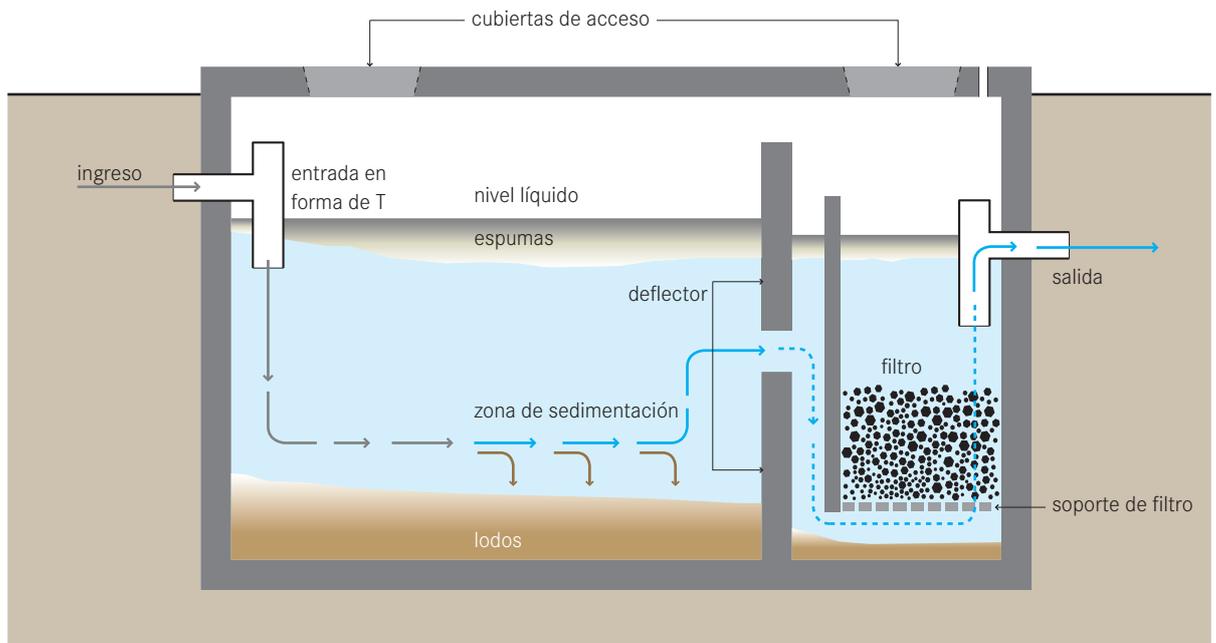
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas:**  Aguas Negras  Aguas Grises

**Salidas:**  Lodos Fecales  Efluente



**Un Filtro Anaeróbico es un reactor biológico de lecho fijo. Al fluir las aguas residuales por el filtro, se atrapan las partículas y se degrada la materia orgánica por la biomasa que está adherida al material del filtro.**

Esta tecnología consiste en un tanque de sedimentación o fosa séptica (favor de referirse a la Descripción Tecnológica S9: Fosa Séptica), seguida de tres cámaras de filtro. Los materiales comúnmente usados para el filtro incluyen grava, piedras quebradas, carboncillo o piezas plásticas formadas especialmente. Los tamaños típicos del material abarcan de 12 a 55 mm de diámetro. De manera ideal el material proporcionará entre 90 y 300 m<sup>2</sup> de superficie por 1 m<sup>3</sup> de volumen del reactor.

Al ofrecer una gran superficie para la masa bacteriana, hay un mayor contacto entre la materia orgánica y la biomasa activa que la degrada efectivamente.

Se puede operar el filtro anaeróbico en modo de flujo ascendente o descendente. Se recomienda el modo ascendente porque es menor el riesgo de que la biomasa fija sea arrastrada. El nivel de agua debe cubrir el material del filtro por lo menos 0.3 m para garantizar un régimen de flujo continuo. El pretratamiento es esencial para eliminar sólidos asentables y basura que pueda taponar el filtro.

Los estudios han demostrado que el TRH es el parámetro de diseño más importante que afecta el desempeño del filtro. Un TRH de 0.5 a 1.5 días es típico y recomendado. Se ha comprobado que es adecuada una tasa de carga superficial máxima (p.ej. flujo por área) de 2.8 m/d. La eliminación de sólidos suspendidos y de DBO puede alcanzar entre el 85% y el 90%, pero normalmente está entre el 50% y el 80%. La eliminación de nitrógeno es limitada y normalmente no excede el 50% en términos de nitrógeno total (N<sub>T</sub>).

**Adecuación** Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (favor de referirse a la Descripción Tecnológica S11: Filtro Anaeróbico para ver información sobre la aplicación de un Filtro Anaeróbico a nivel vivienda).

Se puede diseñar un Filtro Anaeróbico para una sola vivienda o para un grupo de viviendas que usan una considerable cantidad de agua para lavado de ropa, baño y retretes de tanque. Sólo es apropiada si el uso de agua es elevado. Esto garantiza un suministro constante de agua.

El Filtro Anaeróbico no opera a toda su capacidad de seis a nueve meses después de la instalación debido al largo tiempo de arranque requerido por la biomasa para estabili-

zarse. Por lo tanto, la tecnología de Filtro Anaeróbico no debe ser usada cuando se necesita el sistema de tratamiento de inmediato. Cuando trabaja a pleno rendimiento, es una tecnología estable que requiere poca atención.

Aún cuando el Filtro Anaeróbico es estanco, no debe ser construido en áreas de alto nivel freático o donde hay inundaciones frecuentes.

Dependiendo de la disponibilidad de terreno y el gradiente hidráulico del drenaje, el Filtro Anaeróbico puede ser construido por encima o por debajo del suelo. Puede ser instalado en todo tipo de clima, aunque la eficiencia se reduce en climas más fríos.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Como el Filtro Anaeróbico es subterráneo, los usuarios no deben entrar en contacto con el afluente o el efluente. Los organismos infecciosos no son suficientemente eliminados, así que el efluente debe ser tratado adicionalmente o descargado adecuadamente. El efluente, a pesar del tratamiento, aún tendrá un olor fuerte y se debe tener cuidado para diseñar y ubicar las instalaciones de manera que los olores no sean una molestia para los miembros de la comunidad.

Se deben ventilar los Filtros Anaeróbicos para prevenir la liberación de gases potencialmente dañinos.

El desazolve del filtro es peligroso y se deben tomar medidas de seguridad apropiadas.

**Mantenimiento** Se deben agregar bacterias activas para arrancar el Filtro Anaeróbico. Las bacterias activas pueden provenir de lodos de una fosa séptica que son rociadas sobre el material del filtro. El flujo debe incrementarse gradualmente y el filtro debe trabajar a pleno rendimiento entre seis y nueve meses.

Con el tiempo, los sólidos tapan los poros del filtro. De la misma manera, la creciente masa bacteriana se volverá muy gruesa, se romperá y tapan los poros. Se requiere un tanque de sedimentación antes del filtro para prevenir que entren en la unidad la mayoría de los sólidos. Algo de obstrucción aumenta la capacidad del filtro para retener sólidos. El filtro debe ser limpiado cuando baja su eficiencia. Se limpian los filtros haciendo funcionar el sistema en modo inverso para soltar la biomasa y las partículas acumuladas. De manera alternativa, se puede sacar y limpiar el material del filtro.

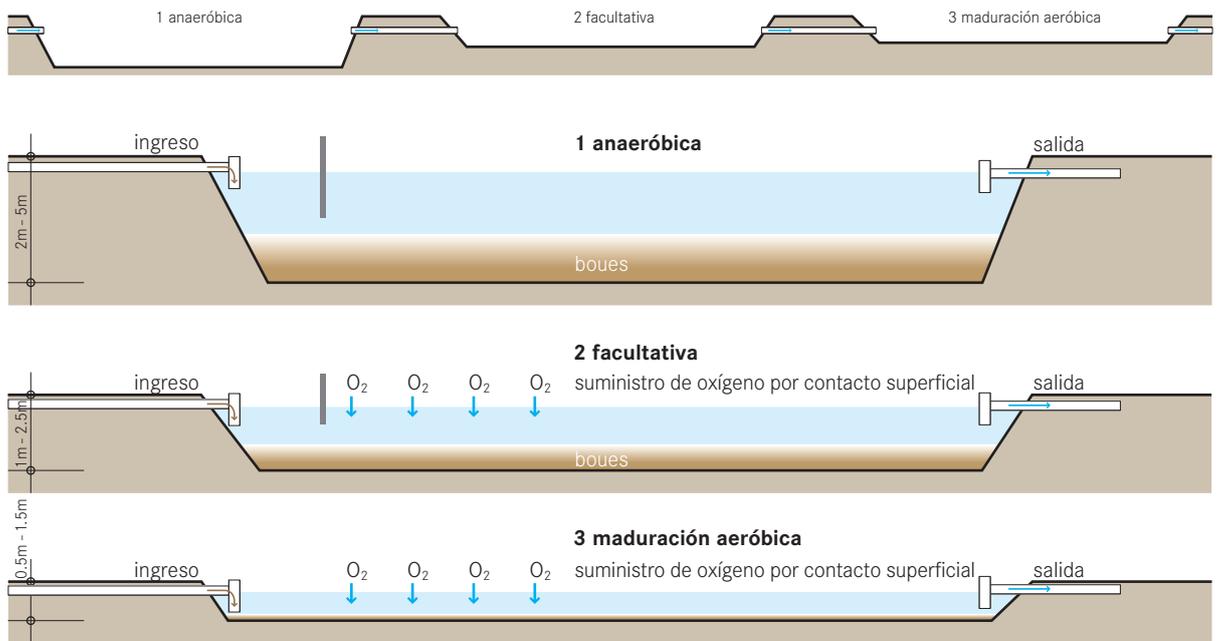
### Pros y Contras:

- + Resistente a cargas de choque orgánicas e hidráulicas
- + No requiere energía eléctrica
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Larga vida útil
- + No hay problemas con moscas ni olores si se usan correctamente
- + Costos de capital moderados, costos de operación moderados dependiendo del vaciado; puede ser reducido dependiendo del número de usuarios
- + Alta reducción de DBO y sólidos
- Requiere una fuente constante de agua
- El efluente requiere tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Baja reducción de patógenos y nutrientes
- Requiere diseño y construcción por expertos
- Largo tiempo de arranque

### Referencias

- \_ Morel A. y Diener S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Suiza. (Pequeño resumen incluyendo estudios de caso, Pág. 28.)
- \_ Polprasert, C. y Rajput, VS. (1982). *Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia. pp. 68-74. (Breve resumen de diseño.)
- \_ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania. (Resumen de diseño incluyendo un programa de diseño basado en Excel.)
- \_ von Sperlin, M. y de Lemos Chernicharo, CA. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. Volume One*. IWA, Londres. pp. 728-804. (Instrucciones detalladas de diseño)
- \_ Vigneswaran, S., et al. (1986). *Environmental Sanitation Reviews: Anaerobic Wastewater Treatment-Attached growth and Sludge blanket process*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia. (Criterios de diseño y diagramas en el Capítulo 2.)

<b>Nivel de Aplicación</b> □ Hogar ★ Vecindario ★★ Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> □ Hogar ★ Compartido ★★ Público	<b>Entradas:</b> ■ Aguas Negras ■ Aguas Grises
		<b>Salidas:</b> ■ Lodos Fecales ■ Efluente



**.Los Estanques de Estabilización de Desperdicios (WSP, del inglés Waste Stabilization Ponds) son cuerpos de agua artificiales y grandes. Los estanques se llenan con aguas residuales que son tratadas por procesos naturales. Los estanques pueden ser usados individualmente, o unidos en una serie de tratamiento mejorado. Hay tres tipos de estanques, (1) anaeróbico, (2) facultativo y (3) aeróbico (maduración), cada uno con diferente tratamiento y características de diseño.**

Para el tratamiento más efectivo, los WSP se deben unir en una serie de tres o más, transfiriendo el efluente del estanque anaeróbico al facultativo y finalmente al aeróbico. El estanque anaeróbico reduce los sólidos y la DBO como un pretratamiento. El estanque es artificial y bastante profundo, donde toda la profundidad del estanque es anaeróbica. Los estanques anaeróbicos se construyen de 2 a 5 m de profundidad y tienen un tiempo de retención relativamente corto, de 1 a 7 días. El diseño real dependerá de las características de las aguas residuales y de la carga; se debe consultar un manual detallado de diseño para ver todos los tipos de WSP. Las bacterias anaeróbicas convierten el carbón orgánico en metano, y en el proceso elimina hasta el 60% de la DBO. Los estanques anaeróbicos pueden tratar aguas residuales fuertes.

En una serie de WSP, el efluente del estanque anaeróbico es transferido al estanque facultativo, donde se elimina más DBO. Un estanque facultativo es menos profundo que el anaeróbico y en él se dan ambos procesos, aeróbico y anaeróbico. La capa superior del estanque recibe oxígeno de la difusión natural, mezclado por el viento y fotosíntesis de algas. La capa inferior no cuenta con oxígeno y se convierte en anóxica o anaeróbica. Los sólidos se sedimentan y son digeridos en el fondo del estanque. Los organismos aeróbicos y los anaeróbicos trabajan juntos para alcanzar reducciones de DBO hasta de un 75%. Se debe construir el estanque con una profundidad de 1 a 2.5 m y tener un tiempo de retención entre 5 y 30 días. Después de los estanques anaeróbico y facultativo puede haber cualquier número de estanques aeróbicos (de maduración) para alcanzar un efluente muy limpio. Frecuentemente se llama al estanque aeróbico de maduración, de limpieza o de acabado debido a que usualmente es el último paso en una serie de estanques y proporciona el nivel final de tratamiento. Es el estanque menos profundo, usualmente con una profundidad de 0.5 a 1.5 m para asegurar que la luz solar penetra hasta el fondo para facilitar la fotosíntesis. Como la fotosíntesis se realiza con la luz solar, los niveles de oxígeno disuelto son mayores durante el día y decaen por la noche.

Aunque los estanques anaeróbicos y facultativos son diseñados para la eliminación de DBO, los estanques de maduración son diseñados para la eliminación de patógenos. El oxígeno disuelto en el estanque es provisto por la mezcla natural del viento y por las algas fotosintéticas que liberan oxígeno en el agua. Si es usado en combinación con el cultivo de algas y/o la crianza de peces, este tipo de estanque es efectivo para eliminar la mayoría del nitrógeno y del fósforo del efluente.

Para prevenir la infiltración, los estanques deben estar recubiertos. El recubrimiento puede ser arcilla, asfalto, tierra compactada, u otro material impermeable. Para proteger el estanque del deslavado y la erosión, se debe construir un muro de contención alrededor del estanque usando el material excavado.

**Adecuación** Los WSP están entre los métodos de tratamiento de aguas residuales más comunes y eficientes en todo el mundo. Son especialmente apropiados para comunidades rurales que cuentan con terrenos grandes y sin uso, lejos de viviendas y de espacios públicos. No son apropiados para áreas muy densas o urbanas.

Los WSP funcionan en la mayoría de los climas, pero son más eficientes en los climas cálidos y soleados. En el caso de los climas fríos, los tiempos de retención y las tasas de carga se pueden ajustar de manera que se logre un tratamiento eficiente.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Aunque el efluente de los estanques aeróbicos es generalmente bajo en patógenos, de ninguna manera se deben usar los estanques para actividades recreativas o como una fuente de agua para el consumo o uso doméstico.

**Mejora** Lo ideal sería construir varios estanques aeróbicos en serie para lograr un alto nivel de eliminación de patógenos. Se puede usar un estanque final de acuicultura para generar ingresos y proporcionar una fuente de alimentación local.

**Mantenimiento** Para mantener los estanques, es esencial un pretratamiento (con trampas de grasa) para evitar la entrada de sólidos en exceso y basura en los estanques y la formación de espuma. El estanque debe ser desazolado cada 10–20 años. Se debe instalar una reja para asegurar que la gente y los animales no se acerquen y para que no caiga un exceso de basura en los estanques. Puede haber roedores que invadan el muro de contención y provoquen

daño al recubrimiento. Se les puede alejar elevando el nivel de agua. Se debe tener cuidado para asegurar que no caigan plantas en los estanques. La vegetación y los macrófitos que están presentes en el estanque se deben sacar ya que pueden establecer un ambiente propicio para la proliferación de mosquitos y tapar la luz que penetra a través de la columna de agua.

#### Pros y Contras:

- + Alta reducción de patógenos
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- + Bajo costo de operación
- + No requiere energía eléctrica
- + No hay problemas con moscas ni olores si se diseñan correctamente
- Requiere diseño y supervisión por expertos
- Costos variables de capital dependiendo del precio de la tierra
- Se requiere una gran área de terreno
- El efluente y los lodos requieren tratamiento secundario y/o descarga adecuada

#### Referencias

- \_ Arthur, JP. (1983). *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. El Banco Mundial + UNDP, Washington.
- \_ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU.
- \_ Mara, DD. y Pearson, H. (1998). *Design Manual for Waste Stabilization Ponds in Mediterranean Countries*. Lagoon Technology International Ltd., Leeds, Inglaterra.
- \_ Mara, DD. (1997). *Design Manual for Waste Stabilization Ponds in India*. Lagoon Technology International Ltd., Leeds, Inglaterra.
- \_ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.  
(Descripción detallada y códigos de Hoja de Cálculo de Excel ® para el diseño.)
- \_ von Sperlin, M. y de Lemos Chernicharo, CA. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. Volume One*. IWA, Londres. pp. 495–656.

**Nivel de Aplicación**

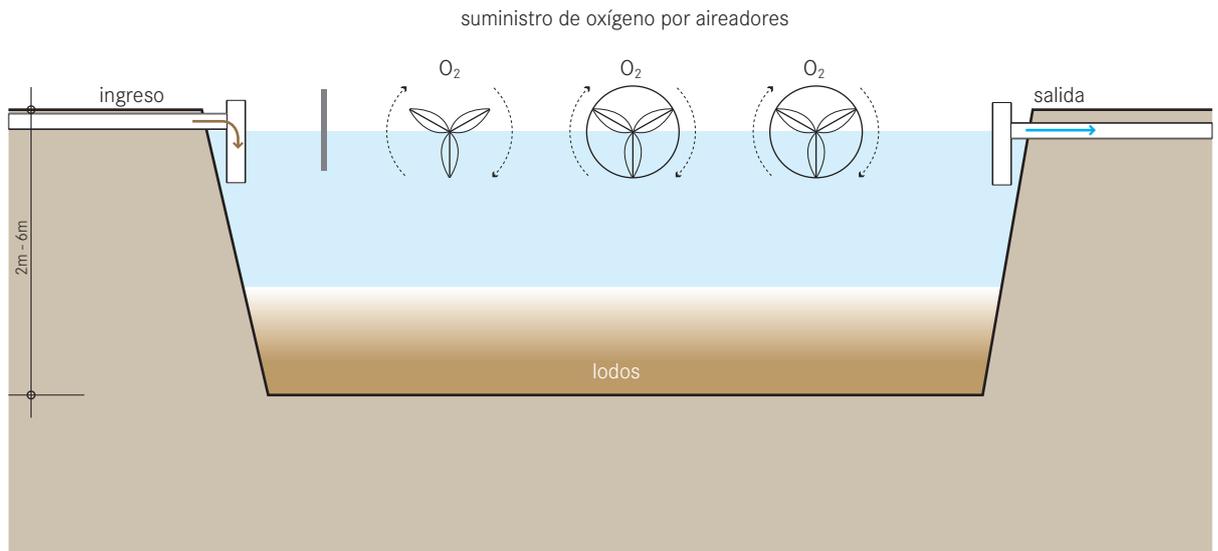
- Hogar
- Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- Hogar
- Compartido
- Público

**Entradas:**  Aguas Negras  Aguas Grises

**Salidas:**  Lodos Fecales  Efluente



**Un Estanque de Aireación es un reactor aeróbico grande, exterior y mezclado. Los aireadores mecánicos proporcionan el oxígeno y mantienen los organismos aeróbicos suspendidos y mezclados con el agua para alcanzar una alta tasa de degradación orgánica y de eliminación de nutrientes.**

El mezclado y la aireación adicional generada por las unidades mecánicas hacen que los estanques puedan ser más profundos y puedan tolerar cargas de materiales orgánicos mucho más altas que los estanques de maduración. La aireación adicional permite una mayor degradación y eliminación de patógenos. De la misma manera, como el oxígeno es introducido por las unidades mecánicas y no por fotosíntesis, los estanques pueden funcionar en climas más alejados del ecuador. El afluente debe ser pretratado y pasado por una pantalla para eliminar basura y partículas gruesas que pudieran interferir con los aireadores. Como las unidades de aireación mezclan el estanque, se requiere un tanque de sedimentación posterior para separar el efluente de los sólidos.

La menor área requerida (comparada con un estanque de maduración) significa que es apropiado tanto para ambientes rurales como periurbanos.

El estanque debe ser construido con una profundidad de 2 a 5 m y tener un tiempo de retención de 3 a 20 días.

Para prevenir la infiltración, el estanque debe estar recubierto. El recubrimiento puede ser arcilla, asfalto, tierra compactada, u otro material impermeable. Se debe construir un muro de contención con el material excavado para proteger al estanque de la escorrentía y de la erosión.

**Adecuación** Un estanque aireado puede manejar eficientemente un afluente de alta concentración y reducir significativamente los niveles de patógenos. Es especialmente importante que no se interrumpa el servicio eléctrico y se cuente con piezas de repuesto para prevenir largos periodos de inactividad que pueden provocar que el estanque se vuelva anaeróbico.

Los estanques aireados pueden funcionar en un rango de climas mayor que los WSP. Son más adecuados para regiones con grandes extensiones de tierras baratas que estén lejos de viviendas y negocios.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El estanque es una gran área de aguas residuales patógenas; se debe tener cuidado para asegurar que nadie entre en contacto con el agua o que entre en ella.

Las unidades de aireación pueden ser peligrosas para los humanos y los animales. Se deben instalar rejas, señales y otras medidas para prevenir la entrada en el área.

**Mantenimiento** Se requiere personal cualificado y permanente para reparar y mantener la maquinaria de aireación. El estanque debe ser desazolvado cada 2-5 años.

Se debe tener cuidado para asegurar que el estanque no sea usado como vertedero de basura, considerando especialmente los daños que se pueden provocar al equipo de aireación.

**Pros y Contras:**

- + Buena resistencia a las cargas de impacto
- + Elevada reducción de patógenos
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- Se requiere una gran área de terreno
- + No hay problemas con insectos ni olores si se diseña correctamente
- El efluente y los lodos requieren tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Requieren diseño por expertos y supervisión de la construcción
- Requiere de operación, funcionamiento y mantenimiento de tiempo completo por parte de personal cualificado
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles a nivel local
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- Costos de capital de moderados a altos y costos de operación variables dependiendo del precio de la tierra y de la electricidad

**Referencias**

---

- \_ Arthur, JP. (1983). *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. El Banco Mundial + UNDP, Washington. (Notas sobre la aplicabilidad y efectividad.)
- \_ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Pequeñas y Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 527-558. (Capítulo de resumen detallado.)
- \_ Tchobanoglous, G., Burton, FL. y Stensel, H D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York. pp. 840-85 . (Diseño detallado y problemas de ejemplo.)

**Nivel de Aplicación**

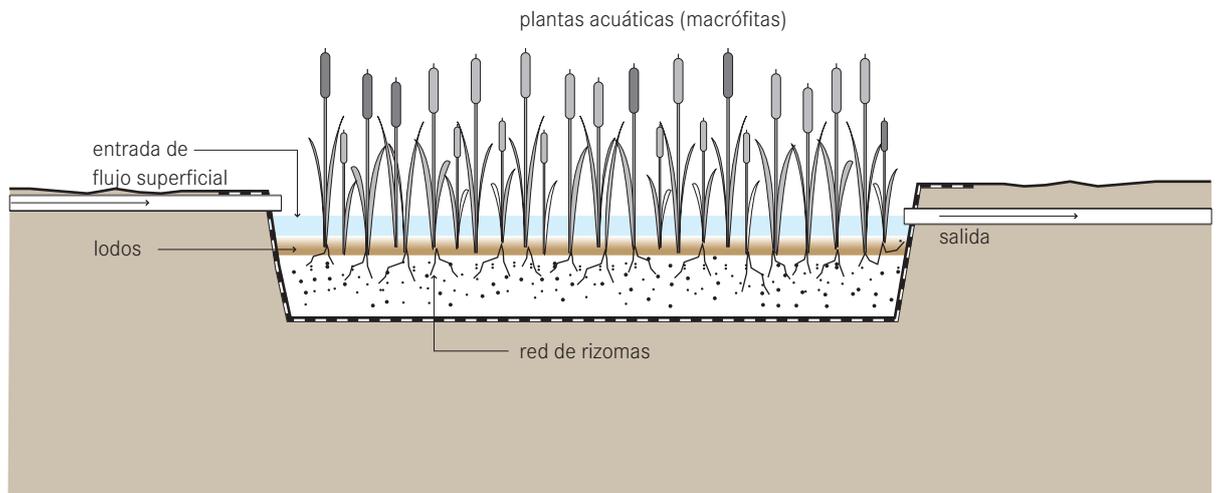
- ★ Hogar
- ★★ Vecindario
- ★★ Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas:**  Aguas Negras  Aguas Grises

**Salidas:**  Efluente



**Un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre es una serie de canales inundados cuyo objetivo es imitar los procesos naturales de un humedal natural, marisma o humedal. Al ir fluyendo suavemente por el humedal, las partículas se asientan, los patógenos son destruidos y los organismos y las plantas usan los nutrientes.**

A diferencia del Humedal Artificial de Flujo Horizontal sub-superficial (T6), el Humedal Artificial de Flujo Superficial libre permite que el agua fluya sobre el terreno, expuesta a la atmósfera y al sol directo. El canal o represa es recubierto con una barrera impermeable (arcilla o geomembrana) cubierta con piedras, grava y tierra y se planta vegetación de la región (p.ej. cola de zorro y/o juncos). El humedal es inundado con aguas residuales hasta una profundidad de 10 a 45 cm por encima del nivel del terreno. Al fluir suavemente por el humedal, el agua residual pasa por procesos físicos, químicos y biológicos simultáneos, se filtran los sólidos, se degrada la materia orgánica y se eliminan los nutrientes.

Las aguas negras deben ser pretratadas para prevenir un exceso de acumulación de sólidos y de basura. Una vez en el estanque, las partículas más pesadas se sedimentan, eliminando así los nutrientes sujetos a ellas. Las plantas, y las comunidades de microorganismos que ellas soportan (en

los tallos y raíces), toman los nutrientes como nitrógeno y fósforo. Las reacciones químicas pueden provocar que otros elementos se precipiten. Los patógenos son eliminados del agua por la descomposición natural, la depredación de organismos superiores, sedimentación y radiación ultravioleta.

Aunque la capa de tierra bajo el agua es anaeróbica, las raíces de las plantas liberan oxígeno en el área que rodea a los pelos radiculares, creando un entorno propicio para actividades químicas y biológicas complejas.

La eficiencia del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre también depende de la buena distribución de agua en la entrada. Las aguas residuales pueden ingresar en el humedal usando represas o perforando hoyos en un tubo de distribución para permitirle entrar en intervalos regulares.

**Adecuación** Los Humedales Artificiales de Flujo Superficial Libre pueden lograr la eliminación de una gran cantidad de sólidos suspendidos y de una moderada eliminación de patógenos, nutrientes y de otros contaminantes como metales pesados. Como la sombra de las plantas y la protección para que el viento no mezcle las aguas limitan la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, esta tecnología sólo es adecuada para aguas residuales con poca fuerza.

Usualmente esto requiere que los humedales Artificiales de Flujo Superficial Libre sean adecuados sólo cuando se usan después de otro tipo de tratamiento primario para reducir la DBO.

Dependiendo del volumen del agua, y por lo tanto del tamaño, los humedales pueden ser adecuados para pequeñas secciones de áreas urbanas o más adecuados para comunidades periurbanas y rurales. Esta es una buena tecnología de tratamiento para las comunidades que cuentan con instalaciones de tratamiento primario (p.ej. Fosa Séptica (S9)). Esta es una buena opción en lugares donde la tierra es barata y disponible siempre que la comunidad esté suficientemente organizada para planear y mantener a conciencia el humedal durante su vida útil.

Esta tecnología es más adecuada para climas cálidos pero se puede diseñar para tolerar algunos periodos de congelación y de baja actividad biológica.

**Aspectos de Salud/Aceptación** La superficie abierta actúa como campo potencial de proliferación de mosquitos. Sin embargo, un buen diseño y mantenimiento puede prevenir esto.

Los Humedales artificiales de Flujo Superficial Libre son generalmente agradables a la vista, especialmente cuando están integrados en áreas naturales existentes.

Se debe procurar evitar que la gente entre en contacto con el efluente dado el potencial de transmisión de enfermedades y el riesgo de ahogo en aguas profundas.

**Mantenimiento** Un mantenimiento regular debe garantizar que el agua no se regrese debido a ramas caídas o basura que bloquee la salida del humedal. Puede ser necesario recortar la vegetación periódicamente.

#### Pros y Contras:

- + Estéticamente agradable y proporciona un hábitat animal
- + Alta reducción de DBO y sólidos; eliminación moderada de patógenos
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- + No requiere energía eléctrica
- + No hay problemas de moscas ni olores si se usan correctamente
- Puede facilitar la reproducción de mosquitos
- Largo tiempo de arranque para operar a plena capacidad
- Se requiere una gran área de terreno
- Requiere diseño y supervisión expertos
- Costo moderado de capital dependiendo de la tierra, recubrimiento, etc.: bajo costo de operación

#### Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB and McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU pp. 582-599. (Capítulo de resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- Mara, DD. (2003). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. Earthscan, Londres, Reino Unido. pp. 85-187.
- Poh-Eng, L. y Polprasert, C. (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Resource Recovery*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia.
- Polprasert, C., et al. (2001). *Wastewater Treatment II, Natural Systems for Wastewater Management*. IHE Delft, Países Bajos. Capítulo 6.
- QLD DNR (2000). *Guidelines for using free water surface constructed wetlands to treat municipal sewage*. Gobierno de Queensland, Secretaría de Recursos Naturales, Brisbane, Australia.  
Disponible en: [www.epa.qld.gov.au](http://www.epa.qld.gov.au)

**Nivel de Aplicación**

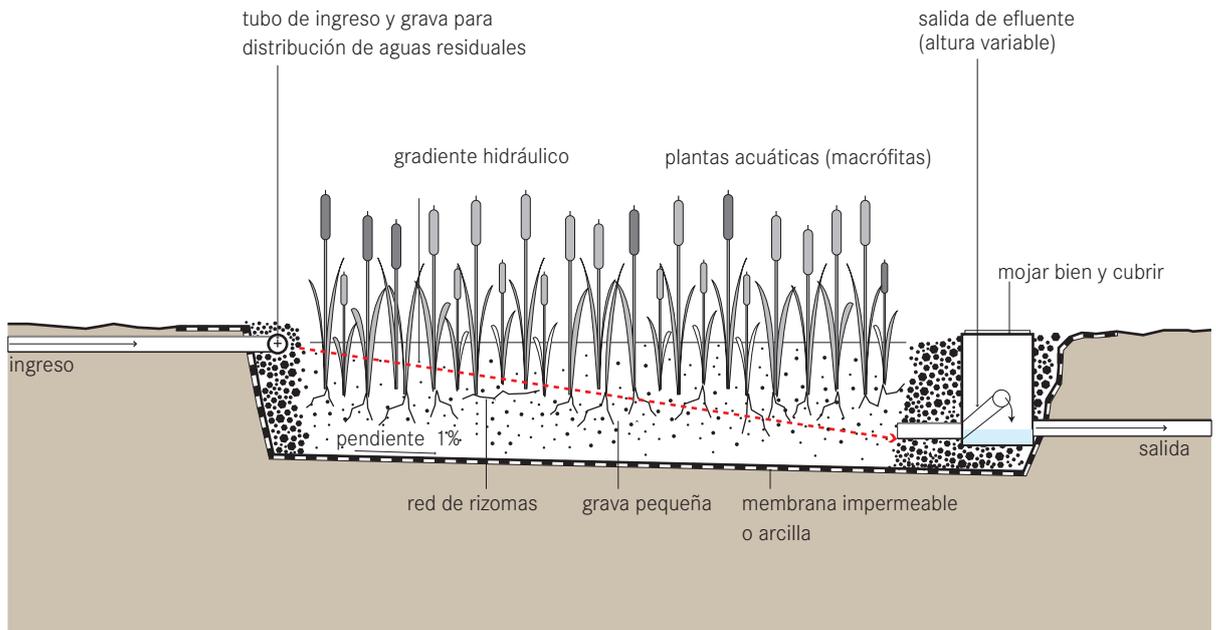
- ★ Hogar
- ★★ Vecindario
- ★ Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas:**  Aguas Negras  Aguas Grises

**Salidas:**  Efluente



**Un Humedal Artificial de Flujo Horizontal subsuperficial es un canal grande relleno con grava y arena donde se planta vegetación acuática. Al fluir horizontalmente las aguas residuales por el canal, el material filtra partículas y microorganismos y degrada el material orgánico.**

El nivel de agua en un Humedal Artificial de Flujo Horizontal Subsuperficial se mantiene entre 5 y 15 cm para asegurar el flujo de superficie. El lecho debe ser ancho y poco profundo para que el flujo de agua sea maximizado. Se debe usar una ancha zona de entrada para distribuir uniformemente el flujo. Para evitar taponamientos y asegurar un tratamiento eficiente es esencial un pretratamiento.

Se debe usar un recubrimiento impermeable (arcilla o geotextil) para evitar la infiltración. Comúnmente se usa grava pequeña, redonda y de tamaño uniforme (3–32 mm de diámetro) para rellenar el lecho hasta una profundidad de 0.5 a 1 m. La grava debe estar limpia y sin polvillo para limitar los taponamientos. También es aceptable la arena, pero es más propensa a los taponamientos. En años recientes se han usado exitosamente otros materiales de filtración como el PET.

La eficiencia de eliminación del humedal depende de la superficie (longitud multiplicada por ancho), mientras que el área transversal (ancho por profundidad), determina el

máximo flujo posible. Es importante que la entrada sea bien diseñada que permita la distribución uniforme para prevenir el retroflujo. La salida debe ser variable de manera que se pueda ajustar la superficie de agua para optimizar el desempeño del tratamiento.

El medio filtrante actúa tanto como filtro para eliminar sólidos, como una superficie fija para que las bacterias se sujeten, y como una base para la vegetación. Aunque las bacterias facultativas y anaeróbicas degradan la mayor parte de la materia orgánica, la vegetación transfiere una pequeña cantidad de oxígeno a la zona de raíces, de manera que pueden ser colonizadas por bacterias aeróbicas que también degradan el material orgánico. Las raíces de las plantas juegan un papel importante al mantener la permeabilidad del filtro.

Es apropiada cualquier planta con raíces anchas y profundas que pueda crecer en el ambiente acuático rico en nutrientes. El *Phragmites australis* (carrizo) es una elección común porque forma rizomas horizontales que penetran toda la profundidad del filtro. La eliminación de patógenos se logra por la descomposición natural, la depredación por organismos superiores, y la sedimentación.

**Adecuación** Las obstrucciones son un problema común y por lo tanto el afluente debe estar bien sedimentado con

un tratamiento primario antes de desembocar en el humedal. Esta tecnología no es apropiada para aguas residuales no tratadas (aguas negras). Este es un buen tratamiento para las comunidades que cuentan con tratamiento primario (p.ej. Fosas Sépticas (S9) o WSP (T3)) pero que buscan alcanzar una mayor calidad de efluente. Esta es una buena opción donde el terreno es barato y está disponible, aunque el humedal requerirá mantenimiento durante toda su vida útil.

Dependiendo del volumen del agua y, por lo tanto, del tamaño, este tipo de humedal puede ser adecuado para pequeñas secciones de áreas urbanas, periurbanas y comunidades rurales. También se pueden diseñar para una única vivienda.

Los Humedales Artificiales de Flujo Horizontal subsuperficial son más adecuados para climas cálidos, pero pueden ser diseñados para tolerar algunos periodos de congelación y de baja actividad biológica.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El riesgo de procreación de mosquitos es reducido, ya que no hay agua estancada, en comparación con el riesgo asociado con los Humedales Artificiales de Flujo Superficial Libre (T5). El humedal es agradable a la vista y se puede integrar en áreas silvestres o parques.

**Mantenimiento** Con el tiempo se taponará la grava con los sólidos y la capa bacteriana. El material del filtro puede requerir reemplazo entre los 8 y 15 años, o más. Las actividades de mantenimiento se deben enfocar en asegurar que el tratamiento primario es efectivo al reducir la concentración de sólidos en las aguas residuales antes de entrar en el humedal. También debe asegurarse que no crezcan árboles en el área, ya que las raíces pueden dañar el recubrimiento.

#### Pros y Contras:

- + Requiere menos espacio que un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre
- + Alta reducción de DBO, de sólidos suspendidos y de patógenos
- + No presenta los problemas de mosquitos del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre (T5)
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- + No requiere energía eléctrica
- Requiere diseño y supervisión expertos
- Costo moderado de capital dependiendo de la tierra, recubrimiento, relleno, etc.; bajo costo de operación
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones

#### Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB and McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 599-609. (Capítulo de resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- Mara, DD. (2003). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. Earthscan, Londres. pp. 85-187.
- Poh-Eng, L. y Polprasert, C. (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Resource Recovery*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia.
- Polprasert, C., et al. (2001). *Wastewater Treatment II, Natural Systems for Wastewater Management*. Notas de Conferencia, IHE Delft, Países Bajos. Capítulo 6.
- Reed, SC. (1993). *Subsurface Flow Constructed Wetlands For Wastewater Treatment, A Technology Assessment*. United States Environmental Protection Agency, EE.UU. Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov) (Manual detallado de diseño.)

**Nivel de Aplicación**

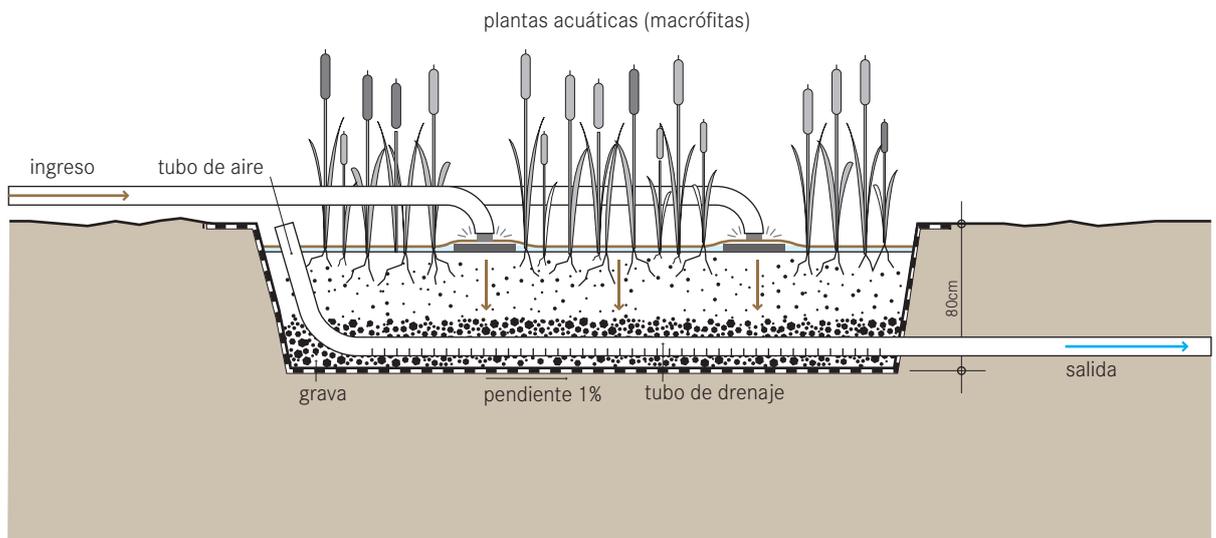
- ★ Hogar
- ★★ Vecindario
- ★★★ Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★ Hogar
- ★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas:**  Aguas Negras  Aguas Grises

**Salidas:**  Efluente



**Un Humedal Artificial de Flujo Vertical es un lecho de filtración que se planta con vegetación acuática. Las aguas residuales se vierten o dosifican a la superficie del humedal desde arriba usando un sistema mecánico de dosificación. El agua fluye verticalmente hacia abajo por la matriz del filtro. La diferencia importante entre el humedal vertical y el horizontal no sólo es la dirección del flujo, sino las condiciones aeróbicas.**

Al dosificar intermitentemente el humedal (de cuatro a diez veces al día), el filtro pasa por periodos de saturación y falta de saturación y, por lo tanto, diferentes condiciones aeróbicas y anaeróbicas. La frecuencia de dosificación se debe ajustar para que la dosis anterior de aguas residuales tenga tiempo de filtrarse por el material para que el oxígeno tenga tiempo de difundirse por el medio y llenar los espacios vacíos.

Se puede diseñar el Humedal Artificial de Flujo Vertical como una excavación poco profunda o como una construcción sobre el nivel del suelo. Cada filtro debe tener un recubrimiento impermeable y un sistema de recolección de efluente. Habitualmente los Humedales Artificiales de flujo Vertical se diseñan para tratar aguas residuales que han pasado por un pretratamiento. Estructuralmente, hay una capa de grava para drenar (un mínimo de 20 cm), seguida

de capas de arena y grava (para efluente ya asentado) o arena y grava fina (para efluente primario).

El medio filtrante actúa tanto como filtro para eliminar sólidos, como una superficie fija para que las bacterias se sujeten, y como una base para la vegetación. La capa superior es plantada con vegetación que puede desarrollar raíces profundas y gruesas, que entran en el medio de filtración.

Dependiendo del clima, las opciones comunes son *Phragmites australis*, *Typha cattails* o *Echinochloa Pyramidalis*. La vegetación transfiere una pequeña porción de oxígeno a la zona de raíces de manera que las bacterias aeróbicas pueden colonizar el área y degradar la materia orgánica. Sin embargo, la función primaria de la vegetación es mantener la permeabilidad en el filtro y proporcionar un hábitat para los microorganismos.

Durante la etapa de inundación, el agua residual fluye hacia abajo por el lecho no saturado y es filtrada por la mezcla de arena y grava. Los nutrientes y la materia orgánica son absorbidos y degradados por las densas poblaciones microbianas sujetas a la superficie del material del filtro y las raíces. Al forzar a los organismos a una etapa de 'hambre' entre las dosis, el crecimiento excesivo de la biomasa se reduce y se incrementa la porosidad. Una red de drenaje en la base recolecta el efluente.

El diseño y el tamaño del humedal dependen de las cargas hidráulica y orgánica.

La eliminación de patógenos se logra por la descomposición natural, la depredación de organismos superiores, y la sedimentación.

**Adecuación** La obstrucción es un problema común. Por lo tanto, el afluente debe estar bien asentado con tratamiento primario antes de fluir al humedal. Esta tecnología no es apropiada para aguas residuales domésticas sin tratamiento (aguas negras).

Este es un buen tratamiento para las comunidades que cuentan con tratamiento primario (p.ej. Fosas Sépticas (S9) o WSP (T3)) pero que buscan alcanzar una mayor calidad de efluente. Esta es una buena opción donde el terreno es barato y está disponible, aunque el humedal requerirá mantenimiento durante toda su vida útil.

Entran en juego muchos procesos complejos, por lo tanto, hay una reducción significativa de DBO, sólidos y patógenos. En muchos casos el efluente será adecuado para su descarga sin tratamiento adicional. Dado el sistema mecánico de dosificación, esta tecnología es más apropiada para comunidades que disponen de personal cualificado para el mantenimiento, una fuente constante de energía y piezas de repuesto.

Los Humedales Artificiales de Flujo Vertical son más adecuados para climas cálidos, pero pueden ser diseñados para tolerar algunos periodos de congelación y de baja actividad biológica.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Es bajo el riesgo de procreación de mosquitos ya que no hay agua estancada. El sistema es generalmente agradable a la vista y se puede integrar a las áreas silvestres o parques. Se debe tener cuidado para asegurar que la gente no entre en contacto con el afluente por el riesgo de infección.

**Mantenimiento** Con el tiempo se obstruirá la grava con los sólidos acumulados y la capa bacteriana. El material puede requerir ser remplazado cada 8 a 15 años, o más. Las actividades de mantenimiento se deben orientar a asegurar que el tratamiento primario baje efectivamente la concentración de la materia orgánica y de los sólidos antes de entrar en el humedal. Se pueden requerir pruebas para determinar las plantas locales más adecuadas con el agua residual específica. El sistema vertical requiere más mantenimiento y experiencia técnica que las otras tecnologías de humedal.

#### Pros y Contras:

- + No presenta los problemas de mosquitos del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre (T5)
- + Se presentan menos obstrucciones que en el Humedal Artificial del Flujo Horizontal Subsuperficial
- + Requiere menos espacio que un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre
- + Alta reducción de BOD, de sólidos suspendidos y de patógenos
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Requiere diseño y supervisión de expertos
- Costo moderado de capital dependiendo de la tierra, recubrimiento, relleno, etc.; bajo costo de operación
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones
- El sistema de dosificación requiere ingeniería más compleja

#### Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB and McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 599-609. (Capítulo de resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- Mara, DD. (2003). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. Earthscan, Londres. pp. 85-187.
- Poh-Eng, L. y Polprasert, C. (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Resource Recovery*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia.
- Polprasert, C., et al. (2001). *Wastewater Treatment II, Natural Systems for Wastewater Management*. Notas de Conferencia IHE Delft, Países Bajos. Capítulo 6.
- Reed, SC. (1993). *Subsurface Flow Constructed Wetlands For Wastewater Treatment, A Technology Assessment*. United States Environmental Protection Agency, EE.UU. Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov) (Manual detallado de diseño.)

**Nivel de Aplicación**

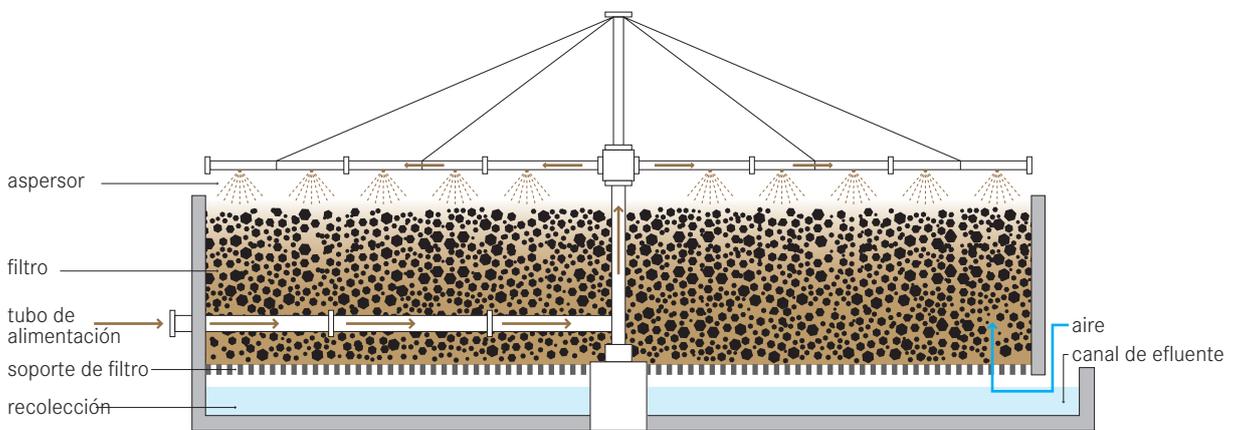
- Hogar
- Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- Hogar
- Compartido
- Público

**Entradas:**  Aguas Negras  Aguas Grises

**Salidas:**  Efluente  Lodos



**Un Filtro Percolador es un filtro biológico de lecho fijo que opera bajo condiciones (principalmente) aeróbicas. Se “deja caer” o rocía agua de desecho decantada sobre el filtro. Al migrar el agua por los poros del filtro, la materia orgánica se degrada por la biomasa que cubre el material del filtro.**

El Filtro Percolador se llena con material de alta superficie específica, tales como piedras, grava, botellas de PVC trituradas, o material filtrante preformado especialmente. Preferiblemente debe ser un material con una superficie específica de entre 30 y 900 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Para prevenir obstrucciones y asegurar un tratamiento eficiente es esencial un pretratamiento. El agua residual pretratada se “deja caer” sobre la superficie del filtro. Los organismos que se desarrollan en una delgada capa en la superficie del material oxidan la carga orgánica produciendo dióxido de carbono y agua, generando nueva biomasa.

El agua residual entrante es rociada sobre el filtro con el uso de un rociador rotatorio. De esta manera, el material del filtro pasa por ciclos de saturación y de exposición al aire. Sin embargo, el oxígeno se reduce en la biomasa y las capas más internas pueden ser anóxicas o anaeróbicas.

El filtro normalmente tiene de 1 a 3 m de profundidad, pero los filtros hechos con material plástico más ligero pueden ser de hasta 12 m de profundidad.

El material ideal para el filtro tiene una elevada relación superficie/volumen, es ligero, duradero y permite que el aire circule. Siempre que estén disponibles, las piedras trituradas o la grava son la opción más económica. Las partículas deben ser uniformes de manera que el 95% de las partículas tengan un diámetro entre 7 y 10 cm.

Ambos extremos del filtro están ventilados para permitir que el oxígeno pase a lo largo de su superficie. Una losa perforada sostiene el fondo del filtro y permite que el efluente y el exceso de lodo se recolecten.

Con el tiempo la biomasa engrosará y la capa sujeta se quedará sin oxígeno; entrará en un estado endógeno, perderá su habilidad de mantenerse sujeta y se liberará. Las condiciones de alta carga provocarán también la separación. El efluente recolectado debe ser clarificado en un tanque de sedimentación para eliminar cualquier biomasa que se haya desprendido del filtro. El índice de carga hidráulica y de nutrientes (la cantidad de agua residual que se surte al filtro) está determinada por las características del agua residual, el tipo del material del filtro, la temperatura ambiental y las necesidades de descarga.

**Adecuación** Sólo se puede usar esta tecnología después de una clarificación ya que una alta carga de sólidos puede provocar que el filtro se tape.

Se requiere un operador capacitado para monitorear y reparar el filtro y la bomba en caso de problemas. Se puede diseñar un sistema de rociado de baja energía (por gravedad), pero en general se requiere una fuente continua de energía y de aguas residuales.

Comparada con otras tecnologías (p.ej. WSP), los filtros de escurrimiento son compactos, aunque aún son los más adecuados para asentamientos periurbanos o rurales grandes.

Se pueden construir los Filtros de Escurrimiento en casi cualquier condición ambiental, aunque se requieren adaptaciones especiales para climas fríos.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Los problemas de olores y moscas requieren que se construya el filtro lejos de casas y negocios. Se deben tomar las medidas necesarias para el pretratamiento, la descarga de efluente y el tratamiento de sólidos, que aún pueden representar riesgos para la salud.

**Mantenimiento** Para evitar las obstrucciones, se deben eliminar periódicamente los lodos acumulados en el filtro. Se pueden usar altos índices de carga hidráulica para purgar el filtro.

El material se debe mantener húmedo. Esto puede representar un problema durante la noche cuando el flujo de agua se reduce o cuando hay cortes de electricidad.

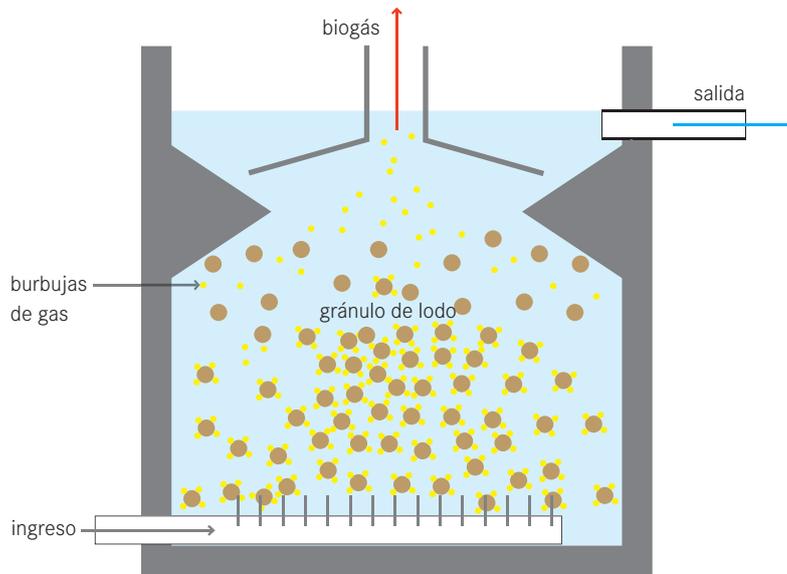
#### **Pros y Contras:**

- + Se puede operar en varios índices de carga orgánica e hidráulica
- + Se requiere una pequeña área en comparación con los Humedales Artificiales
- Alto costo de capital y moderado costo de operación
- Requiere diseño y construcción expertos
- Requiere fuente constante de energía y flujo constante de aguas residuales
- A menudo las moscas y los olores son problemáticos
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones
- El sistema de dosificación requiere una ingeniería más compleja

#### **Referencias**

- U.S. EPA (2000). *Wastewater Technology Fast Sheet Trickling Filters, 832-F-00-014*. US Environmental Protection Agency, Washington.  
Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)  
(Resumen de diseño que incluye consejos para la corrección de problemas.)
- Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.  
(Proporciona una breve descripción de la tecnología.)
- Tchobanoglous, G., Burton, F L. y Stensel, H D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York. pp. 890-930 .  
(Diseño detallado y ejemplos de cálculo.)

<b>Nivel de Aplicación</b> <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	<b>Entradas:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Aguas Negras <input type="checkbox"/> Aguas Grises
		<b>Salidas:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Efluente <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Tratados <input checked="" type="checkbox"/> Biogás



**El Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente con Manto de Lodos (UASB, del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor) es un proceso de tanque único. Las aguas residuales entran en el reactor por el fondo, y fluyen hacia arriba. Una capa de lodo suspendida filtra las aguas residuales, tratándolas al ir atravesándola.**

La capa de lodos está formada por gránulos (pequeñas agrupaciones) de microbios (0.5 a 2 mm de diámetro), microorganismos que por su propio peso se resisten a ser arrastrados por el flujo ascendente. Los microorganismos en la capa de lodos degradan los compuestos orgánicos. Como resultado se liberan gases (metano y bióxido de carbono). Las burbujas ascendentes mezclan los lodos sin necesidad de piezas mecánicas. Las paredes inclinadas vuelcan el material que alcanza la superficie del tanque. El efluente clarificado es extraído de la parte superior del tanque en un área por encima de las paredes inclinadas. Después de varias semanas de uso, se forman gránulos más grandes de lodos que, a su vez, actúan como filtros de partículas más pequeñas al ir subiendo el efluente por la capa de lodos. Dado el régimen ascendente, los organismos que forman los gránulos son acumulados, mientras que los demás son arrastrados por el flujo.

El gas que asciende hacia la superficie es recolectado en un domo y puede ser usado como fuente de energía (biogás). Se debe mantener una velocidad ascendente de 0.6 a 0.9 m/h para mantener la capa de lodos en suspensión.

**Adecuación** Un UASB no es apropiado para comunidades pequeñas o rurales sin fuentes constantes de agua o electricidad. Se requiere un operador capacitado para monitorear y reparar el reactor y la bomba en caso de problemas.

El reactor UASB tiene el potencial de producir efluente de mayor calidad que las Fosas Sépticas (S9), y puede hacerlo con un reactor de menor volumen. Es un proceso bien establecido para procesos de tratamiento de aguas residuales industriales. En algunas ciudades de América Latina los reactores UASB son frecuentemente utilizados para el tratamiento de aguas residuales.

Como el proceso puede eliminar del 85 al 90% de la Demanda de química Oxígeno (DQO), se usa habitualmente para la fabricación de cerveza, destilación, elaboración de alimentos y desechos de pulpa y de papel. El reactor puede no funcionar bien donde el afluente tenga poca concentración. La temperatura también afecta al rendimiento.

**Aspectos de Salud/Aceptación** La operación y el mantenimiento del UASB, que es una tecnología de tratamiento centralizado, deben ser llevados a cabo por profesionales. Como con todos los procesos de aguas residuales, los operadores deben tomar medidas adecuadas de higiene y seguridad cuando trabajen en la planta.

**Mantenimiento** El desazolve es poco frecuente y sólo se eliminan los lodos excesivos cada 2 o 3 años. Se requiere un operador permanente para controlar y monitorear la bomba de dosificación.

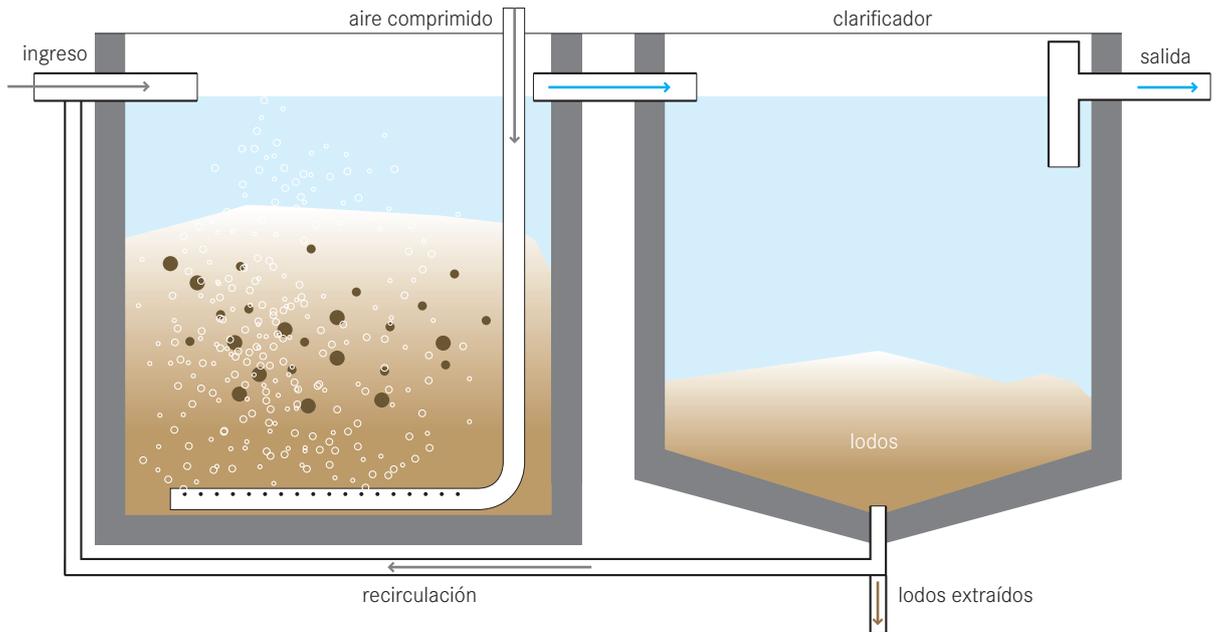
**Pros y Contras:**

- + Alta reducción de la materia orgánica
- + Puede soportar un elevado índice de carga orgánica (hasta 10 kg de DBO/m<sup>3</sup>/d) y de carga hidráulica.
- + Baja producción de lodos (por lo tanto, desazolve poco frecuente)
- + Se puede usar el biogás como fuente de energía (pero primero es necesario limpiarlo)
- Es difícil mantener las condiciones hidráulicas adecuadas (se debe equilibrar el flujo ascendente y el índice de sedimentación)
- Tiempo de arranque prolongado
- El tratamiento puede ser inestable con cargas hidráulicas y orgánica variables
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Es necesario que expertos se encarguen del diseño y la supervisión de la construcción

**Referencias**

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. (Corta perspectiva general.)
- Lettinga, G., Roersma, R. and Grin, P. (1983). Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage at Ambient Temperatures Using a Granular Bed UASB Reactor *Biotechnology and Bioengineering* 25 (7): 1701-1723. (La primera publicación describiendo el proceso.)
- Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania. (Corta perspectiva general.)
- von Sperlin, M. y de Lemos Chernicharo, C A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. Volume One*. IWA, Londres, pp. 741-804. (Información Detallada de Diseño)
- Tare, V. y Nema, A. (n.d). *UASB Technology-expectations and reality*. United Nations Asian and Pacific Centre for Agricultural Engineering and Machinery. Disponible en: <http://unapcaem.org> (Evaluación de instalaciones de UASB en India.)
- Vigneswaran, S., et al. (1986). *Environmental Sanitation Reviews: Anaerobic Wastewater Treatment Attached growth and sludge blanket process*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia. (El Capítulo 5 proporciona una buena perspectiva técnica general.)

<b>Nivel de Aplicación</b> <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	<b>Entradas:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Aguas Negras <input type="checkbox"/> Aguas Grises
		<b>Salidas:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Efluente <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Tratados



**El Lodo Activado es un reactor de varias cámaras que (principalmente) hace uso de microorganismos aeróbicos para degradar la materia orgánica en las aguas residuales y para producir un efluente de alta calidad. Para mantener las condiciones aeróbicas y mantener suspendida la biomasa activa, se requiere una fuente de oxígeno constante y bien programada.**

Se pueden emplear diferentes configuraciones del proceso de Lodo Activado para asegurar que las aguas residuales son mezcladas y aireadas (ya sea con aire u oxígeno puro) en un tanque de aireación. Los microorganismos oxidan el carbono orgánico en las aguas residuales para producir nuevas células, dióxido de carbono y agua. Aunque los organismos más comunes son las bacterias aeróbicas, pueden estar presentes bacterias aeróbicas, anaeróbicas y/o nitrificantes junto con otros organismos. La composición exacta depende del diseño del reactor, del medio ambiente, y de las características de las aguas residuales. Durante la aireación y el mezclado, las bacterias forman pequeños flóculos. Cuando se detiene la aireación, la mezcla se transfiere a un segundo decantador donde se les permite a los flóculos asentarse y el efluente continúa para tratamiento adicional o descarga. A continuación el lodo vuelve al tanque de aireación, donde se repite el proceso.

Para lograr metas específicas de DBO, nitrógeno y fósforo en el efluente, se han hecho diferentes adaptaciones y modificaciones al diseño básico del Lodo Activado. Las condiciones aeróbicas, los organismos específicos de los nutrientes (especialmente para fósforo), el diseño de reciclado y la dosificación de carbono, entre otros, han permitido a los procesos de Lodo Activado alcanzar exitosamente altos niveles de eficiencia de tratamiento.

**Adecuación** El Lodo Activado sólo es apropiado para unas instalaciones centralizadas de tratamiento con personal bien entrenado, electricidad constante y un sistema de manejo centralizado muy desarrollado para asegurar que las instalaciones son operadas y mantenidas correctamente.

Los procesos de Lodo Activado son una parte de un complejo sistema de tratamiento. Son usados después de un tratamiento primario (que elimina sólidos asentables) y antes de un paso final de limpieza. Los procesos biológicos que se dan son efectivos para eliminar la materia orgánica soluble, coloidal y partículas para nitrificación y desnitrificación biológicas y para la eliminación biológica de fósforo. Esta tecnología es efectiva para el tratamiento de grandes volúmenes de flujos de 10,000 a 1,000,000 de personas.

Se requiere un personal altamente capacitado para el mantenimiento y la solución de problemas.

El diseño se debe basar en una estimación precisa de la composición y del volumen de las aguas residuales. La eficiencia del tratamiento puede ser gravemente afectada si la planta es sub o sobre utilizada.

Un proceso de Lodo Activado es apropiado para casi cualquier clima.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Debido a las necesidades de espacio, las instalaciones centralizadas de tratamiento se localizan generalmente lejos de las áreas densamente pobladas a las que dan servicio. Aunque el efluente producido es de alta calidad, aún representa un riesgo para la salud y no se debe manejar directamente.

**Mantenimiento** El equipo mecánico requiere mantenimiento constante (mezcladores, aireadores y bombas). De la misma manera, se deben monitorear constantemente el afluente y el efluente para asegurar que no hay anomalías que pudieran matar la biomasa activa y para asegurar que no se desarrollen organismos perjudiciales para el proceso (p.ej. bacterias filamentosas).

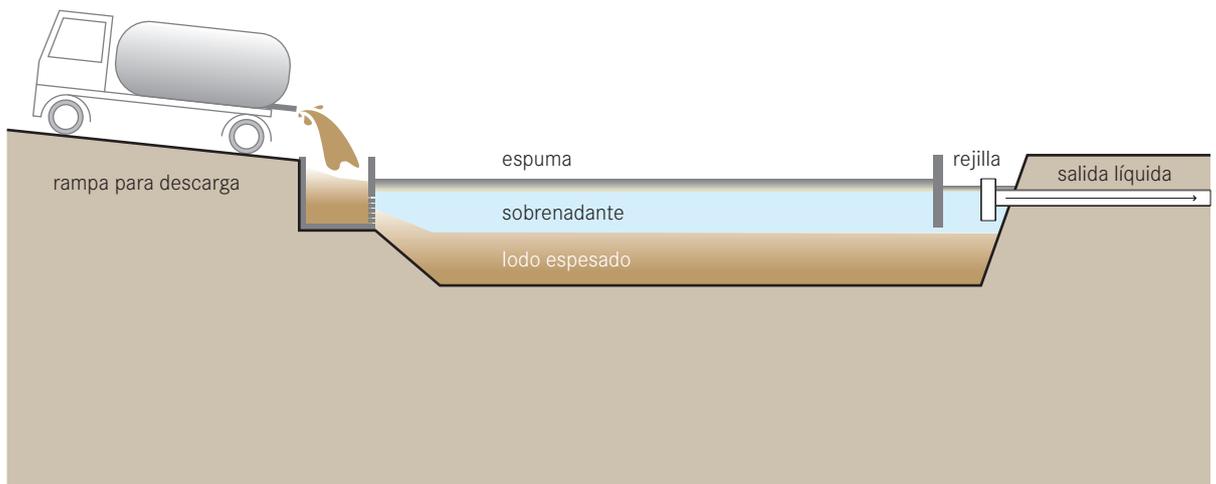
#### Pros y Contras:

- + Buena resistencia a las cargas por impacto
- + Se puede operar en una variedad de índices de carga orgánica e hidráulica
- + Alta reducción de DBO y patógenos (hasta un 99%)
- + Se puede modificar para lograr límites de descarga específicos
- Propenso a complicados problemas químicos y microbiológicos
- El efluente puede necesitar tratamiento/desinfección adicional antes de su descarga
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Requiere diseño y supervisión expertos
- Alto costo de capital; alto costo de operación
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- El efluente y los lodos requieren tratamiento secundario y/o una descarga apropiada

#### Referencias

- \_ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Pequeñas y Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 451-504. (Resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- \_ Ludwig, HF. y Mohit, K. (2000). Appropriate technology for municipal sewerage/Excreta management in developing countries, Thailand case study. *The Environmentalist* 20(3): 215-219. (Evaluación de la adecuación de Lodo Activado para Tailandia.)
- \_ von Sperling, M. y de Lemos Chernicharo, CA. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, Volume Two*. IWA, Londres.
- \_ Tchobanoglous, G., Burton, FL. y Stensel, HD. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York.

<b>Nivel de Aplicación</b> <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	<b>Entradas:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales
		<b>Salidas:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales <input checked="" type="checkbox"/> Efluente



**Los Estanques de Sedimentación o Espesamiento son simples estanques de asentamiento que permiten que el lodo se espese y deseque. El efluente es sacado y tratado, mientras que los lodos espesados se pueden tratar en un sistema posterior.**

Los lodos fecales no son un producto uniforme y, por lo tanto, su tratamiento debe ser especial según sus características específicas. En general, hay dos tipos de lodos fecales: fuertes (originados en letrinas y retretes públicos sin drenaje) y débiles (originados en Fosas Sépticas (S9)). Los lodos fuertes aún son ricos en materia orgánica y no han sufrido una degradación significativa, por lo que es difícil deshidratarlos. Los lodos débiles han sufrido degradación anaeróbica significativa y son deshidratados más fácilmente.

Los lodos fuertes deben ser estabilizados para poder secarlos adecuadamente. Para lograrlo se deja que los lodos fuertes se degraden anaeróbicamente en Estanques de Sedimentación/Espesamiento. Se puede usar el mismo tipo de estanque para espesar lodos débiles, aunque sufren una menor degradación y requieren más tiempo para sedimentarse. El proceso de degradación puede entorpecer la sedimentación de los lodos débiles porque los gases producidos burbujan y vuelven a suspender los

sólidos. Para alcanzar una máxima eficiencia, los periodos de carga y reposo no deben exceder de las 4 o 5 semanas, aunque son comunes los ciclos mucho más largos. Cuando se usa un ciclo de 4 semanas de carga y 4 semanas de reposo, los sólidos totales (ST) pueden aumentar hasta un 14% (dependiendo de la concentración inicial).

Al asentarse y digerirse los lodos, el sobrenadante se debe decantar y tratar por separado. Los lodos espesados pueden entonces ser secados o compostados adicionalmente.

**Adecuación** Los Estanques de Sedimentación/Espesamiento son adecuados donde hay espacio económico y disponible que esté lejos de casas y negocios; debe estar en la periferia de la comunidad.

Los lodos no son higiénicos y requieren tratamiento adicional antes de su desecho. Lo ideal sería que esta tecnología acompañara a unas instalaciones de Secado (T13) in situ o Co-Compostaje (T14) para generar un producto higiénico. Se requiere personal capacitado para la operación y el mantenimiento para asegurar un funcionamiento adecuado.

Esta es una opción de bajo costo que se puede instalar en la mayoría de los climas cálidos y templados. La lluvia excesiva puede impedir que los lodos se asienten y espesen correctamente.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El lodo entrante es patógeno, así que los trabajadores deben estar equipados con protección adecuada (botas, guantes y ropa). El lodo espesado también es infeccioso, aunque es más fácil de manejar y menos propenso a salpicar y rociar.

El estanque puede ser una molestia para los residentes cercanos debido a los malos olores y la presencia de moscas. Por lo tanto, el estanque debe estar suficientemente lejos de los centros urbanos.

**Mantenimiento** El mantenimiento es un aspecto importante de un estanque funcional, aunque no es intensivo. El área de descarga se debe mantener limpia para reducir la posibilidad de transmisión de enfermedades y las molestias (moscas y olores). Se deben eliminar la gravilla, la arena y los desechos sólidos que sean descargados junto con los lodos.

Los lodos espesados se deben sacar mecánicamente (excavadora o equipo especializado) cuando los lodos están suficientemente espesos.

**Pros y Contras:**

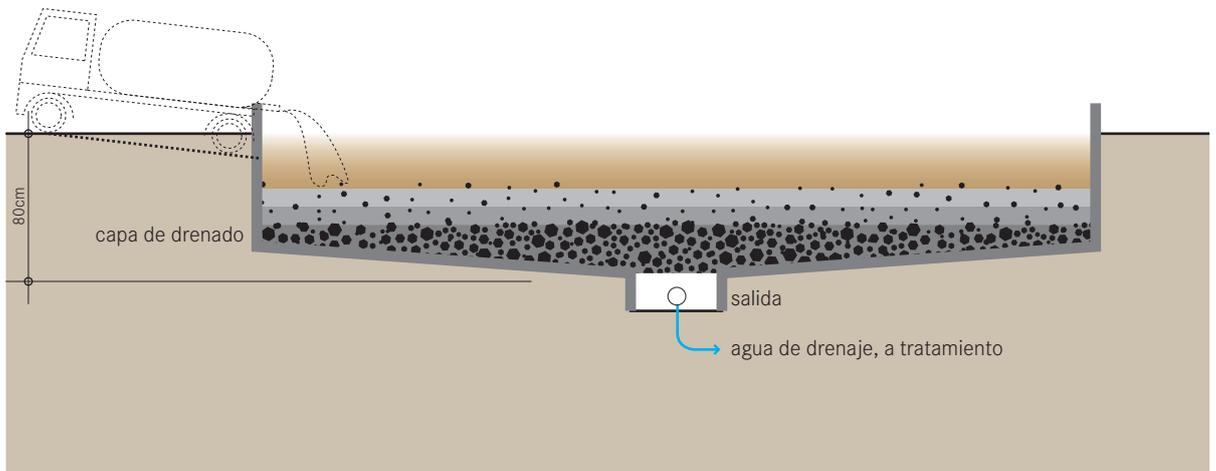
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Bajos costos de capital y de operación
- + Potencial para la generación local de empleos y de ingreso
- + No necesita energía eléctrica
- Se requiere una gran área de terreno
- Las moscas y los olores son normalmente perceptibles
- Largos tiempos de almacenamiento
- Requiere una excavadora para el desazolve mensual
- Requiere diseño y operación de expertos

**Referencias**

---

- \_ Heins, U., Larmie, SA. y Strauss, M. (1999). *Characteristics of Faecal Sludges and their Solids-Liquid Separation*. Eawag/Sandec Report, Dübendorf, Suiza. Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)
- \_ Heins, U., Larmie, SA. y Strauss, M. (1998). *Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges in the Tropics-Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design. Second Edition*. Eawag/Sandec Report 05/98, Dübendorf, Suiza. Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)
- \_ Montangero, A. y Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment*. Notas de Conferencia, IHE Delft. Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)

<b>Nivel de Aplicación</b> <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	<b>Nivel de Manejo</b> <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	<b>Entradas:</b> Lodos Fecales
		<b>Salidas:</b> Lodos Fecales  Efluente



**Un Lecho de Secado sin Plantas es un lecho simple y permeable que, cuando se carga con lodos, recolecta lixiviado percolado y permite que el lodo se seque por evaporación. Aproximadamente de un 50 a un 80% del volumen de los lodos se drena como líquido. Sin embargo, los lodos no son estabilizados ni tratados.**

El fondo del lecho de secado es recubierto con tubos perforados que drenan el lixiviado. Encima de los tubos hay capas de arena y grava que sostienen al lodo y permiten que el líquido se infiltre y sea recolectado en la tubería. La carga aproximada de lodos deben ser de 200 kg ST/m<sup>2</sup> y no se debe aplicar en capas que sean demasiado gruesas (máximo 20 cm), o los lodos no secarán efectivamente. El contenido final de humedad después de 10 a 15 días de secado debe ser aproximadamente un 60%. Se usa un plato de salpicaduras para evitar la erosión de la capa de arena y para permitir la distribución uniforme de los lodos. Cuando se secan los lodos, se deben separar de la capa de arena y ser desechados. El efluente que es recolectado en la tubería de drenaje también debe ser tratado adecuadamente. La capa superior de arena debe ser de 25 a 30 cm de espesor ya que algo de arena se pierde cada vez que se sacan manualmente los lodos.

**Adecuación** El secado de lodos es una forma efectiva de disminuir el volumen de los lodos, lo que es especialmente importante cuando requiere transporte a otro lugar para su uso, Co-Compostaje (T14), o desecho. La tecnología no es efectiva para estabilizar la fracción orgánica o disminuir el contenido de patógenos.

Los lechos de secado de lodos son adecuados para comunidades pequeñas o medianas con poblaciones de hasta 100,000 personas y hay espacio económico y disponible lejos de casas y de negocios. Es más adecuada para áreas rurales y periurbanas. Si es diseñada para dar servicio a áreas urbanas, debe ubicarse en la periferia de la comunidad.

Los lodos no son higiénicos y requieren tratamiento adicional antes de su desecho. Lo ideal sería que esta tecnología acompañara a unas instalaciones de Co-Compostaje (T14) para generar un producto higiénico.

Se requiere personal capacitado para la operación y el mantenimiento para asegurar un funcionamiento adecuado.

Esta es una opción de bajo costo que se puede instalar en la mayoría de los climas cálidos y templados. La lluvia excesiva puede impedir que los lodos se asienten y espesen correctamente.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El lodo entrante es patogénico, así que los trabajadores deben estar equipados con protección adecuada (botas, guantes y ropa). El lodo espesado también es infeccioso, aunque es más fácil de manejar y menos propenso a salpicar y rociar. El estanque puede ser una molestia para los residentes cercanos debido a los malos olores y la presencia de moscas. Por lo tanto, el estanque debe estar suficientemente lejos de los centros urbanos.

**Mantenimiento** Se debe diseñar el Lecho de Secado sin Plantas teniendo en cuenta las tareas de mantenimiento; se deben considerar accesos para personas y camiones para bombear el ingreso de lodos y sacar los lodos secos. Los lodos secos se deben sacar cada 10–15 días. El área de descarga se debe mantener limpia y los drenajes de efluente lavados regularmente. Se debe reemplazar la arena cuando la capa es delgada.

**Pros y Contras:**

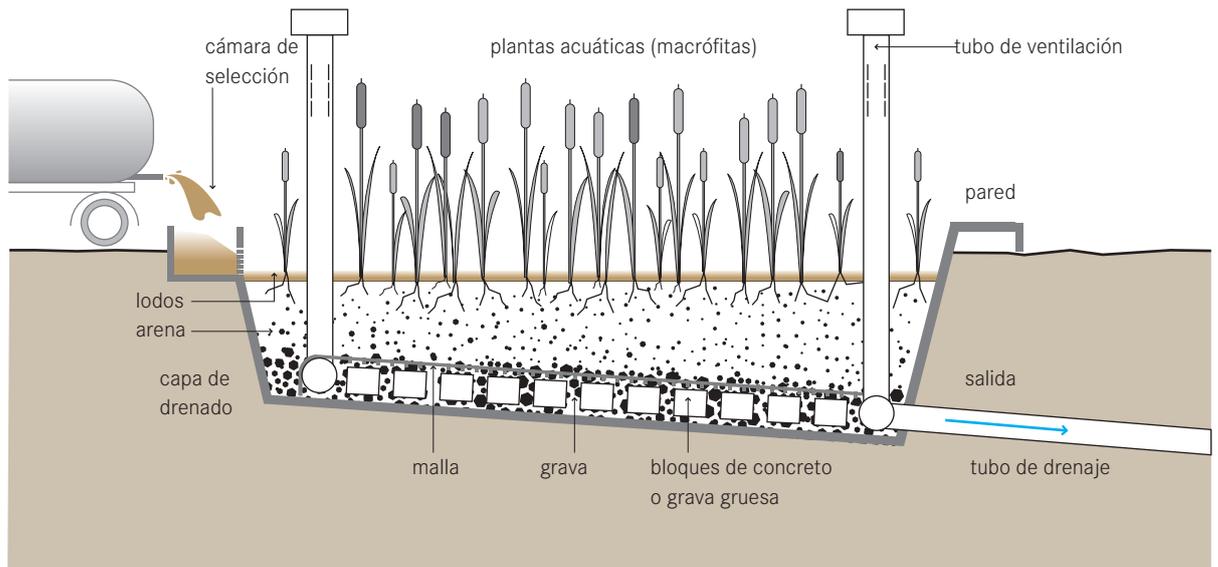
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Costos de capital moderados; bajos costos de operación
- + Potencial de generación local de empleo y de ingreso
- + No necesita energía eléctrica
- Se requiere una gran área de terreno
- Las moscas y los olores son normalmente perceptibles
- Largos tiempos de almacenamiento
- Requiere diseño y operación de expertos
- Eliminación laboriosa
- El lixiviado requiere tratamiento secundario

**Referencias**

---

- \_ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU.
- \_ Heinss, U. y Koottatep, T. (1998). *Use of Reed Beds for Faecal Sludge Dewatering – A Synopsis of Reviewed Literature and Interim Results of Pilot Investigations with Septage Treatment in Bangkok, Thailand*. UEEM Program Report, AIT/EAWAG, Dübendorf, Suiza. (Comparación con lechos de secado con plantas.)
- \_ Montangero, A. y Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment*. Notas de Conferencia, IHE Delft. Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)
- \_ Tchobanoglous, G., Burton, F.L. y Stensel, HD. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York.

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:
<input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	<input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	<input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales
		Salidas:
		<input checked="" type="checkbox"/> Lodos Tratados <input checked="" type="checkbox"/> Efluente <input checked="" type="checkbox"/> Forraje



Un Lecho de Secado con Plantas es semejante a un Lecho de Secado sin Plantas (T12) con el beneficio de una transpiración aumentada. La característica clave es que los filtros no requieren ser desazolvados después de cada ciclo de alimentación/secado. Los lodos frescos se pueden aplicar directamente sobre la capa anterior; las plantas y sus sistemas de raíces mantienen la porosidad en el filtro.

Esta tecnología tiene el beneficio de deshidratar y estabilizar los lodos. Asimismo, las raíces de las plantas crean rutas entre los lodos espesados para permitir que el agua escape más fácilmente.

La apariencia del lecho es semejante a la de un Humedal Artificial de Flujo Vertical (T7). Los lechos son rellenos con arena y grava para sostener la vegetación. En lugar de efluente, se aplican lodos a la superficie y el líquido fluye hacia abajo a través de la capa para recolectarse en drenajes. Un diseño general para depositar el lecho es: (1) 250 mm de grava gruesa (diámetro de grano de 20 mm); (2) 250 mm de grava fina (diámetro de grano de 5 mm); y (3) 100–150 mm de arena. Se debe dejar un espacio libre (1 m) por encima de la capa de arena para considerar de 3 a 5 años de acumulación.

Cuando se construye el lecho, las plantas deben ser colo-

cadadas uniformemente y se les debe permitir establecerse antes de aplicar los lodos. Las colas de zorro, los juncos y los carrizos son plantas adecuadas dependiendo del clima.

Se deben aplicar los lodos en capas de 75 a 100 mm y deben volverse a aplicar cada 3 a 7 días dependiendo de las características de los lodos, las condiciones ambientales y las restricciones de operación. Se han reportado tasas de aplicación de lodos de hasta 250 kg/m<sup>2</sup>/año.

Se pueden sacar los lodos después de 2 a 3 años y usar para la agricultura (aunque el grado de higiene variará con el clima).

**Adecuación** Esta es una tecnología para disminuir el volumen de los lodos (hasta un 50%) por la descomposición y secado, que es especialmente importante cuando los lodos se deben transportar a otro lugar para su uso, Co-Compostaje (T14), o desecho.

Los lechos de secado con plantas son adecuadas para comunidades pequeñas o medianas con poblaciones de hasta 100,000 personas. Deben localizarse en la periferia de la comunidad. Los lodos no son higiénicos y requieren tratamiento adicional antes de ser desechados. Lo ideal sería que esta tecnología acompañara a unas instalaciones de Co-Compostaje (T14) para generar un producto higiénico.

Se requiere personal capacitado para la operación y el mantenimiento con el fin de asegurar un funcionamiento adecuado.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Debido a su aspecto agradable, debe haber pocos problemas con la aceptación, especialmente si se localizan lejos de densos asentamientos. Los lodos fecales son peligrosos y cualquiera que trabaje con ellos debe usar ropa protectora, botas y guantes.

**Mantenimiento** Se deben realizar tareas de mantenimiento a los drenajes y el efluente se debe recolectar y desechar adecuadamente. Las plantas deben ser recortadas y/o cosechadas periódicamente.

**Pros y Contras:**

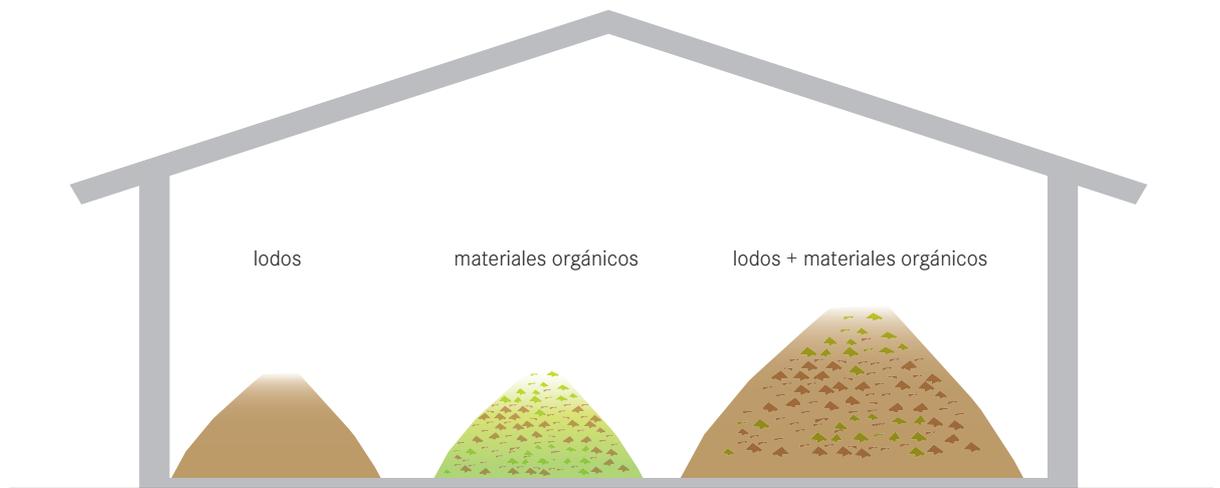
- + Puede manejar altas cargas
- + El cultivo de frutas o forraje puede generar ingresos
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Pequeños costos de capital y de operación
- + Potencial de generación local de empleo y de ingreso
- + No necesita energía eléctrica
- Se requiere una gran área de terreno
- Las moscas y los olores son normalmente perceptibles
- Largos periodos de almacenamiento
- Requiere diseño y operación de expertos
- Eliminación laboriosa
- El lixiviado requiere tratamiento secundario

**Referencias**

---

- \_ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU.
- \_ Heinss, U. y Koottatep, T. (1998). *Use of Reed Beds for Faecal Sludge Dewatering – A Synopsis of Reviewed Literature and Interim Results of Pilot Investigations with Septage Treatment in Bangkok, Thailand*. UEEM Program Report, AIT/EAWAG, Dübendorf, Suiza.  
Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)
- \_ Koottatep, T., et al. (2004). Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate – Lessons learnt after seven years of operation. *Water Science & Technology*, 51(9): 119–126.  
Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)
- \_ Montangero, A. y Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment*. Notas de Conferencia, IHE Delft.  
Disponible en: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)
- \_ Tchobanoglous, G., Burton, FL. y Stensel, HD. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York, pp. 1578.
- \_ Kengne Nounsi, IM. (2008). *Potentials of Sludge drying beds vegetated with Cyperus papyrus L. and Echinochloa pyramidalis (Lam.) Hitchc. & Chase for faecal Sludge treatment in tropical regions*. [Disertación Doctoral]. Yaounde (Camerún): Universidad de Yaounde.  
Disponible en: [www.nccr-north-south.unibe.ch](http://www.nccr-north-south.unibe.ch)

<p><b>Nivel de Aplicación</b></p> <p><input type="checkbox"/> Hogar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vecindario</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ciudad</p>	<p><b>Nivel de Manejo</b></p> <p><input type="checkbox"/> Hogar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Compartido</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Público</p>	<p><b>Entradas:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Materiales Orgánicos</p> <p><b>Salidas:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Composta/EcoHumus</p>
---	--	--



**El Co-Compostaje es una degradación aeróbica controlada de los materiales orgánicos usando más de una fuente de entrada (lodos fecales y desechos sólidos orgánicos). Los lodos fecales tienen un alto contenido de humedad y de nitrógeno, mientras que los desechos sólidos biodegradables son altos en carbono orgánico y tienen buenas propiedades aglomerantes (p.ej. permiten que el aire fluya y circule). Al combinar ambos, los beneficios de cada uno se aprovechan para optimizar el proceso y el producto.**

Para los lodos deshidratados, se debe usar una relación de 1:2 o 1:3 de lodos deshidratados a desechos sólidos. Los lodos líquidos se deben usar en una relación de 1:5 o 1:10 de lodos líquidos a desechos sólidos.

Hay dos tipos de diseños de Co-Compostaje: abierto y cerrado. En el compostaje abierto, el material mezclado (lodos y desechos sólidos) es acumulado en largos montones llamados pilas y se deja descomponer. Las pilas son volteadas periódicamente para proporcionar oxígeno y asegurar que todas las partes de la pila reciben el mismo tratamiento de calor. Las pilas deben ser de por lo menos 1 m de altura, y deben estar aisladas con composta o tierra para promover una distribución uniforme del calor dentro de la pila. Dependiendo del clima y del espacio disponible,

la pila puede ser cubierta para prevenir la evaporación excesiva y protegerla de la lluvia.

El compostaje cerrado requiere humedad y flujo de aire controlados, así como mezclado mecánico. Por lo tanto, no es apropiado generalmente para instalaciones descentralizadas. Aunque el proceso de compostaje parece ser una tecnología pasiva sencilla, las instalaciones requieren una planeación y diseño meticulosos para funcionar bien.

**Adecuación** Unas instalaciones de Co-Compostaje sólo son adecuadas cuando hay una fuente de desechos sólidos biodegradables bien separados. Los desechos sólidos mezclados con plástico y basura se deben separar antes de poder usarlos. Cuando se hace con cuidado. El Co-Compostaje puede producir un producto limpio, agradable y benéfico que es seguro en su manejo. Es una buena forma de reducir la carga de patógenos en los lodos.

Las instalaciones de Co-Compostaje se pueden adecuar a las condiciones del clima (lluvias, temperatura y vientos). Como la humedad juega un papel importante en el proceso de compostaje, las instalaciones cubiertas son recomendables donde hay fuertes lluvias. Las instalaciones deben estar ubicadas cerca de las Fuentes de desechos orgánicos y lodos fecales (para minimizar el transporte) pero para

minimizar las molestias, no debe estar demasiado cerca de viviendas ni negocios.

Se necesita contar con personal bien entrenado para la operación y el mantenimiento de las instalaciones.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Aunque la composta final puede ser manejada con seguridad, se debe tener cuidado al manejar los lodos fecales. Los operadores deben usar ropa protectora y equipo respiratorio adecuado si el material resulta ser polvo.

**Mejora** Para optimizar el proceso se usan robustas molidoras para desmenuzar piezas grandes de desechos sólidos (p.ej. pequeñas ramas y cáscaras de coco) y volteadoras de pila; esto reduce la labor manual, y asegura un producto final más homogéneo.

**Mantenimiento** La mezcla debe ser diseñada cuidadosamente para lograr la relación de C:N, la humedad y el contenido de oxígeno adecuados. Si existen las instalaciones, sería conveniente monitorear la desactivación de los huevos de helminto como una medida de la esterilización. El personal de mantenimiento debe monitorear cuidadosamente la calidad de los materiales de entrada, dar seguimiento a las entradas, salidas, rutinas de volteo, y tiempos de maduración para asegurar un producto de alta calidad. El volteo se debe hacer periódicamente ya sea con una excavadora o a mano. Se deben controlar y monitorear cuidadosamente los sistemas de aireación forzada.

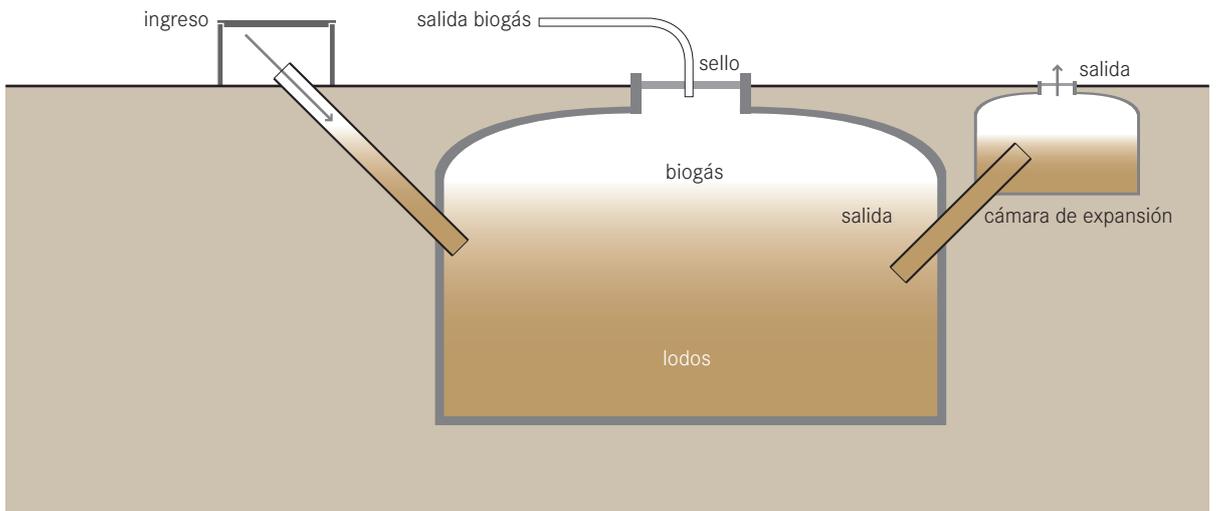
#### Pros y Contras:

- + Fácil establecimiento y mantenimiento con el entrenamiento adecuado
- + Proporciona un recurso valioso que puede mejorar la agricultura local y la producción de alimentos
- + Considerable eliminación de huevos de helminto (<1 huevo viable/g ST)
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Pequeños costos de capital y de operación
- + Potencial de generación local de empleos y de ingreso
- + No requiere energía eléctrica
- Largos tiempos de almacenamiento
- Requiere diseño y operación de expertos
- Laborioso
- Requiere una gran extensión de terreno (que esté bien localizado)

#### Referencias

- \_ Cofie, O., et al. (2006). Solid-liquid separation of faecal Sludge using drying beds in Ghana: Implications for nutrient recycling in urban agriculture. *Water Research* 40 (1): 75-82.
  - \_ Koné, D., et al. (2007). Helminth eggs inactivation efficiency by faecal Sludge dewatering and co-composting in tropical climates. *Water Research* 41 (19): 4397-4402.
  - \_ Obeng, LA. y Wright, FW. (1987). *Integrated Resource Recover. The Co-Composting of Domestic Solid and Human Wastes*. El Banco Mundial + UNDP, Washington.
  - \_ Shuval, HI., et al. (1981). *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation; Night-soil Composting*. UNDP/WB Contribution to the IDWSSD. El Banco Mundial, Washington.
- Los siguientes reportes se pueden encontrar en la sección de Co-Compostaje de Lodos Fecales del Website de Sandec: [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)
- \_ Montangero, A., et al. (2002). *Co-composting of Faecal Sludge and Soil Waste*. Sandec/IWMI, Dübendorf, Suiza.
  - \_ Strauss, M., et al. (2003). *Co-composting of Faecal Sludge and Municipal Organic Waste - A Literature and State-of-Knowledge Review*. Sandec/IWMI, Dübendorf, Suiza.
  - \_ Drescher, S., Zurbrügg, C., Enayetullah, I. y Singha, MAD. (2006). *Decentralised Composting for Cities of Low- and Middle-Income Countries - A User's Manual*. Eawag/Sandec y Waste Concern, Dhaka.

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Vecindario</li> <li>★★ Ciudad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Compartido</li> <li>★★ Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lodos Fecales</li> <li>■ Aguas Negras</li> <li>■ Materiales Orgánicos</li> </ul>
		Salidas:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lodos Tratados</li> <li>■ Efluente</li> <li>■ Biogás</li> </ul>



**Un Reactor Anaeróbico de Biogás es una tecnología de tratamiento anaeróbico que produce (a) un lodo digerido para ser usado para enriquecer el terreno y (b) biogás que puede ser usado para energía. El biogás es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otras trazas de gases que pueden fácilmente generar electricidad, luz y calor.**

Un Reactor Anaeróbico de Biogás es una cámara que facilita la degradación anaeróbica de aguas negras, lodos, y/o desechos biodegradables. También facilita la separación y recolección del biogás que es producido. Se pueden construir los tanques por encima o por debajo del suelo. Se pueden construir tanques prefabricados o cámaras de ladrillo dependiendo del espacio, de los recursos y del volumen de desperdicio generado.

El tiempo de retención hidráulica (TRH) en el reactor debe ser de un mínimo de 15 días en climas cálidos y de 25 días en climas templados. Para entradas altamente patógenas, se debe considerar un TRH de 60 días. Normalmente los Reactores Anaeróbicos de Biogás no son calentados, pero para asegurar la destrucción de los patógenos, el reactor debe ser calentado a una temperatura sostenida de más de 50° C, aunque en la práctica esto sólo se encuentra en los países más industrializados.

Cuando los productos entran en la cámara de digestión, se forman gases por la fermentación. El gas se forma en los lodos pero se recolecta en la parte superior del reactor, mezclando los lodos al ir subiendo. Los reactores de biogás se pueden construir con un domo fijo o con un domo flotante. En el reactor de domo fijo el volumen del reactor es constante. Al irse generando el gas, ejerce presión y desplaza los lodos hacia arriba a una cámara de expansión. Cuando se saca el gas, los lodos fluyen de regreso a la cámara de digestión. La presión generada puede usarse para transportar el biogás por la tubería. En un reactor de domo flotante, el domo asciende y desciende con la producción y extracción del gas. De manera alternativa, el domo se puede expandir (como un globo).

Muy a menudo los reactores de biogás están directamente conectados con retretes de interior (privados o públicos) con un punto de acceso adicional para los materiales orgánicos. A nivel de la vivienda, los reactores se pueden construir con contenedores plásticos o con ladrillo, y pueden estar detrás de la vivienda o ser subterráneos. Los tamaños pueden variar de 1,000 l para una sola familia hasta 100,000 L para aplicaciones públicas o institucionales.

Los lodos producidos son ricos en materiales orgánicos y nutrientes, pero casi sin olor y parcialmente desinfectados

(la completa destrucción de patógenos requiere condiciones termofílicas). Un Reactor de Biogás es usado a menudo como una alternativa para una fosa séptica convencional, ya que ofrece un nivel de tratamiento semejante, pero con el beneficio adicional de la captura de energía. Dependiendo del diseño y de las entradas, el reactor debe ser vaciado una vez cada 6 meses a 10 años.

**Adecuación** Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (favor de referirse a la Descripción Tecnológica S12: Reactor Anaeróbico de Biogás para ver información sobre la aplicación de un Reactor Anaeróbico de Biogás a nivel vivienda).

El mejor uso de los reactores de biogas es para productos concentrados (p.ej. ricos en materiales orgánicos). Si por ejemplo son instalados en un retrete público y los lodos son muy líquidos, se pueden agregar desechos orgánicos adicionales para mejorar la eficiencia (p.ej. del mercado). Como son compactos y se pueden construir bajo tierra, los biodigestores son apropiados para áreas densas de población o instituciones públicas que generan muchos lodos, pero donde el espacio es limitado.

Para minimizar las pérdidas de distribución, los reactores deben ser instalados cerca del lugar de su uso.

Los reactores de biogás son menos apropiados para climas fríos ya que la producción de gas no es factible económicamente por debajo de los 15°C.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Los lodos digeridos no son completamente higiénicos y aún conllevan riesgos de infección. También hay peligros asociados con los gases inflamables que, si son mal manejados, pueden ser peligrosos para la salud humana.

**Mantenimiento** Por razones de seguridad el Reactor Anaeróbico de Biogás debe ser bien construido y estanco al gas. Si el reactor está bien diseñado, las reparaciones deberían ser mínimas. Para el arranque del reactor puede usarse estiércol.

Esencialmente, el tanque es automezclable, pero debe ser removido manualmente una vez por semana para prevenir reacciones dispares.

El equipo de gas se debe limpiar cuidadosa y regularmente para prevenir corrosión y fugas.

Una vez al año se deben sacar el lodo y la arena que se asienten en el fondo. Los costos de capital para la infraestructura de transmisión de gas puede incrementar el costo del proyecto. Dependiendo de la calidad de la salida, los costos de capital de la transmisión de gas pueden ser compensados por los ahorros en energía a largo plazo.

estructura de transmisión de gas puede incrementar el costo del proyecto. Dependiendo de la calidad de la salida, los costos de capital de la transmisión de gas pueden ser compensados por los ahorros en energía a largo plazo.

#### Pros y Contras:

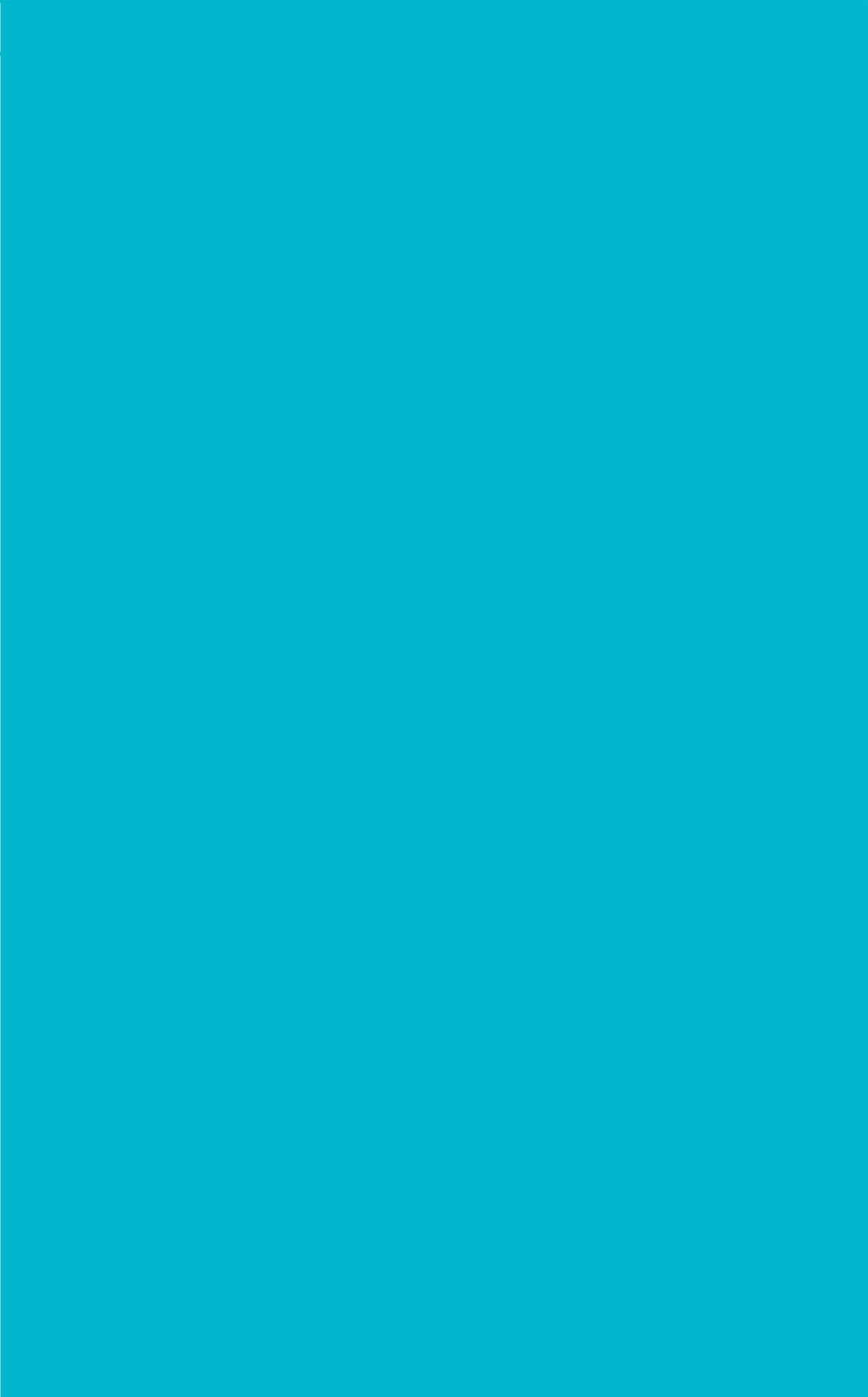
- + Generación de una fuente de energía renovable y valiosa
- + Bajos costos de capital y de operación
- + La construcción subterránea minimiza el uso de terreno
- + Larga vida útil
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Pequeños costos de capital y de operación
- + No necesita energía eléctrica
- Requiere diseño y construcción de expertos
- No es factible la producción de gas por debajo de los 15°C
- Los lodos digeridos y el efluente aún requieren tratamiento

#### Referencias

- \_ Food and Agriculture Organization (FAO) (1996). *Biogas Technology: A Training Manual for Extension*. Consolidated Management Services, Kathmandu. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org)
- \_ Mang, H. and Li, Z. (2010). *Technology review on Biogas sanitation for black water or brown water, or excreta treatment and reuse in developing countries*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany. Available: <http://www.gtz.de/en/dokumente/gtz2009-en-technology-review-biogas-sanitation.pdf>
- \_ Koottatep, S., Ompong, M. y Joo Hwa, T. (2004). *Biogas: A GP Option For Community Development*. Asian Productivity Organization, Japón. Disponible en: [www.apo-tokyo.org](http://www.apo-tokyo.org)
- \_ Rose, GD. (1999). *Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: options for urban agriculture*. IDRC, Ottawa. pp 29-32. Disponible en: <http://idinfo.idrc.ca>
- \_ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.

Esta sección presenta diferentes tecnologías y métodos para el Uso y/o Disposición final de los productos de salida, pensados para que perjudiquen lo menos posible al usuario y al medio ambiente.





**Nivel de Aplicación**

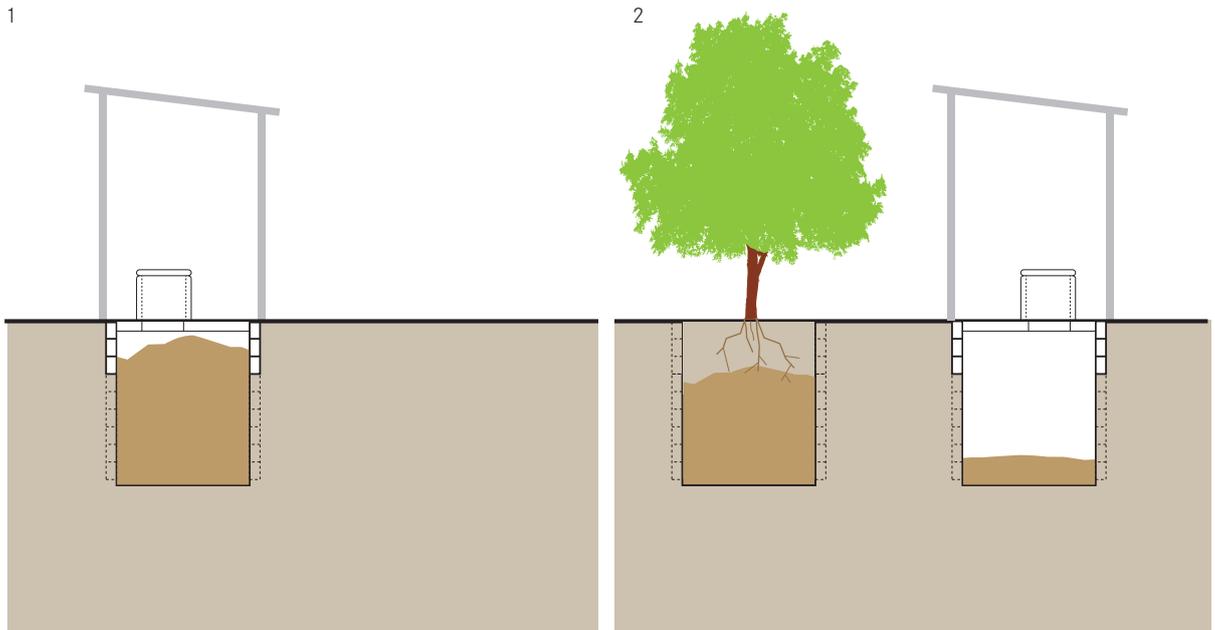
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★★ Hogar
- ★ Compartido
- Público

**Entradas:**

- Excretas
- Heces
- Composta/EcoHumus



Para desmantelar un pozo puede simplemente rellenarse y cubrirse con tierra. Aunque no se recupera ningún beneficio el pozo no representa un peligro inmediato para la salud, y con el tiempo, el contenido se degrada naturalmente. Alternativamente, el ‘Arborloo’ es un pozo angosto que se rellena con excrementos y tierra/cenizas y luego cubierto con tierra; si se planta un árbol crecerá vigorosamente sobre el pozo rico en nutrientes.

Cuando un pozo, o un VIP está lleno, y no puede ser vaciado, rellenar el resto del pozo y cubrirlo es una opción, aunque limita los beneficios para el medio ambiente y para el usuario.

En el Arborloo, se planta un árbol encima del pozo, mientras la superestructura, el marco y la losa son continuamente movidos de un pozo a otro en un ciclo sin fin (usualmente movidos cada 6 a 12 meses). Se requiere un pozo angosto, de 1 m de profundidad. El pozo no debe ser recubierto ya que el recubrimiento evitaría que el árbol o planta creciera adecuadamente. Antes de usar el pozo, se coloca una capa de hojas en el fondo. Después de cada defecación, se debe verter en el pozo, una taza de tierra, cenizas o una mezcla de ambas para cubrir el excremento. Si se dispone de hojas, también se pueden agregar ocasionalmente para mejorar la porosidad y el contenido de aire de

la pila. Cuando el pozo está lleno, los 15 cm de hasta arriba se llenan con tierra y se planta un árbol en la tierra. Árboles de plátano, papaya o guayaba (entre otros muchos) han demostrado tener éxito. No se debe plantar un árbol directamente en el excremento. El árbol empieza a crecer en la tierra y sus raíces penetran en el pozo de composta al ir creciendo. Si el agua es escasa, puede ser mejor esperar a la estación de lluvias antes de plantar. Otras plantas como tomates y calabazas pueden también ser plantadas encima del pozo si no se cuenta con árboles.

**Adecuación** Rellenar y cubrir los pozos es una solución adecuada cuando el vaciado no es posible y cuando hay espacio para abrir y llenar pozos continuamente.

El Arborloo puede ser aplicado en áreas rurales, periurbanas y más densas si se cuenta con el espacio.

El plantar un árbol en el pozo abandonado es una buena forma de reforestar un área, dejar una fuente sustentable de fruta fresca y evitar que la gente se caiga en los viejos pozos discontinuados.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Hay un riesgo mínimo de infección si el pozo es cubierto adecuadamente y se marca claramente. Puede ser preferible cubrir el pozo y plantar un árbol que vaciar el pozo, especialmente si no

se cuenta con la tecnología apropiada para tratar los lodos fecales.

Los usuarios no entran en contacto con el material fecal y, por lo tanto, hay muy poco riesgo de transmisión de patógenos. Los proyectos de demostración que permiten a miembros de la comunidad participar son formas útiles de demostrar la facilidad del sistema, su naturaleza inofensiva, y el valor en nutrientes del excremento en composta.

**Mantenimiento** Se debe vaciar una taza de tierra y/o cenizas en el pozo después de cada defecación y agregar hojas periódicamente. Además, el contenido del pozo debe ser nivelado periódicamente para prevenir que se forme un cono en el centro del pozo.

Hay poco mantenimiento asociado con un pozo cerrado aparte de cuidar el árbol o planta. Si un árbol es plantado en el pozo discontinuado, debe ser regado regularmente. Una pequeña reja se debe construir con palos y sacos alrededor del árbol para protegerlo de los animales.

#### **Pros y Contras:**

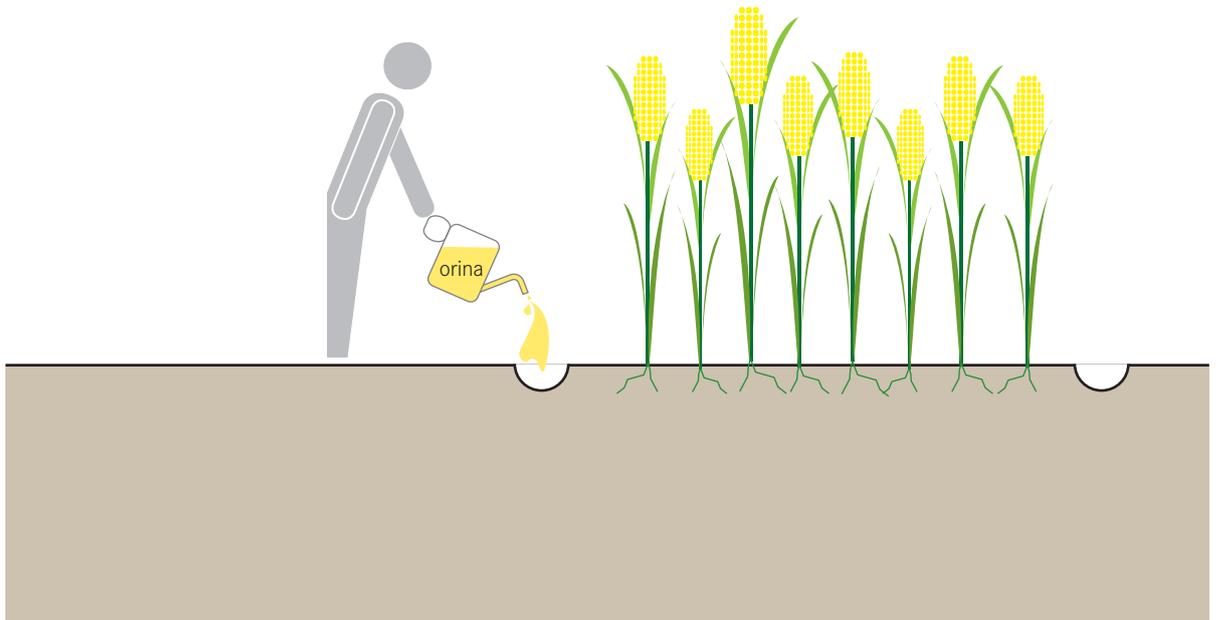
- + Técnica simple para todos los usuarios
- + Bajo costo
- + Bajo riesgo de transmisión de patógenos
- + Puede aumentar la generación de ingresos (plantado de árboles y producción frutícola)
- Laborioso

#### **Referencias**

---

- \_ Morgan, P. (2007). *Toilets that make compost*. Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia. pp. 81-90. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ Morgan, P. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa: A Compilation of Experiences*. Aquamor, Harare, Zimbabwe. Chapter 10 – The usefulness of urine. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of innovative, low-cost technologies for toilets, collection, transportation, treatment and use of sanitation products*. Netherlands Water Partnership, Países Bajos, pp. 51.

<b>Nivel de Aplicación</b>	<b>Nivel de Manejo</b>	<b>Entradas:</b>
(★★) Hogar (★★) Vecindario (★★) Ciudad	(★★) Hogar (★★) Compartido (★★) Público	Orina Almacenada



**Recolectada por separado, la orina almacenada es una fuente concentrada de nutrientes que se puede aplicar como fertilizante líquido en la agricultura para reemplazar algunos o todos los fertilizantes químicos comerciales.**

Las guías para el uso de la orina se basan en el tiempo y la temperatura de almacenamiento (favor de ver las Guías de la OMS para los requerimientos específicos). Sin embargo, generalmente es aceptado que si la orina es almacenada por lo menos 1 mes, será segura para su aplicación agrícola a nivel vivienda. Si se usa la orina en cosechas que serán consumidas por personas ajenas al productor de la orina, deberá ser almacenada durante 6 meses. La orina no debe ser aplicada el último mes antes de realizar la cosecha.

Si proviene de gente normal y saludable, la orina está prácticamente libre de patógenos. Asimismo, la orina contiene la mayoría de los nutrientes que el cuerpo elimina. La orina varía dependiendo de la dieta, el género, el clima y la ingesta de agua entre otros factores, pero aproximadamente el 80% del nitrógeno, 60% del potasio y 55% del fósforo es eliminado a través de la orina.

Debido a su alto pH y concentración, la orina almacenada no se debe aplicar directamente a las plantas. Más bien se debe usar:

- 1) mezclada sin diluir en el terreno, antes de plantar;
- 2) vertida en surcos suficientemente alejados de las raíces de la planta y cubierta inmediatamente (una o dos veces durante la estación de crecimiento); y
- 3) diluida varias veces y usada frecuentemente (dos veces por semana) vertida alrededor de las plantas.

Para calcular la tasa de aplicación, se puede asumir que 1 m<sup>2</sup> de terreno puede recibir la orina de 1 persona al día (1 a 1.5 L), por cultivo cosechado (p.ej. se puede fertilizar 400 m<sup>2</sup> de terreno al año puede ser fertilizado). Una mezcla de 3:1 de agua y orina es una solución efectiva para verduras, aplicada dos veces por semana, aunque la cantidad depende del terreno y el tipo de verduras. Durante la época de lluvias, la orina puede también ser aplicada directamente en hoyos pequeños cerca de las plantas, donde se diluirá de forma natural.

**Adecuación** La orina es especialmente benéfica cuando las cosechas requieren nitrógeno. Algunos ejemplos de cultivos que crecen bien con la orina son: maíz, arroz, mijo, sorgo, trigo, acelga, nabo, zanahoria, col rizada, col, lechuga, plátano, paw-paw y naranjas.

La aplicación de orina es ideal para las áreas rurales y periurbanas donde las tierras agrícolas están cerca del punto de recolección de la orina. Las viviendas pueden

usar su propia orina en sus propios terrenos. De manera alternativa, si las instalaciones y la infraestructura existen, la orina puede ser recolectada en una ubicación semicentralizada para su distribución y transporte a los terrenos agrícolas. Sin embargo, el aspecto más importante es que hay necesidad de nutrientes. Por otro lado, la orina puede convertirse en una fuente de contaminación si no se trata adecuadamente.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Hay un riesgo mínimo de infección, especialmente con un almacenamiento prolongado. Aún así, la orina debe ser manejada con cuidado y no debe ser aplicada menos de un mes antes de la cosecha.

La aceptación social puede ser difícil. La orina almacenada tiene un fuerte olor y hay quien puede encontrar ofensivo usarla o estar cerca de ella. Si la orina es diluida y/o inmediatamente usada en el terreno, los olores se pueden reducir. El uso de la orina puede ser menos aceptado en las áreas urbanas y periurbanas donde los jardines de las viviendas están más cerca de las casas que en las áreas rurales, donde las tierras de cultivo están separadas.

**Mantenimiento** Con el tiempo, algunos minerales en la orina se precipitarán (especialmente fosfatos de calcio y magnesio). Cualquier equipo que se utilice en la recolección, transporte o aplicación de la orina (p.ej. regaderas con hoyos pequeños) se pueden tapar con el tiempo. La mayoría de los depósitos se pueden quitar fácilmente con agua caliente y un poco de ácido (vinagre), o en casos más extremos, raspados manualmente.

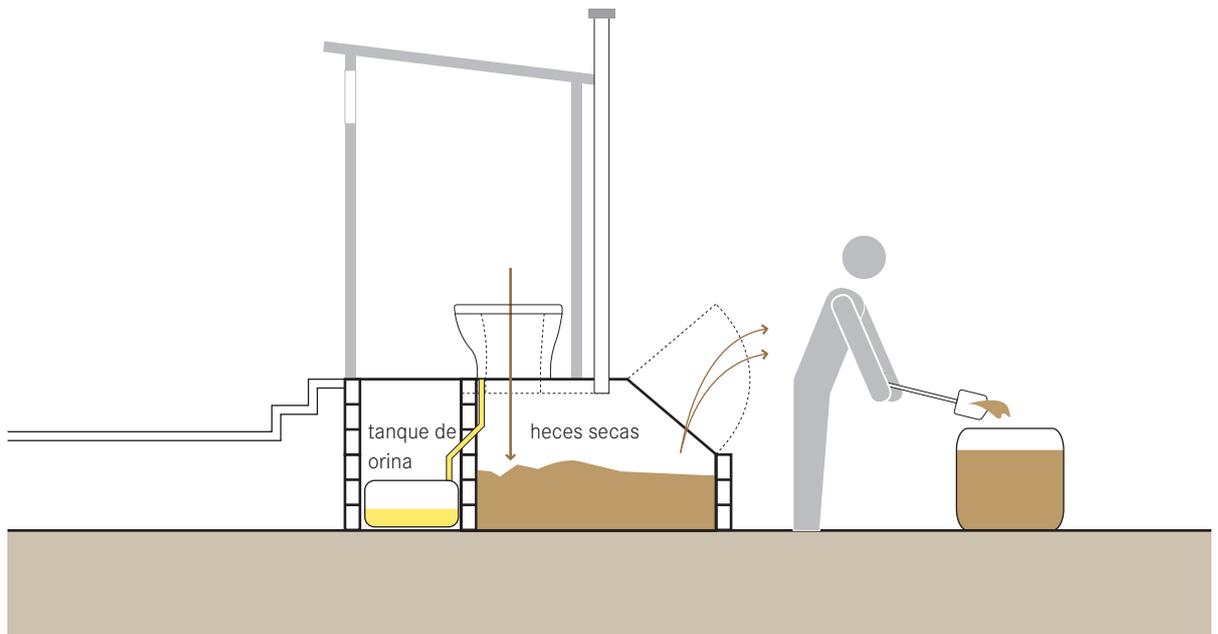
#### Pros y Contras:

- + Técnica simple para todos los usuarios
- + Bajo costo
- + Bajo riesgo de transmisión de patógenos
- + Reduce dependencia de fertilizantes químicos costosos
- + Puede promover la generación de ingreso (plantación de árboles y producción de frutas)
- La orina es pesada y difícil de transportar
- El olor puede ser molesto
- Laborioso

#### Referencias

- Austin, A. y Duncker L. (2002). *Urine-diversion. Ecological Sanitation Systems in South Africa*. CSIR, Pretoria, Sudáfrica.
- Muench, E. v. and Winker, M. (2009). *Technology Review on Urine diversion components. Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany. Available: <http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm> (Information about specialized urinals, which include stench traps and other specialized features, is included.)
- Morgan, P. (2007). *Toilets that make compost*. Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- Morgan, P. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa: A Compilation of Experiences*. Aquamor, Harare, Zimbabwe. Chapter 10 – The usefulness of urine. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of innovative, low-cost technologies for toilets, collection, transportation, treatment and use of sanitation products*. Netherlands Water Partnership, Países Bajos, pp. 51.
- Schonning, C. y Stenstrom, TA. (2004). *Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems-Report 2004-1*. EcosanRes, Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- Winblad, U. and Simpson-Herbert, M. (eds.) (2004). *Ecological Sanitation- revised and enlarged edition*. Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia. Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- OMS (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater - Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture*. OMS, Ginebra. Disponible en: [www.who.int](http://www.who.int)

<p><b>Nivel de Aplicación</b></p> <p>★★ Hogar</p> <p>★ Vecindario</p> <p>□ Ciudad</p>	<p><b>Nivel de Manejo</b></p> <p>★★ Hogar</p> <p>★★ Compartido</p> <p>★ Público</p>	<p><b>Entradas:</b></p> <p>■ Heces Secas</p>
---	---	--



Quando las heces son almacenadas en ausencia de humedad (p.ej. orina) se deshidratan en un material que se desmorona, grueso, de color café blancuzco, escamoso o en polvo. La deshidratación significa que la humedad naturalmente presente en las heces se evapora y/o se absorbe por la adición de material secante (p.ej. ceniza, aserrín, cal).

La deshidratación difiere de la composta porque el material orgánico presente no se degrada o transforma, sólo se elimina la humedad. Después de su deshidratación, las heces reducirán su volumen en aproximadamente un 75%. Las conchas y cuerpos de lombrices e insectos que también se deshidratan permanecerán en las heces secas.

El grado de desactivación patógena dependerá de la temperatura, el pH (p.ej. la cal aumenta el pH) y el tiempo de almacenamiento. Generalmente se acepta que las heces deben ser almacenadas de 12 a 18 meses, aunque los patógenos pueden existir aún después de este tiempo.

Cuando las heces están completamente secas, quedarán como una sustancia que se desmorona y polvosa. El material es rico en carbón y nutrientes, pero puede aún contener patógenos u oquistes (esporas que pueden sobrevivir condiciones ambientales extremas y reanimarse bajo las condiciones favorables). El material se puede mezclar con

la tierra, ya sea para la agricultura o en otro lugar (dependiendo de la aceptación).

Las heces secas y almacenadas entre 2 y 20°C deben ser almacenadas entre 1.5 y 2 años antes de ser usadas a nivel vivienda o regional. A temperaturas más altas (p.ej. superiores a 20°C) se recomienda el almacenamiento de más de un año para desactivar los huevos de *Ascaris* (un tipo de lombriz parásito). Se requiere un tiempo de almacenamiento de seis meses si las heces tienen un pH por encima de 9 (p.ej. la cal aumentará el pH de las heces). La OMS ha publicado unas guías y se deben consultar antes de usar heces secas.

**Adecuación** Las heces secas tratadas no están tan bien o no son tan útiles para la corrección de terrenos como las heces en composta. Sin embargo, son útiles para recuperar terrenos pobres y para aumentar el carbono y las propiedades de retención de agua de un terreno con bajo riesgo de transmisión de patógenos.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El manejo y uso de las heces secas puede no ser aceptable para algunos. Sin embargo, como las heces secas se deshacen fácilmente y no huelen, el uso de heces secas puede ser más aceptable que el estiércol o los lodos.

Las heces secas son un entorno hostil para los organismos, y consecuentemente, no sobreviven (por mucho tiempo). Si se mezcla agua u orina con las heces secas, se pueden generar olores y microorganismos problemáticos; las heces húmedas permiten que las bacterias sobrevivan y se multipliquen. Un ambiente tibio y húmedo permitirá que los procesos anaeróbicos generen olores ofensivos.

Al sacar heces deshidratadas de las cámaras de deshidratación, se debe tener cuidado de que el polvo se levante y sea inhalado.

**Mantenimiento** Las heces se deben mantener tan secas como sea posible. Si por accidente entra agua u orina y se mezclan con las heces secas, se puede agregar más ceniza, cal o tierra seca para ayudar a absorber la humedad. La prevención es la mejor forma de mantener secas las heces.

**Pros y Contras:**

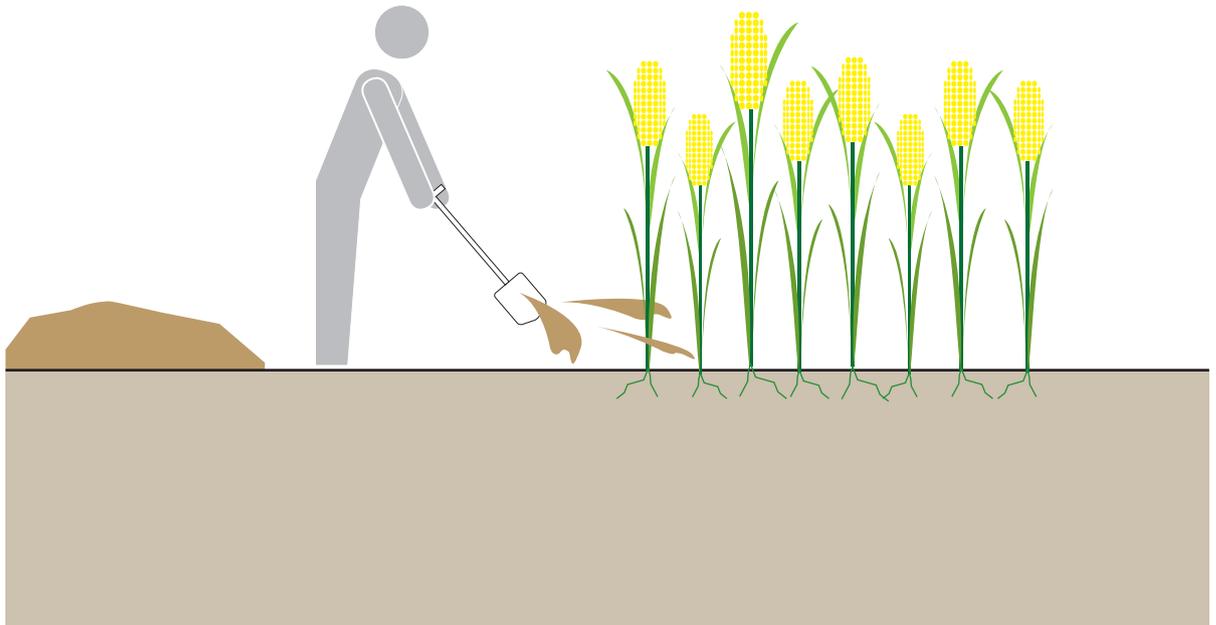
- + Pueden mejorar la estructura y la capacidad de la tierra para retener el agua.
- + Técnica simple para todos los usuarios
- + Bajo costo
- + Bajo riesgo de transmisión de patógenos
- + Puede promover la generación de ingreso (plantación de árboles y producción de frutas)
- Laborioso
- Pueden existir patógenos en estado latente (ooquistes) que pueden volverse infecciosos si se agrega humedad
- No reemplaza al fertilizante (N, P, K)

**Referencias**

---

- \_ Austin, A. y Duncker, L. (2002). *Urine-diversion. Ecological Sanitation Systems in South Africa*. CSIR, Pretoria.
- \_ Schonning, C. y Stenstrom, TA. (2004). *Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems-Report 2004-1*. EcosanRes, Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia.  
Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ WHO (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater - Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture*. OMS, Ginebra.  
Disponible en: [www.who.int](http://www.who.int)
- \_ Winblad, U. y Simpson-Herbert, M. (eds.) (2004). *Ecological Sanitation- revised and enlarged edition*. Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia.  
Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)

<b>Nivel de Aplicación</b>	<b>Nivel de Manejo</b>	<b>Entradas:</b>
<input checked="" type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input type="checkbox"/> Ciudad	<input checked="" type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Compartido <input type="checkbox"/> Público	<input checked="" type="checkbox"/> Composta/EcoHumus



**Compostaje** es el término usado para describir la **degradación aeróbica controlada de materiales orgánicos para obtener una sustancia semisólida llamada composta.** ‘EcoHumus’ es un término tomado de Peter Morgan (ver referencias) y es una palabra más apropiada para el material sacado de una Fosa Alternativa porque es producido pasivamente de manera subterránea y tiene una composición ligeramente diferente.

El proceso de compostaje termofílico genera calor (50 a 80°C) lo cual mata la mayoría de los patógenos presentes. Para que se presente el proceso de compostaje debe haber carbón, nitrógeno, humedad y aire adecuados.

La Fosa Alternativa (S5) y el Arborloo (D1) son variaciones a temperatura ambiente del compostaje a altas temperaturas. En estas tecnologías, casi no hay elevación de temperatura porque falta la materia vegetal. Por esta razón, el material no es realmente ‘composta’ y por lo tanto se le llama ‘EcoHumus’.

Las guías de la OMS estipulan que la composta debe alcanzar y mantener una temperatura de 50°C durante al menos una semana, antes de ser considerada segura (aunque para alcanzar este valor, se requiere un periodo significativamente más largo de compostaje).

Se deben consultar las guías de la OMS para más información. Para sistemas que generan EcoHumus in situ (p.ej. Fosa Alternativa), se recomienda un mínimo de 1 año de almacenamiento para eliminar patógenos bacteriales y reducir virus y parásitos protozoarios.

La Composta/EcoHumus puede ser usada para mejorar la calidad de los terrenos agregando nutrientes y materiales orgánicos y mejorando la capacidad del terreno de guardar aire y agua. La textura y la calidad del EcoHumus dependen de los materiales que han sido agregados al excremento (especialmente el tipo de tierra).

**Adecuación** La Composta/EcoHumus puede ser mezclada en el terreno antes de que se planten los cultivos usada para iniciar los brotes o plantas de interior o simplemente mezclada en una pila existente de composta para continuar con el tratamiento.

Para suelos pobres, se ha demostrado que partes iguales de composta y tierra mejoran la productividad. La salida de una Fosa Alternativa debe ser suficiente para dos camas de 1.5 m por 3.5 m. Los jardines de vegetales rellenos con EcoHumus de la Fosa Alternativa han mostrado una mejoría dramática sobre jardines plantados sin composta, e incluso han hecho que sea posible la agricultura en áreas que no hubieran soportado cultivos de otra manera.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Existe un pequeño riesgo de transmisión de patógenos, pero si se tiene duda, cualquier material sacado del pozo puede ser procesado adicionalmente en un montón de composta regular, o mezclado con más tierra y puesto en un 'pozo de árbol', es decir, un pozo lleno de nutrientes usado para plantar un árbol.

A diferencia de los lodos, los cuales se originan de una variedad de fuentes domésticas, químicas e industriales, la composta tiene muy pocas entradas de compuestos químicos. Las únicas fuentes químicas que pudieran contaminar la composta pueden originarse de material orgánico contaminado (p.ej. pesticidas) o de químicos que son excretados por los humanos (p.ej. medicamentos). En comparación con los químicos de limpieza, farmacéuticos y de proceso que se pueden encontrar en los lodos, la composta puede ser considerada como el producto menos contaminado.

La aceptación puede ser baja al principio, pero unidades de demostración y la experiencia directa son formas efectivas de demostrar la naturaleza inofensiva del material.

**Mantenimiento** Se debe permitir que el material madure adecuadamente antes de sacarlo del sistema, luego puede ser usado sin tratamiento adicional.

#### **Pros y Contras:**

- + Generación potencial de ingreso (mejora de rendimiento y productividad de las plantas)
- + Bajo riesgo de transmisión de patógenos
- + Pueden mejorar la estructura y la capacidad de la tierra para retener el agua.
- + Técnica simple para todos los usuarios
- + Bajo costo
- Requiere un año o más de maduración
- No reemplaza al fertilizante (N, P, K)

#### **Referencias**

- \_ Del Porto, D. y Steinfeld, C. (1999). *The Composting Toilet System Book. A Practical Guide to Choosing, Planning and Maintaining Composting Toilet Systems, an Alternative to Sewer and Septic Systems*. The Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP), Massachusetts, USA.
- \_ Jenkins, J. (1999). *The Humanure Handbook: a Guide to Composting Human Manure. (2nd ed.)*. Jenkins Publishing, Grove City, Pa, EE.UU.  
Disponible en: [www.jenkinspublishing.com](http://www.jenkinspublishing.com)
- \_ Morgan, P. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa: A Compilation of Experiences*. Aquamor, Harare, Zimbabwe.  
Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ Morgan, P. (2007). *Toilets that make compost*. Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suecia. pp. 81-90.  
Disponible en: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)
- \_ NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of innovative, low-cost technologies for toilets, collection, transportation, treatment and use of sanitation products*. Netherlands Water Partnership, Países Bajos, pp. 49.

**Nivel de Aplicación**

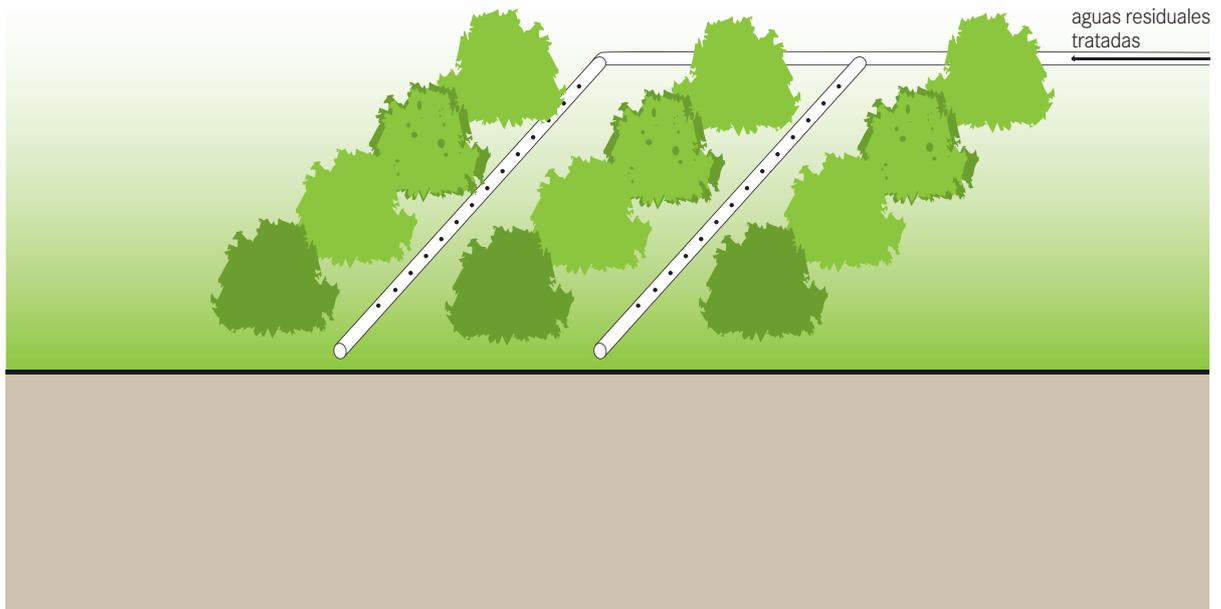
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- ★★ Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas:**

- Efluente
- Aguas Pluviales



**Para reducir la dependencia de agua potable y mantener la fuente de irrigación durante el año, se pueden usar las aguas residuales de diversas calidades en la agricultura. Generalmente, sólo las aguas que han tenido un tratamiento secundario (p.ej. tratamiento físico y biológico) deben ser usadas para limitar el riesgo de contaminación de cultivos y el riesgo para la salud de los trabajadores.**

Hay dos tipos de tecnologías de irrigación que son apropiadas para usar aguas residuales tratadas:

- 1) Irrigación por goteo donde el agua es goteada lentamente en el área o cerca de las raíces; y
- 2) Irrigación de superficie donde el agua es llevada por una serie de canales o surcos.

Para minimizar la evaporación y el contacto con patógenos, se debe evitar la irrigación por aspersión.

Las aguas de desecho adecuadamente tratadas pueden reducir significativamente la dependencia de agua potable, y/o mejorar el rendimiento de los cultivos al proporcionar agua adicional y nutrientes a las plantas. Las aguas negras sin tratamiento no deben ser usadas, e incluso las aguas tratadas se deben usar con cuidado. El uso a largo plazo de aguas mal o pobremente tratadas pueden provocar daños a largo plazo en la estructura del terreno y su capacidad para retener agua.

**Adecuación** Generalmente, la irrigación por goteo es el método de irrigación más adecuado; es especialmente bueno para áreas áridas y susceptibles de sequía. La irrigación de superficie es susceptible a grandes pérdidas por evaporación pero requiere poca o nula infraestructura y puede ser apropiado en algunas situaciones.

Cultivos como el maíz, la alfalfa (y otros alimentos), fibras (algodón), árboles, tabaco, árboles frutales (mangos) y alimentos que requieren proceso (betabel) pueden ser cultivados con efluente tratado. Se debe tener mayor cuidado con cultivos de frutas y verduras que pueden ser consumidos crudos (p.ej. tomates) que pueden entrar en contacto con el agua. Los cultivos de energía como el eucalipto, el álamo, el sauce, o el fresno pueden ser cultivados con rotación corta y cosechados para producción de biocombustibles. Como los árboles no son para consumo, esta es una forma segura y eficiente para usar efluente de menor calidad.

Hay riesgos potenciales para la salud si el agua no es tratada adecuadamente (p.ej. reducción inadecuada de patógenos). La calidad del terreno puede ser degradada con el tiempo (p.ej. acumulación de sales) si se aplican aguas residuales poco tratadas. La tasa de aplicación debe ser apropiada para el terreno, el cultivo y el clima, o puede ser dañina.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Un pretratamiento adecuado debe preceder a cualquier esquema de irrigación para limitar los riesgos para aquellos que entran en contacto con el agua. Asimismo, dependiendo del grado de tratamiento que ha tenido el efluente, puede estar contaminado con los diferentes químicos que son descargados en el sistema. Cuando se usa efluente para la irrigación, las viviendas y las industrias conectadas al sistema deben ser conscientes de los productos que pueden ser descargados en el sistema y los que no.

La irrigación por goteo es el único tipo de irrigación que se usa para cultivos comestibles, e incluso en estos casos, se debe tener cuidado para evitar que los trabajadores y que las cosechas entren en contacto con el efluente tratado.

A pesar de los aspectos de seguridad, la irrigación con efluente es una forma efectiva de reciclar nutrientes y agua.

**Mantenimiento** Los sistemas de riego por goteo deben ser limpiados periódicamente para eliminar depósitos de sólidos. Se debe verificar si tiene fugas la tubería ya que es posible que los roedores o los humanos la dañen.

La irrigación por goteo es más costosa que la irrigación convencional, pero ha mejorado el rendimiento y disminuido los costos de agua y de operación.

#### **Pros y Contras:**

- + Reduce el agotamiento de los acuíferos y aumenta la disponibilidad de agua potable
- + Reduce la necesidad de fertilizante
- + Costo de capital y costo de operación bajos a moderados
- + Potencial de creación local de empleos y generación de ingreso
- + Bajo riesgo de transmisión de patógenos si el agua es tratada adecuadamente
- + Potencial de mejora en la salud, autodependencia en la comunidad
- Debe ser bien instalada, es muy sensible a las obstrucciones
- Puede requerir diseño e instalación por expertos
- No todas las partes y materiales están disponibles localmente

#### **Referencias**

- \_ Ayers, RS. y Westcot, D W. (1994). *FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. Water Quality for Agriculture*. FAO, Roma.  
Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org)
- \_ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 878-886.
- \_ Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido. pp. 150-152.
- \_ Mara, DD. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. Earthscan, Londres. pp. 231-245.
- \_ Okun, DA. y Ponghis, G. (1975). *Community Wastewater Collection and Disposal*. OMS, Ginebra. pp. 211-220.
- \_ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.
- \_ OMS (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater - Volume 2: Wastewater and excreta use in agriculture*. OMS, Ginebra.

**Nivel de Aplicación**

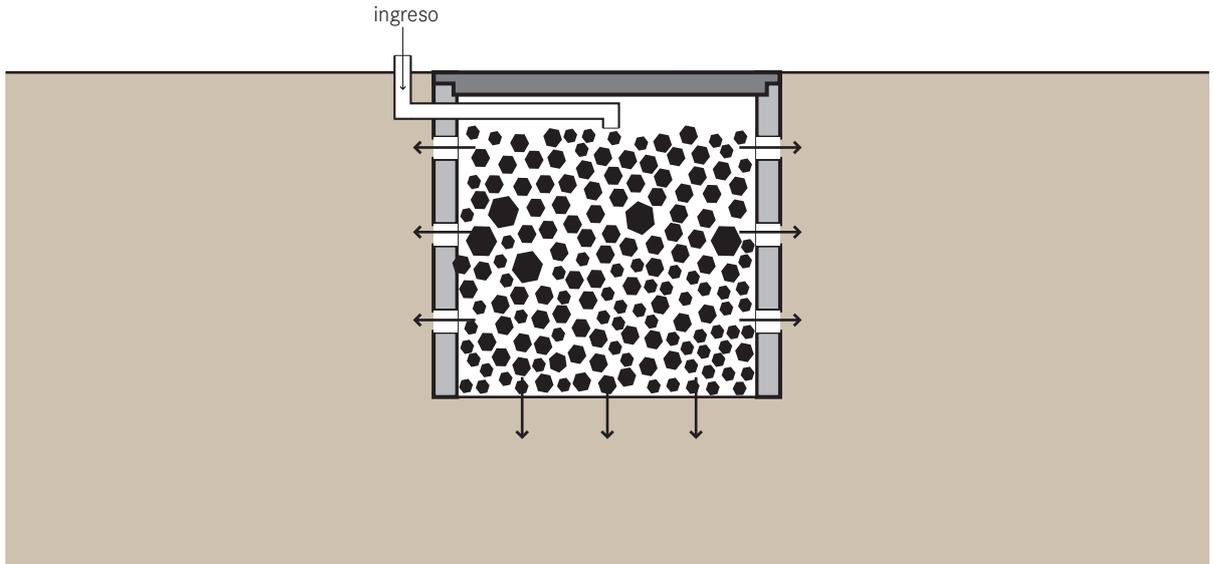
- ★★ Hogar
- ★ Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- Público

**Entradas:**

- Efluente
- Aguas Grises
- Orina
- Agua de Limpieza Anal



Un Pozo de absorción, también conocido como pozo de filtración, es una cámara cubierta, de paredes porosas, que permite que el agua se filtre lentamente al terreno. El efluente sedimentado proveniente de una tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento o de Tratamiento (Semi)Centralizado es descargado en la cámara subterránea de donde se infiltra al terreno que la circunda.

El Pozo de Absorción se puede dejar vacío y recubrir con un material poroso (para dar soporte y evitar que se colapse), o dejar sin cubrir y llenar con piedras grandes y grava. Las piedras y la grava evitarán que las paredes se colapsen, pero dejarán espacio adecuado para las aguas residuales. En ambos casos, una capa de arena y grava fina debe ser repartida en el fondo para ayudar a que se disperse el flujo. El pozo de absorción debe tener entre 1.5 y 4 m de profundidad, pero nunca menos de 1.5 m por encima de la capa de agua. Como el agua residual (aguas grises o negras pretratadas) se filtra por el terreno desde el pozo de absorción, pequeñas partículas se filtran en la matriz del terreno y los materiales orgánicos son digeridos por microorganismos. Así, los Pozos de Absorción son los más adecuados para terrenos con buenas propiedades de absorción; no son adecuados para terrenos con barro, compactos o rocosos.

**Adecuación** Un Pozo de Absorción no proporciona tratamiento adecuado para aguas residuales primarias, el pozo se tapaná rápidamente. Un Pozo de Absorción debe ser usado para descargar aguas negras o grises ya asentadas. Los pozos de absorción son apropiados para asentamientos rurales y periurbanos. Dependen del tipo de terreno con suficiente capacidad de absorción. No son adecuados para áreas que son propensas a inundaciones o con un nivel freático alto.

**Aspectos de Salud/Aceptación** En tanto que el Pozo de Absorción no sea usado para aguas residuales primarias, y en tanto que la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento esté funcionando bien, la posibilidad de problemas sanitarios es mínima. La tecnología es subterránea y por lo tanto, los humanos y los animales no deberían tener contacto con el efluente. Sin embargo es importante que el pozo de absorción se localice a una distancia segura de la fuente de agua potable (lo ideal sería 30 m). Como los pozos de absorción no presentan olores y no son visibles, deben ser bien aceptados incluso en las comunidades más sensibles.

**Mantenimiento** Un Pozo de Absorción de buen tamaño debe durar entre 3 y 5 años sin mantenimiento. Para exten-

der la vida de un Pozo de Absorción, se debe tener cuidado de asegurar que el efluente ha sido clarificado y/o filtrado para evitar la acumulación excesiva de sólidos. El Pozo de Absorción debe mantenerse lejos de las áreas de mucho tráfico de manera que el terreno por encima y alrededor del pozo no esté compactado. Cuando el desempeño del Pozo de Absorción se deteriora, el material dentro del pozo puede ser excavado y rellenado. Para permitir futuros accesos, se debe usar una tapa removible (preferentemente de concreto) para sellar el pozo hasta que requiera mantenimiento.

Las partículas y la biomasa tapan eventualmente el pozo y requerirá ser limpiado o movido.

#### **Pros y Contras:**

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente.
- + Se requiere una pequeña área de terreno.
- + Pequeños costos de capital y de operación.
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente.
- + Técnica simple para todos los usuarios.
- Se requiere pretratamiento para evitar que se tape, aunque una obstrucción definitiva es inevitable.
- Puede afectar negativamente las propiedades del terreno y de los acuíferos.

#### **Referencias**

---

- \_ Ahrens, B. (2005). *A Comparison of Wash Area and Soak Pit Construction: The Changing Nature of Urban, Rural, and Peri-Urban Linkages in Sikasso, Mali*. Peace Corp, USA. Disponible en: [www.cee.mtu.edu/peacecorps/reports/Brooke\\_Ahrens\\_Final\\_Report.pdf](http://www.cee.mtu.edu/peacecorps/reports/Brooke_Ahrens_Final_Report.pdf) (Instrucciones detalladas de construcción)
- \_ Mara, DD. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, Reino Unido. pp. 63-65. (Cálculos de dimensionamiento)
- \_ Polprasert, C. and Rajput, VS. (1982). *Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia. pp. 31-58.

**Nivel de Aplicación**

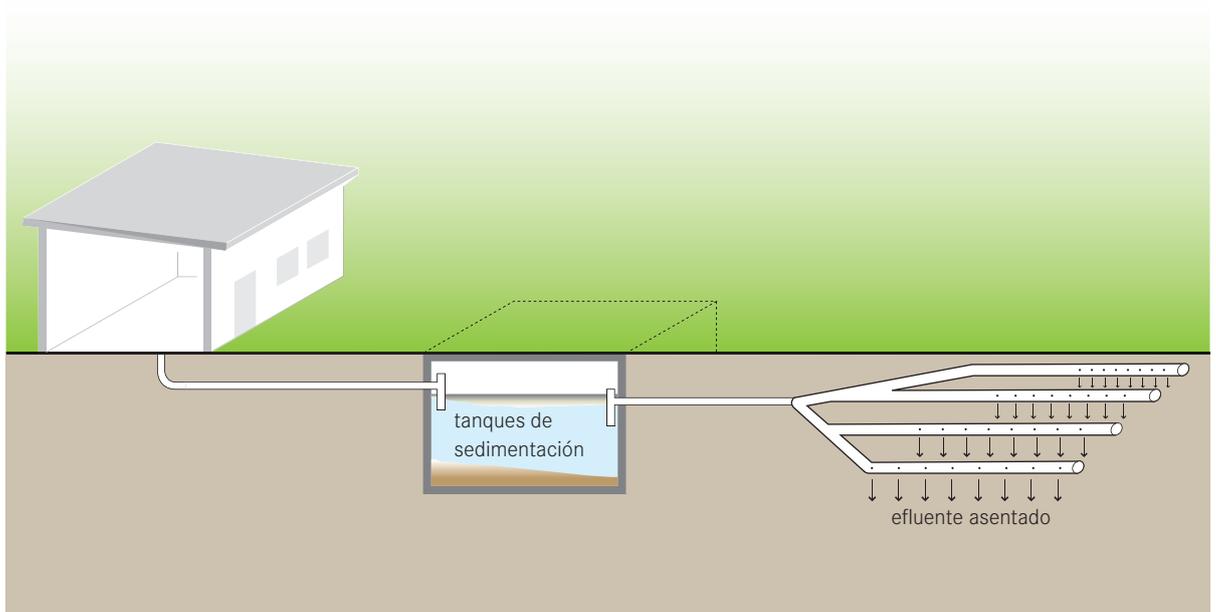
- ★★ Hogar
- ★ Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★ Público

**Entradas:**

- Efluente



**Un Campo de Filtrado, o campo de drenaje, es una red de tubos perforados que son dispuestos en trincheras subterráneas rellenas de grava para disipar el efluente de una Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento basada en agua o de una Tecnología de Tratamiento (Semi)Centralizado.**

El efluente es introducido en una caja de distribución que dirige el flujo a varios canales paralelos. Un pequeño sistema de dosificación libera el efluente a presión en el Campo de Filtrado por medio de un temporizador (usualmente 3 o 4 veces por día). Esto asegura que se use toda la longitud del Campo de Filtrado y que las condiciones aeróbicas se den para que se recupere el campo entre cada dosis. Cada trinchera tiene de 0.3 a 1.5 m de profundidad y 0.3 a 1 m de ancho.

El fondo de cada trinchera se rellena con alrededor de 15 cm de piedras limpias y un tubo perforado de distribución se coloca encima. Piedras adicionales cubren la tubería de manera que queda completamente rodeada. La capa de roca es cubierta con una capa de tela geotextil para evitar que pequeñas partículas tapen la tubería. Una capa final de arena y/o tierra cubre la tela y rellena la trinchera hasta el nivel de tierra. La tubería debe ser colocada a 15 cm de la superficie para evitar que el efluente salga a la superficie.

Las trincheras no deben ser de más de 20 m de longitud y deben tener de 1 a 2 m de separación.

**Adecuación** Los Campos de Filtración requieren una gran área y un terreno con una buena capacidad de absorción para disipar efectivamente el efluente.

Para evitar la contaminación, un Campo de Filtración debe estar localizado a 30 m de distancia de las fuentes de agua potable. Los campos de filtrado no son adecuados para áreas urbanas densas. Pueden ser usados en casi todas las temperaturas, aunque puede haber problemas con efluente acumulado en áreas donde el terreno se congele.

Los propietarios que tengan un Campo de Filtración deben estar concientes de cómo trabaja y cuáles son sus responsabilidades de mantenimiento. Árboles y plantas de raíces profundas se deben mantener alejados del Campo de Filtración ya que pueden cuartear y afectar la cama de filtración.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Como la Tecnología es subterránea y requiere poca atención, los usuarios raramente entran en contacto con el efluente así que no debe representar un riesgo a la salud. El Campo de Filtración se debe mantener tan lejos como sea posible (> 30 m) de cualquier fuente potencial de agua potable para evitar la contaminación.

**Mejora** Un Campo de Filtración se debe disponer de manera que no interfiera con una futura conexión de desagüe.

La tecnología de recolección que precede al Campo de Filtrado (p.ej. Fosa séptica (s9)) debe estar equipada con una conexión de desagüe que si, o cuando, el Campo de Filtrado requiera ser reemplazado, el cambio pueda ser hecho con la mínima interrupción.

**Mantenimiento** Un Campo de Filtrado se tapaná con el tiempo, aunque con una tecnología de pretratamiento adecuada, esto puede tomar muchos años. Efectivamente, un Campo de Filtrado debe requerir mínimo mantenimiento, sin embargo, si el sistema deja de funcionar eficientemente, la tubería debe ser limpiada o reemplazada. Para mantener el Campo de Filtrado, no debe haber plantas o árboles sobre él ni tráfico pesado, el cual puede provocar que se quiebre la tubería o que se compacte el terreno.

#### **Pros y Contras:**

- + Puede ser usado para el tratamiento combinado de aguas negras y grises
- + Tiene un tiempo de vida de 20 o más años (dependiendo de las condiciones)
- + Costo de capital de bajo a moderado, bajo costo de operación
- Requiere diseño y construcción de expertos
- Requiere un área grande (en base a la cantidad de personas)
- No todas las partes y materiales están disponibles localmente
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones
- Puede afectar negativamente las propiedades del terreno y de los acuíferos

#### **Referencias**

- \_ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 905-927.
- \_ Polprasert, C. y Rajput, VS. (1982). *Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok Tailandia.
- \_ USEPA (1980). *Design manual - on-site wastewater treatment and disposal systems. EPA-625/1-80-012*. Office of Research and Development, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, Ohio.  
Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

**Nivel de Aplicación**

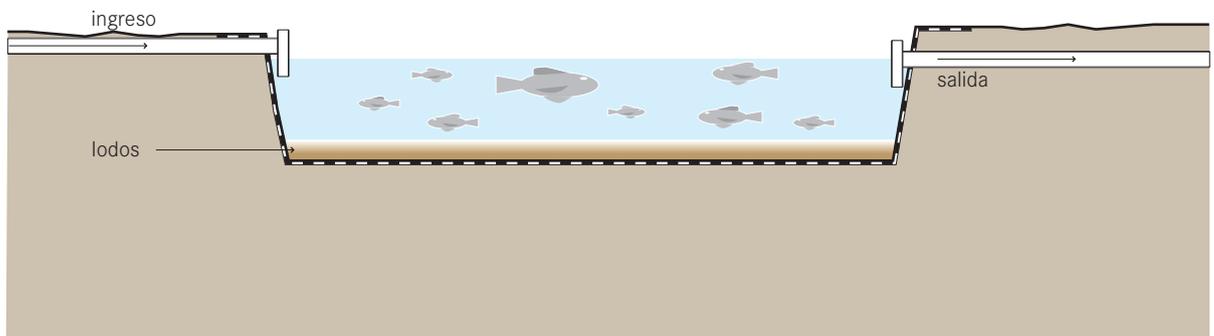
- Hogar
- Vecindario
- Ciudad

**Nivel de Manejo**

- Hogar
- Compartido
- Público

**Entradas:**

- Efluente



La Acuicultura se refiere al cultivo controlado de plantas y animales acuáticos; esta Descripción tecnológica se refiere exclusivamente a la cría de peces, mientras que la página siguiente al cultivo de plantas Macrófitas Flotantes (D9). Los peces pueden ser criados en estanques donde se alimentan de algas y otros organismos que crecen en el agua rica en nutrientes. Por su alimentación, los nutrientes de las aguas residuales son eliminados y los peces son eventualmente pescados para el consumo.

Existen tres diseños de acuicultura para criar peces.

- 1) fertilización de estanques de peces con excremento/lodos;
  - 2) fertilización de estanques de peces con efluente; y
  - 3) peces criados directamente en estanques aeróbicos.
- Cuando se introducen nutrientes en forma de efluente o lodos es importante limitar las adiciones de manera que se mantengan las condiciones aeróbicas. La Demanda de Oxígeno Biológico no debe exceder 1g/m<sup>2</sup>d y el oxígeno debe ser de por lo menos 4 mg/l. Los peces puestos en los estanques aeróbicos pueden reducir efectivamente las algas y ayudar a controlar la población de mosquitos. Los peces mismos no mejoran dramáticamente la calidad del agua, pero debido a su valor económico, pueden ayudar

a cubrir los costos de operación de las instalaciones de tratamiento. Bajo condiciones ideales de operación, se pueden obtener hasta 10,000 kg/ha de pescado. Si el pescado no es aceptable para consumo humano, pueden ser una valiosa fuente de proteína para otros carnívoros de alto valor (como el camarón) o convertido en alimento para puercos y gallinas.

**Adecuación** Un estanque de peces solo es apropiado cuando hay suficiente terreno (o un estanque ya existente), una fuente de agua potable y un clima adecuado. El agua que es usada para diluir los desperdicios no debe estar muy tibia, y los niveles de amonio se deben mantener bajos o insignificantes.

Sólo se deben elegir peces tolerantes a bajos niveles de oxígeno disuelto. No deben ser carnívoros y deben ser tolerantes a enfermedades y condiciones ambientales adversas. Diversas variedades de carpa, sabalote (pez de leche) y la tilapia han sido exitosos, pero la elección específica dependerá de las preferencias e idoneidad locales.

Esta tecnología sólo es apropiada para climas tibios o calientes sin temperaturas de congelación, y preferentemente con alta precipitación pluvial y mínima evaporación.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Donde no haya otra fuente de proteína accesible, se puede adoptar esta tecnología. La calidad y condición del pescado también afectará la aceptación local. Puede haber preocupación por la contaminación de los peces, especialmente durante su captura, limpieza y preparación. Si es bien cocido debería ser seguro, pero se recomienda mover a los peces a un estanque de agua potable varias semanas antes de capturarlos para su consumo.

**Mantenimiento** Los peces deben ser capturados cuando alcanzan el tamaño o la edad adecuados. A veces después de la captura, el estanque se debe drenar de manera que a) puede ser desazolvado y b) puede dejarse secar al sol por 1 o 2 semanas para destruir todos los patógenos que viven en el fondo o paredes del estanque.

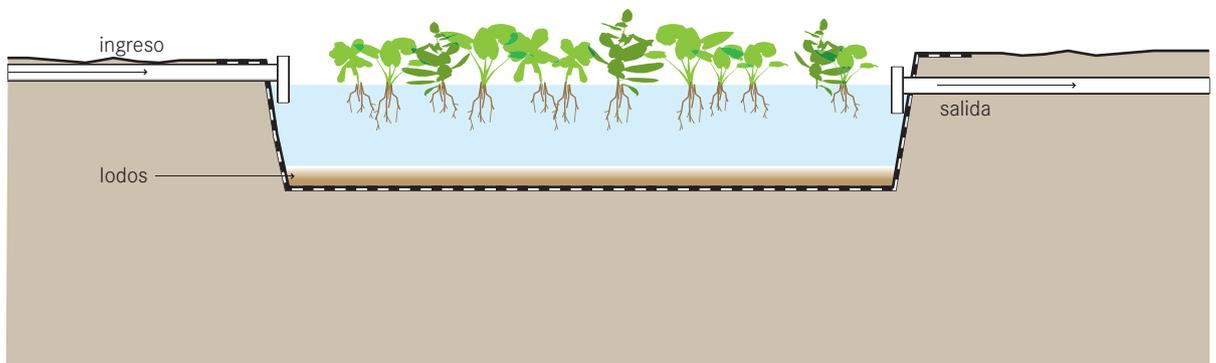
**Pros y Contras:**

- + Puede proporcionar una fuente de proteína barata y disponible localmente
- + Costo de capital bajo a moderado; el costo de operación debe ser amortiguado por los ingresos de la producción
- + Potencial de creación local de empleos y generación de ingreso
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- Los peces pueden representar un peligro para la salud si no son preparados o cocinados adecuadamente
- Se requiere abundancia de agua potable
- Se requiere una gran área de terreno (estanque)
- Puede requerir diseño e instalación por expertos

**Referencias**

- \_ Cointreau, S., et al. (1987). *Aquaculture with treated wastewater: a status report on studies conducted in Lima, Perú. Technical Note 3.* UNDP/Banco Mundial, Washington D.C. EE.UU. 1987.
- \_ Cross, P. y Strauss, M. (1985). *Health Aspects of Nightsoil and Sludge Use in Agriculture and Aquaculture.* International Reference Centre for Waste Disposal, Dübendorf, Suiza.
- \_ Edwards, P. y Pullin, RSV. (eds) (1990). *Wastewater-Fed Aquaculture.* Proceedings: International Seminar on Wastewater Reclamation and Reuse for Aquaculture, Calcutta, India.  
(Compilación de documentos tópicos)
- \_ Iqbal, S. (1999). *Duckweed Aquaculture-Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries.* Sandec, Dübendorf, Suiza.
- \_ Joint FAO/NACA/WHO Study Group (1999). *Food safety issues associated with products from aquaculture.* World Health Organization Technical Report Series No. 883. Disponible en: [www.who.int](http://www.who.int)
- \_ Mara, DD. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries.* Earthscan, Londres. pp. 253-261.
- \_ Polprasert, C., et al. (2001). *Wastewater Treatment II, Natural Systems for Wastewater Management.* Lecture Notes. IHE, Delft. Disponible en: [www.who.int](http://www.who.int) (Capítulo 8 Aspectos de Acuicultura y Reutilización).
- \_ Rose, GD. (1999). *Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: options for urban agriculture.* IDRC Ottawa. Disponible en: <http://idinfo.idrc.ca>
- \_ Skillicorn, W., Journey, K. and Spira, P. (1993). *Duckweed aquaculture: A new aquatic farming system for developing countries.* Banco Mundial, Washington, D.C. Disponible en: <http://www.p2pays.org/ref/09/08875.htm> (Manual Detallado)

<p><b>Nivel de Aplicación</b></p> <p><input type="checkbox"/> Hogar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vecindario</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ciudad</p>	<p><b>Nivel de Manejo</b></p> <p><input type="checkbox"/> Hogar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Compartido</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Público</p>	<p><b>Entradas:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Efluente</p>
---	--	---



**Un estanque de plantas flotantes es un estanque modificado de maduración con plantas flotantes (macrófitas). Plantas tales como los jacintos acuáticos o las Lemnoideae ("lentejas de agua"), flotan en la superficie mientras las raíces cuelgan en el agua para tomar los nutrientes y filtrar el agua que pasa.**

Los jacintos acuáticos son macrófitas perennes de agua dulce que crecen especialmente rápido en aguas residuales. Las plantas pueden crecer mucho, entre 0.5 y 1.2m de arriba abajo. Las largas raíces proporcionan un medio fijo para las bacterias que a su vez degradan la materia orgánica en el agua que pasa.

Las Lemnoideae son plantas de crecimiento rápido, con muchas proteínas, que pueden ser usadas frescas o secas como alimento para peces o aves. También es tolerante a una variedad de condiciones y puede eliminar una cantidad significativa de nutrientes de las aguas residuales.

Para proporcionar oxígeno adicional a una tecnología de plantas flotantes, el agua debe ser aireada mecánicamente pero con el costo de maquinaria y energía adicionales. Los estanques aireados pueden aceptar cargas mayores y pueden ser construidos en áreas menores. Los estanques no aireados no deben ser demasiado profundos, de otra manera, no habrá el contacto necesario entre las raíces que albergan bacterias y el agua residual.

**Adecuación** La tecnología puede alcanzar altas tasas de remoción tanto de Demanda de Oxígeno Biológico como de sólidos suspendidos, aunque la eliminación de patógenos no es sustancial.

Los jacintos cosechados pueden usarse como fuente de fibra para ropa, textiles, canastas, etc. Dependiendo del ingreso generado, la tecnología puede ser de costo neutral. La Lemnoideae se puede usar como la única fuente de alimento para algunos peces herbívoros.

Esta tecnología solo es apropiada para climas tibios o tropicales sin temperaturas de congelación, y preferentemente con alta precipitación pluvial y mínima evaporación. Diferentes plantas locales adecuadas se pueden seleccionar dependiendo de la disponibilidad y el tipo de aguas residuales.

Se requiere personal entrenado para la operación constante y el mantenimiento del estanque.

**Aspectos de Salud/Aceptación** El jacinto acuático tiene atractivas flores color lavanda. Un sistema bien diseñado y mantenido puede agregar valor e interés a terrenos áridos.

Se deben usar señalizaciones y rejas adecuados para evitar que personas y animales entren en contacto con el agua.

**Mantenimiento** Las plantas flotantes requieren cosecha continua. La biomasa cosechada puede ser usada para pequeños negocios artesanales, o puede ser convertida en composta. Se pueden desarrollar problemas de mosquitos cuando las plantas no son cosechadas regularmente. Dependiendo de la cantidad de sólidos entrantes, el estanque debe ser desazolvado periódicamente.

**Pros y Contras:**

- + El jacinto acuático crece rápidamente y es atractivo
- + Alta reducción de la Demanda Biológica de Oxígeno y de sólidos; baja reducción de patógenos
- + Costo de capital bajo a moderado; el costo de operación puede ser amortiguado por ingresos
- + Potencial de creación local de empleos y generación de ingreso
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- Se puede convertir en una especie invasora si se libera en medio ambientes naturales.
- Se requiere una gran área de terreno (estanque)

**Referencias**

- \_ Abbasi, SA. (1987). *Aquatic plant based water treatment systems in Asia*. pp 175–198, In: Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery, K.R. Reddy y W.H. Smith (eds.), Magnolia Publishing Inc., Orlando, Florida.
- \_ Bagnall, LO., Schertz, C E. y Dubbe, DR. (1987). *Harvesting and handling of biomass*. pp. 599–619, En: Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery, K.R. Reddy y W.H. Smith (eds.), Magnolia Publishing Inc., Orlando, Florida.
- \_ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 609–627. (Capítulo de resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- \_ Gerba, CP., et al. (1995). *Water-Quality Study of Graywater Treatment Systems*. Water Resources Bulletin 31(1): 109–116.
- \_ Iqbal, S. (1999). *Duckweed Aquaculture-Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries*. Sandec, Dübendorf, Suiza.
- \_ McDonald, RD. y Wolverton, BC. (1980). Comparative study of wastewater lagoon with and without water hyacinth. *Economic Botany*: 34 (2): 101–110.
- \_ Polprasert, C., et al. (2001). *Wastewater Treatment II, Natural Systems for Wastewater Management*. IHE, Delft. (Comprehensive Design Manual: see Chapter 4 – Water Hyacinth Ponds.)
- \_ Rose, GD. (1999). *Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: options for urban agriculture*. IDRC, Ottawa. Disponible en: <http://idrinfo.idrc.ca>
- \_ Skillicorn, W., Journey, K. y Spira, P. (1993). *Duckweed aquaculture: A new aquatic farming system for developing countries*. Banco Mundial, Washington, D.C. Disponible en: [www.p2pays.org/ref/09/08875.htm](http://www.p2pays.org/ref/09/08875.htm) (Manual Detallado)
- \_ US Environmental Protection Agency (1988). *Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment*. USEPA, Cincinnati, Ohio. Disponible en: [www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/design.pdf](http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/design.pdf)

**Nivel de Aplicación**

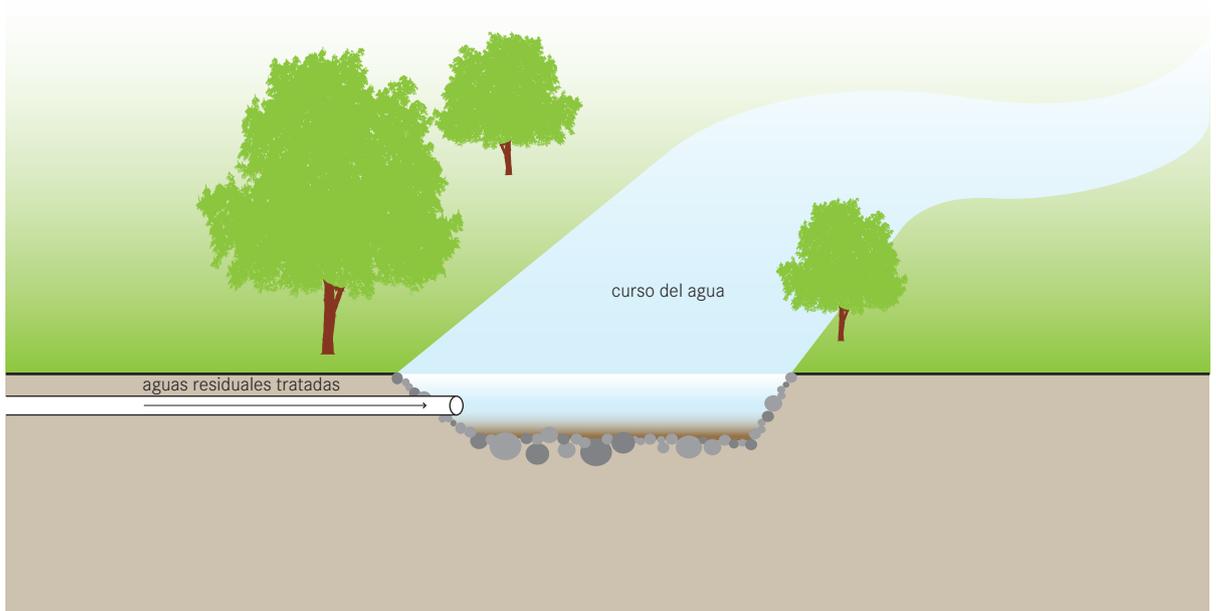
- (★★) Hogar
- (★★) Vecindario
- (★★) Ciudad

**Nivel de Manejo**

- (★★) Hogar
- (★★) Compartido
- (★★) Público

**Entradas:**

- Efluente
- Aguas Pluviales



**El efluente tratado y/o las aguas pluviales pueden ser descargados directamente en cuerpos de agua receptoras (tales como ríos, lagos, etc.) o en el terreno como recarga de acuíferos.**

Es necesario asegurar que la capacidad de asimilación del cuerpo de agua receptor no se exceda, p.ej. que el cuerpo receptor puede aceptar la cantidad de nutrientes sin sobrecargarse. Parámetros como la turbiedad, la temperatura, sólidos suspendidos, la demanda biológica de oxígeno, nitrógeno y fósforo (entre otros) deben ser controlados cuidadosamente y monitoreados antes de liberar cualquier agua en un cuerpo natural. El uso del cuerpo de agua, ya sea de uso industrial, recreación, hábitat de reproducción, etc., ejercerá influencia en la calidad y cantidad de aguas residuales tratadas que se pueden introducir sin que se produzcan efectos dañinos.

Las autoridades locales deben ser consultadas para determinar los límites de descarga para los parámetros relevantes ya que pueden variar enormemente. Para áreas especialmente sensibles, se puede requerir la cloración para cumplir con los límites biológicos. De manera alterna, se puede descargar agua en los acuíferos. La recarga de acuíferos está aumentando en popularidad al reducirse los recursos subterráneos y la filtración de agua salada se

convierte en una amenaza mayor para las comunidades costeras. Aunque se conoce que el terreno actúa como filtro para una variedad de contaminantes, la recarga de acuíferos no debe ser vista como un método de tratamiento. Una vez que un acuífero queda contaminado, es prácticamente imposible reclamarlo. La calidad del agua extraída de un acuífero de recarga está en función de la calidad de las aguas residuales introducidas, el método de recarga, las características del acuífero, el tiempo de residencia, la cantidad de mezcla con otras aguas y la historia del sistema. Un análisis cuidadoso de estos factores debe preceder a cualquier proyecto de recarga.

**Adecuación** La adecuación de la descarga en el cuerpo de agua o acuífero dependerá por completo de las condiciones ambientales locales y las regulaciones legales. Generalmente, la descarga en un cuerpo de agua sólo es apropiada cuando hay una distancia segura entre el punto de descarga y el siguiente punto de uso más cercano. De manera similar, la recarga de agua subterránea es más apropiada para áreas donde hay riesgo de intrusión de aguas saladas o si los acuíferos tienen un tiempo de retención largo.

Dependiendo del volumen, el punto de descarga y/o la calidad del agua, se puede requerir de un permiso.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Generalmente, los cationes ( $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ) y el material orgánico serán retenidos dentro de una matriz de sólidos, mientras que otros contaminantes (como los nitratos) permanecerán en el agua. Hay numerosos modelos para la corrección potencial de contaminantes y microorganismos, pero la predicción de la calidad del agua más abajo, extraída de entre una gran cantidad de parámetros, es raramente factible. Por lo tanto, las fuentes de agua potables y no potables se deben identificar claramente, se deben modelar los parámetros más importantes y realizar una evaluación de riesgo.

**Mantenimiento** Son importantes el monitoreo y el muestreo regulares para asegurar el cumplimiento con las regulaciones y para asegurar los requerimientos de salud pública. Dependiendo del método de recarga, se puede requerir mantenimiento mecánico.

**Pros y Contras:**

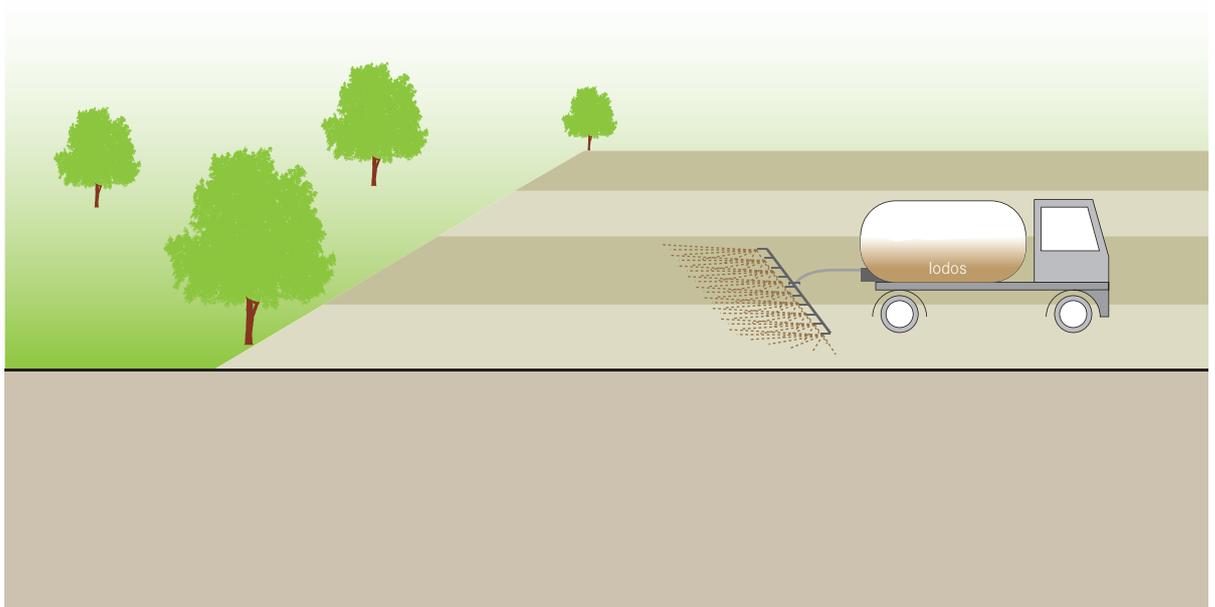
- + Puede proporcionar una fuente de agua “a prueba de sequías” (agua subterránea)
- + Puede incrementar la productividad de cuerpos de agua al mantener niveles constantes
- La descarga de nutrientes y micro contaminantes puede afectar los cuerpos naturales de agua y/o el agua potable
- La introducción de contaminantes puede tener impacto a largo plazo
- Puede afectar negativamente las propiedades del terreno y de los acuíferos

**Referencias**

---

- \_ ARGOSS (2001). *Guidelines for assessing the risk to groundwater from on-site sanitation*. British Geological Survey Commissioned Report, CR/01/142. Disponible en: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)
- \_ Seiler, KP. and Gat, JR. (2007). *Groundwater Recharge from Run-off, Infiltration and Percolation*. Springer, Países Bajos.
- \_ Tchobanoglous, G., Burton, FL. y Stensel, HD. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th Edition*. Metcalf & Eddy, Nueva York.
- \_ OMS (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater - Volume 3: Wastewater and excreta use in aquaculture*. OMS, Ginebra.

<p><b>Nivel de Aplicación</b></p> <p><input type="checkbox"/> Hogar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vecindario</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ciudad</p>	<p><b>Nivel de Manejo</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Hogar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Compartido</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Público</p>	<p><b>Entradas:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Lodos Tratados</p>
---	---	---



**Los Lodos Fecales digeridos o estabilizados son denominados 'Biosólidos'. Dependiendo de la calidad de los biosólidos que pueden ser aplicados a tierras públicas o privadas, para jardinería o para agricultura.**

La EPA de EEUU define diferentes niveles de biosólidos dependiendo del tratamiento y de la calidad, y por lo tanto del riesgo a la salud. Los biosólidos clase A (p.ej. biosólidos que se pueden vender para uso público) pueden ser usados casi sin restricciones. Favor de consultar las guías para criterios específicos de uso. Los biosólidos pueden ser usados en agricultura, jardinería, silvicultura, cultivo de pastos y pasturas, parques, campos de golf, reclamo minero, cobertura de desechos o control de erosión. Aunque los biosólidos tienen niveles menores de nutrientes que los fertilizantes comerciales (para nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente), pueden ser usados para remplazar parte o todos los fertilizantes comerciales que están en uso. Además se ha visto que los biosólidos tienen propiedades que los hace superiores a esos fertilizantes, tales como propiedades de coagulación, de retención de agua, y la liberación lenta y continua de nutrientes.

Los biosólidos son diseminados en la superficie del terreno usando esparcidores convencionales de estiércol, camiones tanque o vehículos diseñados especialmente. Biosólidos más

líquidos (p.ej. de reactores anaeróbicos) pueden ser rociados, o inyectados en el terreno. Los biosólidos deshidratados pueden ser lanzados, lo cual es más común en los bosques.

**Adecuación** Aunque los biosólidos son a veces criticados por contener potencialmente altos niveles de metales o contaminantes, los fertilizantes comerciales también están contaminados en varios grados, a menudo de cadmio y otros metales pesados. Los lodos fecales de letrinas de pozo no tienen entradas químicas y por lo tanto no hay un gran riesgo de contaminación. Los lodos fecales que se originan en plantas de tratamiento de aguas residuales a gran escala son más propensos a estar contaminados, ya que reciben químicos industriales y domésticos, así como escurrimientos superficiales que pueden contener hidrocarburos y metales. Dependiendo de la fuente de lodos, los biosólidos pueden servir como una valiosa y a menudo muy necesaria, fuente de nutrientes. La aplicación de biosólidos en el terreno puede ser menos costosa que su desecho. Las tasas de aplicación y uso de los biosólidos debe tomar en cuenta no sólo la presencia de patógenos y contaminantes, sino también la cantidad de nutrientes que son dispersos a una tasa sustentable y agronómica. Se deben seguir las regulaciones de seguridad y de aplicación adecuadas.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Generalmente la barrera más grande para el uso de biosólidos es la aceptación. Sin embargo, aún cuando los biosólidos no son aceptados en la agricultura o por las industrias locales, aún pueden ser útiles para proyectos municipales y pueden proporcionar ahorros significativos en proyectos públicos (p.ej. reclamación de minas).

Dependiendo de la fuente de los lodos fecales y del tratamiento, los biosólidos pueden ser tratados a un nivel que sean generalmente seguros y sin olores o problemas de vectores significativos.

**Mantenimiento** El equipo para esparcir debe mantenerse para asegurar el uso continuo. La cantidad y la tasa de aplicación de biosólidos debe ser monitoreada para evitar la sobrecarga, y por lo tanto, la potencial contaminación por nutrientes.

**Pros y Contras:**

- + Puede acelerar la reforestación
- + Puede reducir el uso de fertilizantes químicos y mejorar la retención del terreno
- + Puede reducir la erosión
- + Bajo costo
- Puede representar un riesgo de salud pública, dependiendo de la calidad y de la aplicación
- Los olores pueden distinguirse normalmente (dependiendo del tratamiento previo)
- Puede requerir equipo especial para esparcir
- Los microcontaminantes se pueden acumular en el terreno y contaminar los acuíferos

**Referencias**

---

- \_ U.S. EPA (1999). *Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States, EPA-530/R-99-009*. U.S. Environmental Protection Agency: Washington, D.C.  
Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
- \_ U.S. EPA (1994). *A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule, EPA832-R-93-003*. U.S. Environmental Protection Agency: Washington, D.C.  
Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

**Nivel de Aplicación**

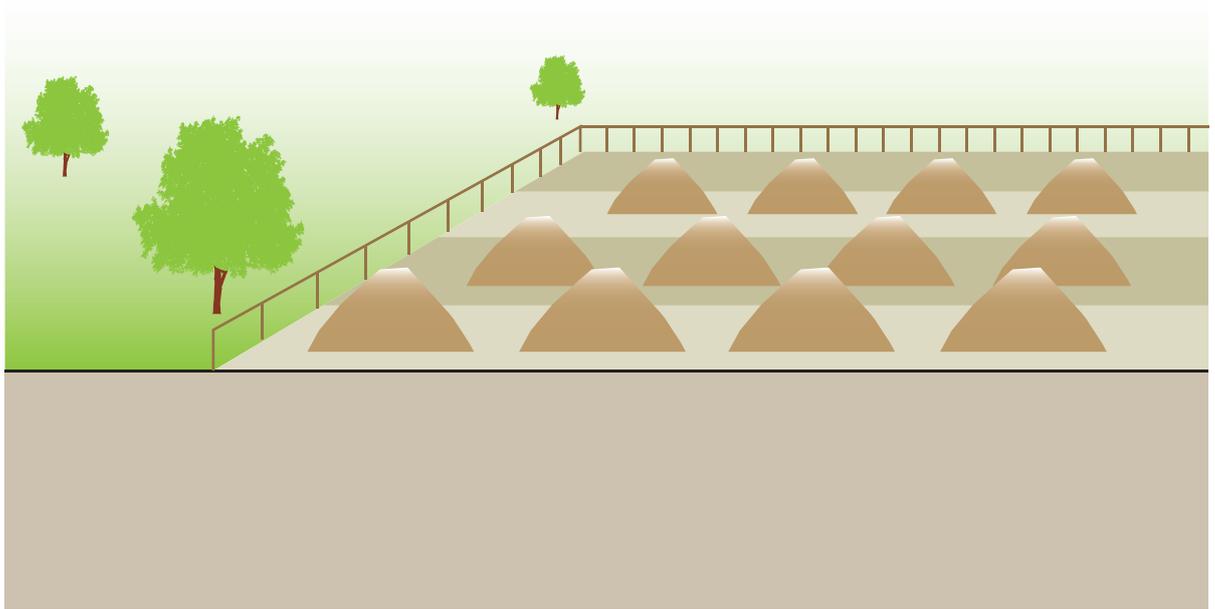
- ★ Hogar
- ★ Vecindario
- ★★ Ciudad

**Nivel de Manejo**

- ★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

**Entradas:**

- Lodos Fecales
- Lodos Tratados
- Heces
- Materiales secos de Limpieza



**La Disposición final en Superficie se refiere a la acumulación de lodos, heces, biosólidos u otros materiales que no pueden ser usados de otra manera. Una vez que el material se lleva a un sitio de Desecho en Superficie, ya no es usado posteriormente. Esta Tecnología es usada principalmente para biosólidos, aunque es aplicable a cualquier tipo de material seco no utilizable.**

Una aplicación de desecho en superficie del terreno es mostrada en las Plantillas de Sistemas es el desecho de material seco de limpieza, tales como papel higiénico, mazorcas, piedras, papel periódico y/u hojas. Estos materiales no siempre pueden ser incluidos con otros productos de base de agua en algunas tecnologías y deben ser separados. Un bote de basura se debe proporcionar junto a la Interfase de Usuario para recolectar estos materiales de limpieza. Los materiales secos pueden ser quemados (p.ej. mazorcas) o desechados junto con la basura de la vivienda. Para simplificar, el resto de esta Descripción Tecnológica se dedicará a lodos fecales, ya que las prácticas estándares de desecho de sólidos están más allá del alcance de este Compendio.

Cuando no existe demanda o aceptación para el uso benéfico de biosólidos, pueden ser colocados en rellenos únicos (rellenos de biosólidos únicamente) o acumulados en montones permanentes.

La diferencia principal entre la Disposición final en Superficie y la Aplicación en Terreno es la tasa de aplicación. No hay límite en la cantidad de biosólidos que se pueden aplicar en la superficie ya que no hay cuidado de las cargas de nutrientes o tasas agronómicas. Sin embargo, hay cuidado relacionado con la contaminación de acuíferos y filtración. Los sistemas más avanzados de desecho en superficie pueden incorporar un sistema de funda y colección de filtración para evitar que los nutrientes y contaminantes se infiltren en los acuíferos.

No es recomendable acumular biosólidos junto con los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) ya que se reduce la vida del relleno que ha sido diseñado para contener materiales más nocivos. A diferencia de rellenos de RSU más centralizados, las ubicaciones de Disposición Final en Superficie pueden estar situados cerca de los sitios donde los lodos fecales son tratados, limitando la necesidad de largas distancias de transporte.

**Adecuación** Como no hay beneficios en este tipo de tecnología de disposición final, no se debe considerar como la opción primaria. Sin embargo, donde no existe aceptación para el uso de los biosólidos, la acumulación contenida y controlada de biosólidos es preferible por mucho al desecho sin control.

Los biosólidos pueden ser aplicados en casi cualquier clima y ambiente, aunque no deben ser almacenados donde haya inundaciones frecuentes o el nivel freático sea alto.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Como la ubicación de la Disposición final en Superficie se localiza lejos y protegida del público, no debe haber riesgo de contacto o molestia. Se debe tener cuidado de proteger el sitio de desecho de alimañas y de aguas estancadas, ya que pueden aumentar los olores y los problemas de vectores.

**Mantenimiento** El personal de mantenimiento debe asegurar que sólo los materiales adecuados sean desechados en el sitio, y deben mantener control sobre el tráfico y las horas de operación.

**Pros y Contras:**

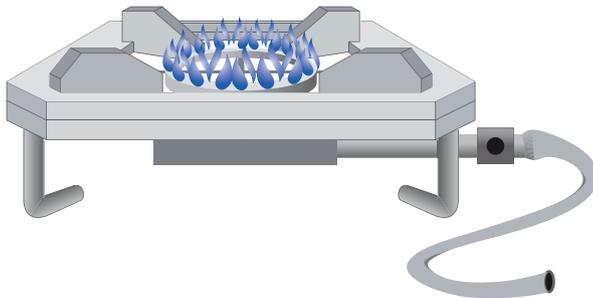
- + Puede hacer uso de terrenos vacantes o abandonados
- + Bajo costo
- + Puede prevenir desecho no resuelto
- Uso no benéfico de un recurso
- Los olores normalmente se pueden distinguir (dependiendo del tratamiento previo)
- Puede requerir equipo especial para esparcir
- Los microcontaminantes se pueden acumular en el terreno y contaminar los acuíferos

**Referencias**

---

- \_ U.S. EPA (1999). *Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States, EPA-530/R-99-009*. U.S. Environmental Protection Agency: Washington, D.C.  
Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
- \_ U.S. EPA (1994). *A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule. EPA832-R-93-003*. U.S. Environmental Protection Agency: Washington, D.C.  
Disponible en: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

<b>Nivel de Aplicación</b>	<b>Nivel de Manejo</b>	<b>Entradas:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Vecindario</li> <li>★ Ciudad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★★ Hogar</li> <li>★★ Compartido</li> <li>★★ Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Biogás</li> </ul>



**El biogás puede ser usado como cualquier otro gas combustible. Es para uso doméstico en los países en vías de desarrollo y especialmente adecuado para cocinar. Para las plantas de biogás más grandes, la generación de electricidad es una buena opción.**

La demanda doméstica de energía varía enormemente y se ve influenciada por los hábitos de alimentación y culinarios. En lugares donde la dieta es a base de verduras, carne, productos lácteos y cereales de grano pequeño, la demanda de gas es baja comparada con otras culturas de cocina más elaborada, donde el maíz en grano y los frijoles son parte de la nutrición diaria. La demanda de gas se puede definir sobre la base de la energía consumida previamente. Por ejemplo, 1 Kg de leña corresponde a 200 L de biogás, 1 Kg de de heces secas de vaca corresponde a 100 L de biogás y 1 Kg de carbón corresponde a 500 L de biogás. El consumo de gas por persona y comida se encuentra entre 150 y 300 L de biogás. Para calentar un litro de agua se requieren 30-40 L de biogás, para ½ Kg de arroz 120-140 L y para ½ Kg de verduras 160-190 L. Pruebas realizadas en Nepal y en Tanzania han demostrado que la tasa de consumo de una estufa doméstica de biogás es de alrededor de 300-400 L/h. Sin embargo, esto depende del diseño de la estufa.

Se pueden asumir las siguientes tasas de consumo en litros por hora (L/h) para el uso de biogás (tomadas de Kossmann et al. 1996):

- quemadores domésticos: 200-450 L/h
- quemadores industriales: 1000-3,000 L/h
- refrigerador (100 L) dependiendo de la temperatura exterior: 30-75 L/h
- lámpara de gas, equivalente a un foco de 60 W: 120-150 L/h
- motor de biogás/diesel por caballos de fuerza: 420 L/h
- generación de 1 kWh de electricidad con una mezcla de biogás/diesel: 700 L/h
- prensa de moldeo de plásticos (15 g, 100 unidades) con mezcla de biogás/diesel: 140 L/h

Comparado con otros gases, el biogás requiere menos aire para su combustión. Por lo tanto, los aparatos convencionales de gas requieren chorros de gas más grandes para la combustión de biogás.

**Adecuación** La eficiencia calórica del uso de biogás es del 55% en estufas, 24% en motores, pero sólo un 3% en lámparas. Una lámpara de biogás es tan sólo la mitad de eficiente que una lámpara de queroseno. La forma más eficiente de usar el biogás es en una combinación de calor-

potencia donde se puede alcanzar una eficiencia del 88%. Pero esto es válido sólo para instalaciones mayores y bajo la condición de que el escape de calor se use de manera rentable. Para aplicaciones domésticas, la mejor forma de usar el biogás es para cocinar.

**Mantenimiento** Usualmente el biogás está completamente saturado con vapor de agua. El vapor de agua genera condensación en la tubería. Para prevenir el taponamiento y la corrosión, se debe condensar en trampas de agua. Estas válvulas deben ser limpiadas periódicamente. Cuando se usa el biogás en un motor, es necesario reducir el sulfuro de hidrógeno porque forma ácidos corrosivos al combinarse con el agua condensada. La reducción del contenido de dióxido de carbono es complicada y cara, por lo tanto, el “raspado” del CO<sub>2</sub> es poco aconsejable.

**Aspectos de Salud/Aceptación** Los usuarios de biogás generalmente lo encuentran agradable, de alta calidad, y notan poca o ninguna diferencia entre el biogás y su fuente tradicional de combustible. Ocasionalmente se dan objeciones con respecto al uso del biogás generado a partir de heces. Además, suponiendo que la tubería se mantiene en buenas condiciones (p.ej. drena el agua) y que la planta de biogás está bien construida, no debe haber problemas de fugas, explosiones o cualquier otro peligro para la salud humana.

#### Pros y Contras

- + fuente gratuita de energía
- + requiere poca habilidad para operar o escasas tareas de mantenimiento
- + reducción de contaminación de aire en el interior
- puede no cumplir con todas las normas en materia de energía
- menor eficiencia comparado con el queroseno
- no puede reemplazar a todos los tipos de energía

#### Referencias:

- \_ Kossmann, W., Pönitz, U., Habermehl, S., Hoerz, T., Krämer, P., Klingler, B., Kellner, C., Wittur, T., von Klopotek, F., Krieg, A. y Euler H. (1996). *Biogas Digest Volume II. Application and Product Development*. GTZ, Alemania.
- \_ Lohri, C. (2009a). *Research on Anaerobic Digestion of Organic Solid Waste at Household Level in Dar es Salaam, Tanzania*. Sandec Report.
- \_ Lohri, C. (2009b). *Evaluation of Biogas Sanitation Systems in Nepalese Prisons*. Eawag e ICRC, Suiza.





**Acuíferos:** agua que está presente naturalmente bajo la superficie de la tierra. En algunos casos los acuíferos pueden ser localizados a varios centímetros por debajo de la superficie, o puede estar hasta a cien metros por debajo de la superficie. Los acuíferos son generalmente bastante limpios y pueden ser usados como agua potable; por esta razón se debe tener cuidado de no contaminar los acuíferos con aguas residuales.

**Aeróbico:** significa 'que requiere oxígeno'. Los procesos aeróbicos sólo pueden funcionar en presencia de oxígeno molecular (O<sub>2</sub>), y organismos aeróbicos son aquellos que usan oxígeno para la respiración celular y almacenan energía.

**Afluente:** el nombre general para el líquido que entra en un lugar o proceso, el efluente de un proceso es el afluente del siguiente.

**Agua de Arrastre:** el agua que es usada para transportar excrementos, orina y/o heces de la Interfase de Usuario a la siguiente Tecnología de Grupo Funcional.

**Agua de desagüe:** nombre general dado a la mezcla de agua y excremento (orina y heces), aunque en el Compendio se hace referencia a Aguas Negras.

**Agua de Limpieza Anal:** es agua recolectada después de que ha sido usada para limpiarse después de defecar y/u orinar. Es generada por quienes usan agua, en vez de materiales secos, para la limpieza anal.

**Agua Superficial:** término para describir las aguas pluviales que corren sobre la tierra (p.ej. no se infiltran en el terreno). El agua superficial, a diferencia del agua subterránea, no es generalmente segura para su consumo ya que acumula patógenos, metales, nutrientes, compuestos químicos y fluye sobre superficies contaminadas.

**Aguas Amarillas:** es el nombre de la orina combinada con agua de arrastre. No está incluida en ninguno de los sistemas en este Compendio.

**Aguas Cafés:** la mezcla de heces y agua de arrastre, pero sin orina.

**Aguas Grises:** el volumen total de agua generada del lavado de alimentos, ropa, platos y cubiertos, y personas. No contiene excrementos, pero contiene patógenos y materiales orgánicos.

**Aguas Grises (sullage):** Incluye aguas residuales de la cocina, lavado y regadera o tina, pero no incluye excrementos ni orina.

**Aguas Negras:** la mezcla de orina, heces y agua de arrastre junto con agua de limpieza anal (si se practica la limpieza anal) o material seco de limpieza (p.ej. papel higiénico). Tiene alto contenido de material orgánico y patógenos.

**Aguas Pluviales:** término general para la precipitación de lluvia que corre por los techos y otras superficies antes de fluir hacia terrenos más bajos. Es la porción de la lluvia que no se infiltra en el terreno.

**Aguas Residuales:** tradicionalmente descritas como cualquier agua que ha sido usada y no es apta para usos adicionales. El término se aplica en general a todas las aguas que se originan en retretes, regaderas, lavabos, áreas de lavado, fábricas, etc. Términos más recientes tales como 'aguas negras', 'aguas grises', y 'aguas amarillas' han sido adoptados tanto como una forma de describir la composición con mayor precisión, como para enfatizar el hecho de que las aguas utilizadas tienen nutrientes, son valiosas, y no deben ser 'residuos' desechables.

**Alcantarillado:** todos los componentes de un sistema usado para recolectar, transportar y tratar drenaje (incluyendo tubería, bombas, tanques, etc.).

**Alcantarillados Combinados:** alcantarillados que están diseñados para llevar aguas negras y aguas grises de viviendas y aguas pluviales. Los alcantarillados combinados deben ser más grandes que los alcantarillados separados para abarcar el alto volumen.

**Anaeróbico:** significa 'en la ausencia de oxígeno'. Los procesos anaeróbicos son obstaculizados o detenidos por la presencia de oxígeno. Los procesos anaeróbicos son a menudo de olor más desagradable que los procesos aeróbicos.

**Anoxia:** significa 'deficiente de oxígeno'. Organismos que pueden vivir en un ambiente anóxico pueden usar el oxígeno que está en otras moléculas (p.ej. nitratos y sulfatos). Las condiciones anóxicas se encuentran frecuentemente en la interfase entre ambientes aeróbicos y anaeróbicos (p.ej. lechos bacterianos o en estanques facultativos)

**Área de Superficie Específica (ASE):** describe la propiedad de un material sólido. ASE está definida como la razón del área de superficie al volumen en unidades de m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

**Bacteria:** las bacterias son organismos simples, unicelulares. Las bacterias obtienen nutrientes del medio ambiente al excretar enzimas que disuelven moléculas complejas en moléculas más simples que ya puedan pasar por la membrana de la célula. Las bacterias pueden vivir en cualquier

parte del mundo y son esenciales para mantener la vida y realizar 'servicios' esenciales como el compostaje, la degradación aeróbica de los desechos, y la digestión de alimento en nuestro estómago; sin embargo algunos tipos pueden ser patógenas y provocar enfermedades severas.

**Biodegradable:** una sustancia que puede ser descompuesta en moléculas básicas (p.ej. dióxido de carbono, agua) por procesos orgánicos realizados por bacterias, hongos, y otros microorganismos.

**Biogás:** es el nombre común para la mezcla de gases liberados por la digestión anaeróbica. De manera típica el biogás se compone de metano (50–75%), dióxido de carbono (25–50%) y cantidades variables de nitrógeno, Sulfuro de hidrógeno, agua y otros componentes.

**Biomasa:** se refiere a la cantidad de organismos vivos. A menudo se usa para describir la parte 'activa' de los lodos que es responsable de degradar la materia orgánica.

**Biosólidos:** lodos fecales que han sido digeridos/estabilizados. Los biosólidos pueden ser usados y aplicados con un riesgo reducido en comparación con los lodos fecales no tratados.

**Cal:** el nombre común para el hidróxido de calcio. Es un polvo blanco y cáustico que se produce al calentar la piedra caliza.

**Coagulación:** el proceso de formar pequeños terrones de manera que puedan sedimentarse más fácilmente en las aguas residuales.

**Composta/EcoHumus:** es el material café/negro terroso que resulta de la materia orgánica descompuesta; generalmente ha sido suficientemente desinfectado y se puede usar de manera segura en la agricultura.

**Compostaje:** el proceso por el cual componentes biodegradables son descompuestos biológicamente bajo condiciones controladas por microorganismos (principalmente bacterias y hongos).

**Concreto:** una mezcla de cemento, arena, grava y agua que se endurece para formar un material sólido semejante a la piedra.

**DBO/ Demanda Bioquímica de Oxígeno:** una medida de la cantidad de oxígeno usado por las bacterias para degradar la materia orgánica en las aguas residuales (expresada en mg/l). Es una medida aproximada de la cantidad de material orgánico que está presente en el agua: a mayor

contenido orgánico, mayor cantidad de oxígeno para degradarlo (alta DBO); a menor contenido orgánico, menos oxígeno requerido para degradarlo (baja DBO).

**De Asiento:** nombre general dado a la Interfase de Usuario, para quien prefiere sentarse más que ponerse a cuclillas sobre ella.

**Desazolve:** el proceso de sacar los lodos de un tanque, pozo, u otra unidad de almacenamiento.

**Descentralización:** el cambio de la toma de decisiones y de responsabilidades de las autoridades centrales al mismo nivel al que las políticas están dirigidas.

**Descomposición:** la transformación de material orgánico muerto (plantas, animales, etc.) en compuestos más básicos y elementos.

**Digestión:** similar a la descomposición, pero usualmente aplicada a la descomposición de materiales orgánicos (incluyendo bacterias) por las bacterias de los lodos.

**DQO/ Demanda Química de Oxígeno:** Medida cuantitativa de la cantidad de oxígeno requerido por la oxidación química de materiales a base de carbón (orgánicos) en una muestra por un oxidante químico fuerte, expresada en mg/l. La DQO es siempre igual o mayor que la DBO ya que es la suma del oxígeno requerido para la oxidación biológica y la química.

**Drenaje:** un canal abierto o tubería cerrada usada para transportar aguas negras.

**E. Coli:** la abreviatura común para Escherichia Coli. Es un tipo de bacteria que habita en el tracto intestinal de los humanos y de otros mamíferos. No es necesariamente dañina, pero es usada para indicar la presencia de otras bacterias más peligrosas

**Efluente:** el nombre general para un líquido que sale del lugar o del proceso donde se origina.

**Efluente Séptico:** 'material líquido y sólido bombeado de una Fosa séptica, pozo negro u otra fuente primaria de tratamiento'. (Bellagio, 2005).

**Escurrecimiento:** también conocido como Escurrecimiento de Superficie. Es la cantidad de agua que cae como precipitación pero no se infiltra en el nivel freático.

**Espuma:** nombre general dado a la capa flotante superior de material que queda sobre el agua. Es lo más notorio en las fosas sépticas donde distintas capas de espuma, agua y lodos se forman con el tiempo.

**Estabilizado:** el término usado para describir el estado de la materia orgánica que ha sido completamente oxidada y esterilizada. Cuando la mayoría de la materia orgánica se ha degradado, las bacterias comienzan a tener hambre y consumen su propio citoplasma. Cuando esto sucede, la materia orgánica restante de las bacterias muertas es degradada por otros organismos, lo que resulta en un producto completamente estabilizado.

**Eutrofización:** describe las concentraciones excesivas de nutrientes en un ecosistema acuático que lleva a: (i) productividad incrementada de plantas verdes autótrofas y al bloqueo de luz del sol, (ii) elevadas temperaturas en el sistema acuático, (iii) agotamiento del oxígeno, (iv) crecimiento incrementado de algas, y (v) reducción de la variedad de la fauna y de la flora.

**Evaporación:** el proceso de cambio del agua del estado líquido al estado gaseoso.

**Evapotranspiración:** evaporación que es facilitada por la vegetación. Las plantas emiten agua por su estoma (poros) proporcionando así una mayor superficie por medio de la cual el agua se puede evaporar.

**Excrementos:** la mezcla de orina y heces que no se han mezclado con ninguna agua de arrastre.

**Filtrado:** el líquido que ha pasado por un filtro.

**Flotación:** los procesos donde fracciones más ligeras de las aguas residuales, incluyendo grasas, aceites, jabones, etc., se elevan por encima del agua y de los sólidos, y por lo tanto pueden ser separados.

**Fondo:** la parte baja interna de la tubería. La profundidad del fondo es especialmente importante cuando se diseñan alcantarillados.

**Forraje:** plantas acuáticas u otras que crecen en camas secas o humedales artificiales y pueden ser cosechadas para alimentar ganado.

**Fosa Séptica:** un hoyo o pozo cubierto para recibir aguas residuales.

**Gradiente Hidráulico:** la pendiente de la superficie de un líquido en una tubería, p.ej. el líquido fluirá por el gradiente hidráulico del sistema y si hay un flujo de ingreso que es más bajo que el gradiente, el agua fluirá hacia arriba para encontrar la línea del gradiente.

**HCES:** siglas en inglés de Saneamiento Integral Centrado en la Vivienda.

**Heces:** se refiere a excremento (semisólido) sin orina ni agua.

**Heces Humanas:** este nombre se da generalmente al excremento que puede ser recolectado manualmente. Generalmente esta práctica se lleva a cabo donde no hay infraestructura para la recolección y almacenamiento o donde hay terrenos agrícolas que pueden recibir los desechos. El manejo sin protección y el uso en la agricultura se debe tratar con cuidado.

**Helminto:** una lombriz parásito, p.ej. una que vive dentro o sobre su anfitrión provocándole daño. Por ejemplo las lombrices parásitos del sistema digestivo humano, tales como la ascáride o la anquilostoma.

**Humus:** un material terroso negro o café oscuro formado principalmente por material orgánico descompuesto.

**Lavador:** el nombre que se da a aquellos que usan agua para limpiarse después de defecar.

**Limpiador:** el nombre que se da a aquellos que usan materiales sólidos, como papel, para limpiarse después de defecar.

**Lixiviado:** la fracción líquida de un desecho mezclado que, por gravedad o filtración, se separa del componente sólido.

**Lodos:** la capa gruesa, viscosa de materiales que se asientan al fondo de las fosas sépticas, estanques, y otros sistemas de desagüe. El lodo se compone principalmente de materiales orgánicos, pero también arena, metales, y varios compuestos químicos.

**Lodos Fecales:** el término general para los lodos no tratados o parcialmente digeridos o los sólidos que resultan del almacenamiento o tratamiento de aguas negras o excrementos.

**Macrófitas:** plantas acuáticas grandes que son visibles. Sus raíces y tejidos diferenciados pueden ser emergentes (anea, juncos, bambú, arroz silvestre), sumergidas (mianrama de agua, utricularia) o flotantes (lenteja acuática, lirio acuático).

**Materiales Orgánicos:** denominación general de los materiales orgánicos. Es cualquier molécula que contiene carbono. Ejemplos de compuestos orgánicos son las proteínas, lípidos, aminoácidos, vitaminas, y otros bloques que forman la vida. Materiales orgánicos se refieren a los materiales que deben ser agregados a algunas tecnologías para hacer que funcionen adecuadamente (p.ej. cámaras de composta).

**Materiales Secos de Limpieza:** pueden ser papel, mazorcas, piedras u otros materiales secos que son usados para la limpieza anal (en lugar de agua). Dependiendo del sistema, los materiales secos de limpieza pueden ser recolectados y desechados por separado.

**Microbio:** nombre general dado a un microorganismo; una bacteria microscópica.

**Microcontaminantes:** contaminantes que están presentes en concentraciones extremadamente bajas, pero cuyos efectos se sabe que son considerables. Los productos farmacéuticos y las hormonas son dos grupos de microcontaminantes que están provocando una creciente preocupación por sus efectos en el sistema endocrino y en el desarrollo sexual.

**Microorganismos:** organismos que no son ni plantas ni animales, sino pequeños, unicelulares simples o multicelulares tales como los protozoarios, algas, hongos, virus y bacterias.

**Monitoreo:** la recolección y evaluación continua de datos (cualitativos y cuantitativos) con el objetivo de optimizar el desempeño y minimizar las fallas.

**Nivel freático:** el nivel superior de las aguas subterráneas. el nivel freático no es estático y puede variar con la estación, el año y el uso.

**Nutriente:** cualquier sustancia (proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, o minerales) usada para el crecimiento. En los sistemas de tratamiento de aguas residuales, 'nutriente' se refiere usualmente a nitrógeno y/o fósforo ya que son los responsables primarios de la eutrofización.

**OC:** Organización Comunitaria (OC) es una pequeña organización que no tiene el estado registrado de una Organización No Gubernamental (ONG) pero es un grupo estructurado de voluntarios que trabajan juntos para alcanzar un objetivo común. Cualquiera puede iniciar su propia OC.

**Ooquiste:** una espora de pared gruesa en la cual diferentes organismos (como el *Cryptosporidium*) se pueden transformar como una forma de resistir y sobrevivir severos periodos de condiciones ambientales difíciles.

**Operación y Mantenimiento:** todo trabajo relacionado con las actividades diarias que mantienen funcionando suavemente un proceso o sistema para evitar retrasos, reparaciones y/o períodos de inactividad.

**Orina:** es el desecho líquido producido por el cuerpo para eliminar la urea y otros productos de desecho.

**Parásito:** cualquier organismo que vive dentro o en otro organismo y daña a su anfitrión.

**Participante:** cualquier grupo, persona, o agencia que tiene un interés o está afectada por una política, plan o proyecto.

**Patógeno:** agente biológico infeccioso (bacteria, protozoario, hongo, parásito, virus) que produce enfermedad o dolencia en su anfitrión.

**Percolación:** el movimiento de líquido por el terreno por la fuerza de la gravedad.

**PET:** es el nombre común del Tereftalato de Polietileno. Es un plástico claro que puede ser reciclado.

**pH:** la medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia. Un valor de pH por debajo de 7 indica que es ácido, un valor de pH por encima de 7 indica que es básico (alcalino).

**Placa turca:** nombre general dado a quien prefiere ponerse a cuclillas en la Interfase de Usuario, más que sentarse directamente en ella.

**Relación C:N:** relación carbono/nitrógeno. Describe las cantidades relativas de carbono seco disponible y nitrógeno seco disponible. El valor ideal para los microbios es de alrededor de 30:1 (usualmente expresado simplemente como 30).

**Retrete:** se refiere especialmente al dispositivo donde el usuario se sienta o sobre el que se pone en cuclillas.

**SACV:** El Saneamiento Ambiental Centrado en la Vivienda es un proceso de planeación participativa de 10 pasos. El objetivo del enfoque del SACV es de involucrar a los participantes para desarrollar un Plan de Servicios Sanitarios del Medio Ambiente Urbano que permitirá a la gente llevar vidas saludables y productivas, y proteger el medio ambiente natural mientras se conservan y reutilizan los recursos, Las guías para implementar el SACV están disponibles en [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch).

**Salud:** “es un estado de completo bienestar físico, mental y social y no sólo de la ausencia de afecciones o enfermedades.” (OMS, 1948).

**Saneamiento:** término general usado para describir una serie de acciones que están todas dirigidas a reducir la diseminación de patógenos y a mantener un ambiente habitable saludable. Las acciones específicas relacionadas con el saneamiento incluyen, tratamiento de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y manejo de aguas pluviales.

**Saneamiento Ambiental:** opuesto al simple ‘saneamiento’, busca incluir todos los aspectos del medio ambiente físico que pueden afectar a la salud y al bienestar humanos; ejemplos típicos de un programa de saneamiento ambiental pueden incluir agua potable, manejo de desechos sólidos, drenaje, manejo de aguas pluviales, y saneamiento.

**Saneamiento Ecológico:** es un término aplicado a las tecnologías de tratamiento de desechos cuando no sólo se limita la difusión de enfermedades, sino que se protege el medio ambiente y devuelve nutrientes al suelo de manera benéfica.

**Saneamiento Sustentable:** “El objetivo principal de un sistema sanitario es proteger y promover la salud humana al proporcionar un ambiente sano y rompiendo el ciclo de la enfermedad. Para ser sustentable, un sistema sanitario debe no sólo ser económicamente viable, socialmente aceptable, y técnica e institucionalmente apropiado, sino que también debe proteger el medio ambiente y los recursos naturales” (Susana, 2007).

**Sedimentación:** el asentamiento por gravedad de las partículas en un líquido de manera que se acumulan. También llamado asiento.

**ST:** Sólidos Totales (ST) es la suma de los Sólidos Disueltos Totales (SDT) y de los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Cuando una muestra de agua o de lodo es filtrada y secada a 105°C, el residuo que queda es conocido como los Sólidos Totales. Se mide en mg/L (masa por volumen).

**Superestructura:** nombre dado a la estructura que proporciona privacidad a una persona que usa las instalaciones del retrete/baño. Una superestructura puede ser permanente (hecha de concreto o ladrillo) o móvil (hecha de bambú o tela).

**Sustentabilidad:** “cumple con las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cumplir sus propias necesidades” (Comisión Brundtland, 1987).

**Tiempo de Retención:** el tiempo teórico que permanece una unidad de agua (o lodos) en un tanque o estanque. Cuando se refiere a unidades de agua, a menudo se usa el término Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) y es calculado por:  $TRH = V/Q$ , donde V es el volumen del tanque y Q es la tasa en que el agua sale (p.ej.  $m^3/h$ ).

**Tiempo de Retención Hidráulica (TRH):** define el tiempo (promedio) que un líquido permanece en un reactor. Tiene la unidad de tiempo (t) y es calculado dividiendo el volumen del reactor ( $m^3$ ) por el flujo ( $m^3/h$ ).

**Tratamiento biológico:** el uso de organismos vivos (p.ej. bacterias) para tratar el desecho; esto es en contraste con el tratamiento químico que se apoya en químicos para transformar o eliminar los contaminantes de los desechos.

**Tratamiento químico:** el tratamiento de aguas residuales usando químicos para eliminar contaminantes de las aguas residuales. Un ejemplo común es el uso de alumbre para la coagulación o cloro para la oxidación.

**UASB:** siglas en inglés de Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente con Manto de Lodos.

**UDDT:** siglas en inglés de Retrete Seco con Separador de Orina.

**UDFT:** siglas en inglés de Retrete de Tanque con Separador de Orina.

**UESS:** siglas en inglés de Plan Integral de Saneamiento Ambiental Urbano.

**Urea:** la molécula orgánica  $(NH_2)_2CO$  que es expulsada en la orina como una forma de liberar al cuerpo de un exceso en nitrógeno. Con el tiempo, la urea en la orina se separa en bióxido de carbono y amonio, que es fácilmente utilizada por los organismos en el terreno.

**Vector:** el organismo que transmite una enfermedad al anfitrión (el vector por sí mismo puede ser anfitrión, pero no es el ‘verdadero anfitrión’). Las moscas son vectores ya que pueden transmitir patógenos de las heces a los humanos.

**Ventilación:** el movimiento del aire; el aire es tanto suministrado a, como sacado de un espacio.

**WC:** derivado del inglés ‘Water Closet’. Este es un término ambiguo que puede referirse tanto al cuarto donde está colocado un retrete, como al retrete mismo.

Referencias:

Tilley, Elizabeth et al, 2008. Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Suiza.

Primera edición (inglés) 2008, segunda edición (francés) 2008, tercera edición (español) 2010, cuarta edición (español) 2011.

ISBN: 978-3-906484-51-8

© Eawag/Sandec; Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology / Water and Sanitation in Developing Countries, Dübendorf, Suiza, [www.sandec.ch](http://www.sandec.ch)

© WSSCC; Water Supply and Sanitation Collaborative Council, Ginebra, Suiza, [www.wsscc.org](http://www.wsscc.org)

Se otorga permiso para la reproducción de todo o parte de este material, todo o en parte, para fines educativos, científicos o de desarrollo excepto aquellos que implican venta comercial, siempre que se indique una cita completa de la fuente.

Diseño Gráfico: Pia Thür, Zürich

Dibujos Técnicos: Paolo Monaco, Zürich

Fotografía: Eawag/Sandec

Impreso por: Bolonia Printing. Managua, Nicaragua

Disponible en formato electrónico en las siguientes páginas de web: [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch); [www.wsscc.org](http://www.wsscc.org), [www.aguasan.org](http://www.aguasan.org)

Eawag  
Überlandstrasse 133  
P.O. Box 611  
8600 Dübendorf  
Switzerland  
Phone +41 (0)44 823 52 86  
Fax +41 (0)44 823 53 99  
info@sandec.ch  
www.eawag.ch  
www.sandec.ch

Water Supply & Sanitation  
Collaborative Council (WSSCC)  
Chemin Louis-Dunant 15  
1202 Geneva  
Switzerland  
Phone +41 22 560 81 67  
wsscc@wsscc.org  
www.wsscc.org

**Existe abundante información sobre soluciones de saneamiento pero está enormemente dispersa en cientos de libros y periódicos; este compendio pretende reunir toda esta información en un sólo volumen. Contiene una amplia gama de información ordenada y estructurada sobre tecnologías probadas en un documento conciso en el que se provee al lector de una planificación útil para tomar decisiones más informadas.**

**La parte 1 describe configuraciones de sistemas para diferentes contextos.**

**La parte 2 consiste en 52 Informaciones Tecnológicas, que describen las principales ventajas y desventajas, usos y las tecnologías apropiadas que se requieren para construir un sistema de saneamiento comprensivo. Cada Información Tecnológica se complementa con una ilustración descriptiva.**