

# Una guía para un sistema integral de saneamiento ecológico en áreas periurbanas y rurales

EI ECODESS



FONDO DE LAS  
AMÉRICAS  
PERU



AVINA



29 años



El Instituto de desarrollo Urbano CENCA, se complace en presentar la presente publicación, con los objetivos de contribuir a hacer mas sólida la base de conocimiento de nuevos trabajos relacionados con el tema del Saneamiento Ecológico en el Perú, así como la de facilitar la replica de nuevas experiencias. Esta es una obra colectiva, que contiene el producto de una practica hasta cierto punto nueva en nuestro país.

Al igual que nuestras anteriores publicaciones: “Propuesta innovadora y sostenible de evacuación, tratamiento y reuso de residuos sólidos y líquidos domésticos”, 2002 y “Saneamiento Ecológico: lecciones aprendidas en zonas periurbanas de Lima”, 2006 ; pretendemos evidenciar nuevas formas de practicar un Saneamiento Sostenible que hoy mas que nunca, el planeta y quienes vivimos en el ámbito urbano o rural , requerimos como paradigma de mitigacion y adaptación a los efectos del Cambio Climático.

CENCA a través de esta publicación reafirma su compromiso por un mundo posible y digno; el mismo que nos llevo constituirnos hace 29 años y a implementar de manera pionera en el Perú la practica del Saneamiento Ecológico desde 1997.

# Una guía para un sistema integral de saneamiento ecológico en áreas periurbanas y rurales

EI ECODESS

Lima, marzo de 2009

Primera edición.

Este documento ha sido posible gracias a la participación de los siguientes profesionales e instituciones

#### **Responsable de la edición:**

##### **Arq. Juan Carlos Calizaya**

Coordinador del Programa AGUAECOSANPERU / CENCA

Emprendedor Social ASHOKA - LEMELSON

Socio AVINA

#### **Equipo de Investigación:**

##### **Arq. Juan Carlos Calizaya**

CENCA / AGUAECOSANPERU

Coordinador general y responsable temático ECOSAN

##### **Ing. Sady García**

Facultad de Ingeniería Agrónoma de la UNALM

Responsable temático de la calidad del suelo y orina

##### **Ing. Rosa Miglio**

Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM

Responsable temático en gestión de biofiltros y tratamiento de aguas residuales

##### **Dra. Carmen Vargas**

Responsable de los análisis microbiológicos

##### **Lic. Deysi Inga**

Responsable del análisis de la participación social

##### **Econ. Charles López**

Responsable del análisis de costo beneficio

##### **Adm. Deivies Oliva**

Responsable de la gestión tarifaria y de la comercialización

##### **Bach. Raúl Vega**

Asistente del análisis de la calidad del suelo

##### **Bach. Jesusa Palomino**

Asistente de los análisis microbiológicos de excretas y orina

#### **MIEMBROS DEL COMITÉ CONSULTIVO INTERINSTITUCIONAL CCI – ECODESS**

##### **CENCA (Secretaría Técnica)**

Arq. Juan Carlos Calizaya

Dra. Carmen Vargas

##### **Oficina de Medio Ambiente - MVCS**

Equipo Técnico

##### **WSP – BM**

Martin Gauss

##### **SEDAPAL**

Ing. Eduardo Bauer

##### **DIGESA**

Dra. Soledad Osorio

##### **FONDAM**

Ing. Carlos Bendezú

##### **OPS**

Ing. Luis Valencia

##### **Dirigentes de la Asociación “Agua de Nievería”**

##### **Otros:**

Arq. Romy Torres

Arq. César Schilder,

Ing. Jorge Barriga

#### **INSTITUCIONES AUSPICIADORAS**

- Fondo de las Américas - FONDAM
- Water for People
- AVINA
- Programa de Agua y Saneamiento - BM
- Instituto de Desarrollo Urbano CENCA

**Diseño y diagramación:** Ana María Origone / LEDEL S.A.C.

# Índice

Prólogo .....	5
Introducción .....	6
1. El ECODESS como sistema de gestión de saneamiento alternativo.....	8
1.1 Descripción de los componentes del ecodess y tecnología aplicada .....	8
2. Componente tecnológico con enfoque ECOSAN.....	9
2.1 Subsistema de la vivienda .....	9
2.1.1 El baño ecológico seco como unidad básica de la gestión ECOSAN.....	10
a) Accesorios básicos para la instalación del Baño Ecológico Seco (BES).....	10
b) ¿Cómo se diseña el BES?.....	11
c) ¿Cómo se usan los BES? .....	12
d) Modalidad de uso de los BES .....	12
2.1.2 Topologías de baños ecológicos secos aplicados en Lima .....	14
2.1.3 Red colectora y tratamiento de las aguas grises en la vivienda .....	15
a) Recolección, tratamiento y reuso de las aguas grises en Nievería .....	16
b) Operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas grises .....	18
2.2 Subsistema vecinal .....	19
2.2.1 Red condominial externa para la recolección de aguas grises .....	19
a) Evaluación de la calidad del agua en el sistema de tratamiento de las aguas grises ...	20
b) Costos de construcción del sistema de recolección y tratamiento de las aguas grises en Nievería.....	21
2.2.2 La ecoestación.....	21
a) Criterios de diseño de la ecoestación.....	22
b) Tratamiento de la excreta seca tratada en la ecoestación.....	22
c) Medidas de bioseguridad en el proceso de recolección y tratamiento .....	23
3. Componente de gestión comunitaria integral del ECODESS .....	24
3.1 Modalidad de gestión empresarial del servicio.....	24
3.1.1 Finalidad del servicio de agua en Nievería.....	25
3.1.2 Organización del sistema .....	25

3.1.3 Rol y funciones de la secretaría de saneamiento ecológico.....	26
3.2 Sistema de recolección, tratamiento y reuso de las excretas.....	26
3.2.1 Manejo de la excreta seca tratada en el baño ecológico seco de la vivienda .....	27
4. Componente de la sensibilización y el desarrollo de las capacidades e intervención social en el proyecto .....	28
4.1 Modalidad de la intervención social realizada. ....	28
Fase 1.- Diseño, sensibilización y organización para la implementación.....	28
Fase 2.- Ejecución de la obra y capacitación.....	29
Fase 3.- Seguimiento, monitoreo y evaluación.....	29
4.2 Percepciones y comentarios de los usuarios.....	29
5. Componente productivo y económico del ECODESS.....	31
5.1 La tarifa de servicio de saneamiento ecológico.....	31
5.1.1 Metodología de cálculo .....	31
5.1.2 Facturación .....	33
5.2 Comercialización del material secante.....	33
5.2.1 Estructura de costos del material secante .....	35
5.3 Costo directo unitario de la implementación del baño ecológico seco. ....	36
6. Lecciones aprendidas y recomendaciones .....	37
6.1 Contribución de ECOSAN en la disminución de aguas negras .....	37
6.2 Los BES se adaptan a todo ambiente de la vivienda .....	38
6.3 El reuso de la excreta como material secante.....	39
6.4 Uso potencial de la orina procedente de los ecoinodoros en el sistema ECODESS .....	43
6.5 La reutilización de las aguas grises en riego urbano .....	44
6.6 El ecosaneamiento productivo y la venta de material secante.....	46
6.7 Incorporación de los criterios de ecosan en el reglamento nacional de edificación .....	46
6.8 Análisis del costo beneficio del baño ecológico seco. ....	46
7. Bibliografía.....	48
Siglas .....	49

# Prólogo

El sistema económico predominante en el mundo ha abusado y abusa de los bienes que nos brinda la naturaleza. El recurso hídrico no es la excepción y bajo la arraigada creencia en su abundancia se han desarrollado tecnologías que lo consumen de manera irracional. El Cambio Climático nos pone hoy en alerta de las consecuencias de estas acciones, lo que nos exige profundos cambios de paradigmas y no meros “maquillajes”.

De acuerdo a las investigaciones, los ecosistemas naturales serán gravemente afectados por el Cambio Climático y con ello, los ciclos hidrológicos. Según el Informe de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas 2007-2008, en América Latina la deglaciación acelerada de los nevados tropicales amenazarán las fuentes de agua de las poblaciones de las ciudades, así como la agricultura y la producción hidroeléctrica principalmente en la región andina. Dentro de unas cuantas décadas, aumentarían aproximadamente en 1,800 millones las personas que sufrirían por la escasez de agua. La alteración de las lluvias con las consiguientes sequías e inundaciones está ya impactando de manera directa en los medios de vida de las comunidades rurales y periurbanas y el escenario futuro de las ciudades estará marcado por el estrés hídrico.

El ambiente urbano se encuentra estrechamente vinculado con los ecosistemas naturales en los que se asienta, y con los que interactúa; de ellos depende para proveer los recursos que aseguren su existencia. En tal sentido, en el Perú, además de una Ley sobre Recursos Hídricos con coherencia ambiental y

social, se requiere contar con un Plan de Gestión Integral de los Recursos Hídricos desde un enfoque holístico y sostenible que incluya los lineamientos de un manejo adecuado de cuencas e incorpore las dimensiones de: cosecha, siembra, producción, cuidado, reuso y tratamiento, como bien ha señalado la Dra. Nicole Bernex.

En ese sentido, iniciativas de saneamiento ecológico para áreas periurbanas y rurales como ECODESS, proveen información valiosa sobre alternativas para el ahorro del agua potable y el tratamiento de las aguas residuales a escala barrial, y adquieren gran importancia dentro del marco de la política de preservación y conservación del recurso “agua” que viene promoviendo el Sector Vivienda.

La “Guía para un Sistema Integral de Saneamiento Ecológico en zonas periurbanas y rurales”, preparada por el equipo liderado por el Arquitecto Juan Carlos Calizaya, pionero en la aplicación del Saneamiento Ecológico en el Perú y propulsor del sistema ECODESS en nuestro país, desarrolla los avances de esta iniciativa y consideramos que será de gran utilidad para que los actores sociales, económicos, autoridades y la población obtengan un insumo orientador de las inversiones en agua y saneamiento.

## **Dra. Roció Valdeavellano R.**

Movimiento Ciudadano frente al Cambio Climático – MOCICC  
Coordinadora



# Introducción

Al igual que en otros países de Latinoamérica, en el Perú se observa un intenso proceso de urbanización, centralizada ésta en las grandes ciudades; lo que permite apreciar que se acentúan, cada vez más, las diferencias sociales con la consecuente exclusión de los más pobres, quienes habitan en las áreas periurbanas, las que entre otros aspectos, son de difícil acceso y por tanto, la factibilidad de servicios convencionales son menores. Es así, que entre otros, se ha detectado a nivel nacional la existencia de los siguientes problemas:

## **a) Déficit del servicio de agua y saneamiento**

En el año 2008 la población del Perú es de 28,5 millones de habitantes; de los cuales 6.5 millones vive en el área rural. De esta población, 3 millones no tiene acceso al agua potable y 5.5 carece de una adecuada eliminación de excretas y aguas residuales. En el ámbito urbano, 3.7, tiene déficit de agua potable y 6.2 millones, déficit de saneamiento; de ellos 0.9 aún se concentra en Lima Metropolitana, sobre todo en las áreas periurbanas<sup>1</sup>.

En resumen, de cada cuatro personas, una no bebe agua segura; y uno de cada dos habitantes no tiene un baño completo en su vivienda.

## **b) Degradación ambiental por el arrojado de las aguas residuales al río, mar, lagos y suelo**

En el ámbito nacional menos del 22% del agua residual es tratada; de ella sólo el 15% en provincias; la restante es arrojada al río, mar o suelo. De casi 18,000 l/s. de aguas servidas recolectadas en Lima, aproximadamente una tercera parte es producto del uso del agua potable para trasladar los residuos humanos.

## **c) Tensión hídrica o falta de agua dulce en la costa del Perú**

En el Perú existe un proceso de deshielo en la Cordillera de los Andes, situación que se inició hace 150 años; por este motivo se estima que para el año 2025 existirá sólo 1,000 m<sup>3</sup>/hab/año de

agua dulce disponible<sup>2</sup>, situación que colocará al país en condición de "tensión hídrica"<sup>3</sup>.

## **d) Limitada inversión en infraestructura para cubrir el déficit en agua y saneamiento y el tratamiento de aguas residuales**

Se estima que la inversión requerida en el Perú para cubrir el déficit en agua y saneamiento es de US \$4.200 millones; de los cuales, no menos de 2,500 millones es lo que se requiere para el saneamiento. El 60% de la población rural, se encuentra en condición de pobreza y el 24% en pobreza extrema, siendo su ingreso promedio anual de US \$234 per cápita.

## **e) Tecnologías de saneamiento que no consolidan una vivienda adecuada ni garantizan el derecho humano a una buena salud**

Entre los diversos factores que influyen en la dificultad para la incorporación del saneamiento, encontramos que: la ubicación de la **letrina** suele estar a no menos de 5 metros de la vivienda, situación que no promueve el hábito de lavado de manos en los niños y adultos; además el **sistema convencional de arrastre hidráulico** no se adapta al suelo inundable o a los asentamientos dispersos. Esta ausencia de servicios de saneamiento para los más pobres del país, es causa de la mortalidad infantil.

## **f) Déficit de áreas verdes en las zonas urbanas de la costa peruana**

Las grandes ciudades en el Perú se ubican en la costa; el 30% de la población urbana se encuentra en áreas eriazas y con déficit de agua.

Reducir el déficit del servicio de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas servidas son compromisos del Estado ante los Objetivos del Milenio; pero dada la diversidad geográfica del país,

<sup>2</sup> Agua dulce disponible, es el agua fácilmente accesible para ser potabilizada, sea ésta subterránea, o proveniente de lagos, ríos, etc.

<sup>3</sup> Ing. José Rivas, Director General de Aguas y Suelos del Instituto Nacional de Recursos Naturales, año 2002, Ecodiálogo 2002

<sup>1</sup> Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015



resulta complejo identificar la modalidad apropiada para que estos servicios sean viables y sostenibles, consolidando una vivienda adecuada para los 12.5 millones de habitantes, que actualmente no cuentan con baño en sus viviendas.

Ante estos problemas y dadas las limitaciones de la gestión de los servicios convencionales, en los últimos años diversas instituciones en el Perú están desarrollando nuevos enfoques y nuevos modelos tecnológicos para encontrar la solución, y buscar cambiar los paradigmas tecnológicos y de gestión, para que se pueda garantizar la sostenibilidad social y ambiental del servicio.

El Instituto de Desarrollo Urbano CENCA, que es una de las instituciones que desde 1997 desarrolla intervenciones en base al enfoque de Saneamiento Ecológico<sup>4</sup>, ha logrado el diseño de un modelo de gestión integral del saneamiento, denominado el ECODESS<sup>5</sup> – Ecología y Desarrollo con Saneamiento Sostenible.

El presente documento describe al ECODESS en sus componentes: social, económico, tecnológico y de gestión, poniendo énfasis en el aspecto metodológico, el constructivo, y el de desarrollo de capacidades entre otros. Contiene información relevante sobre las ventajas e impactos útiles para su implementación en las áreas periurbanas y rurales del país. El objetivo es proporcionar criterios de intervención a todas aquellas instituciones que deseen implementar el ECODESS o utilizar alguno de sus componentes. Tiene como fuente referencial la el proceso de apropiación del Modelo desarrollada en un asentamiento humano de 80 familias en la zona de Nievería, distrito de Lurigancho, Chosica<sup>6</sup>, en Lima, Capital del Perú.

---

<sup>4</sup> Ver concepto de saneamiento ecológico -ECOSAN en el documento realizado por CENCA, WSP, PNUD. "Saneamiento Ecológico: lecciones aprendidas en zonas periurbanas de Lima". Lima. Perú. 2006

<sup>5</sup> Microsistema integrado de gestión del agua y saneamiento ecológico, diseñado por el Arq. Juan Carlos Calizaya, Emprendedor Social ASHOKA, Líder AVINA, Directivo del Instituto de Desarrollo Urbano CENCA, Coordinador del Programa AGUAECOSANPERU/CENCA y Miembro de la Red por la Cultura del Agua en el Perú.

<sup>6</sup> Proyecto de dotación de baños ecológicos secos, realizado por CENCA con la gestión en apoyo financiero de la ONG CESAL y donación de la Comunidad de Madrid.

En el capítulo referente a lecciones aprendidas y recomendaciones, se identifican diversas posibilidades de aplicación del ECODESS que fueron utilizadas en otras experiencias, así como alternativas para desarrollar investigaciones y proyectos pilotos. Luego de cuatro años de funcionamiento de este proyecto, CENCA, con el apoyo del Fondo de las Américas FONDAM y el Programa de Agua y Saneamiento PAS-BM, busca aprender de la experiencia del usuario; y de manera colectiva, a través del Comité Consultivo Interinstitucional CCI - ECODESS<sup>7</sup>, busca generar lineamientos para sentar las bases de una gestión, integral y multidisciplinaria del agua y saneamiento alternativo.

El interés es promover una normativa nacional que incentive la replicabilidad e inversión en saneamiento ecológico, en base a criterios sostenibles de intervención; asimismo, facilitar el diseño de nuevas políticas de intervención en agua y saneamiento alternativo desde las diversas instancias del Estado (gobierno central, regional y local).

Ante la necesidad de alternativas sostenibles de saneamiento que sean apropiadas a las características de las zonas periurbanas y rurales del país, el ECODESS se presenta como una opción que potencia las capacidades de los pequeños operadores, –como las JASS– contribuyendo al logro del cumplimiento de las correspondientes metas de milenio.

---

<sup>7</sup> Comité Consultivo Interinstitucional del ECODESS (CCI-ECODESS), tiene como participantes representantes de la Oficina de Medio Ambiente del MVCS, la Dirección Nacional de Saneamiento del MVCS, Fondo de las Américas, PAS-BM, CENCA, Universidad Nacional Agraria de la Molina, Dirección General de Saneamiento DIGESA, OPS y SEDAPAL.

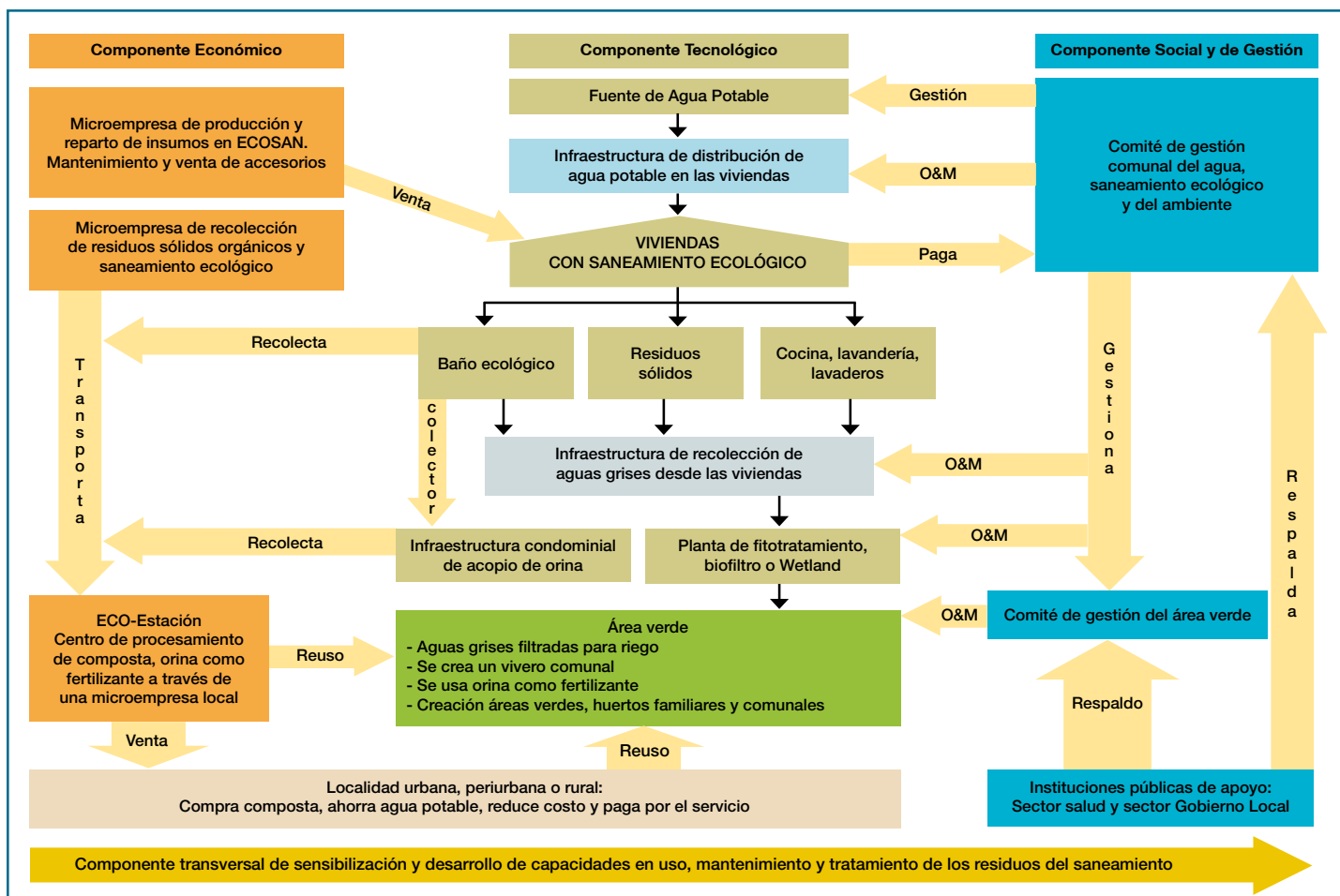
# 1. El ECODESS como sistema de gestión de saneamiento alternativo

EL ECODESS es una alternativa de gestión integral del saneamiento, de carácter permanente para los nuevos centros urbanos, periurbanos y rurales en el Perú. Contribuye a generar un cambio de actitud en relación a una nueva cultura del uso del agua potable y del saneamiento. Promueve la separación, tratamiento y reuso de los residuos domésticos (aguas grises y excretas) en diferentes ámbitos de intervención como: la vivienda, barrio o centro poblado. Promueve la participación de los actores locales en ámbitos descentralizados bajo modalidades empresariales comunitarias, públicas o mixtas.

## 1.1 Descripción de los componentes del ECODESS y tecnología aplicada

- Un componente tecnológico con enfoque ECOSAN, compuesto por dos subsistemas:
  - Un sub-sistema doméstico.
  - Un sub-sistema vecinal.
- Un componente social y de gestión.
- Un componente productivo y económico.
- Un componente transversal de sensibilización y desarrollo de capacidades.

### Sistema de gestión integral del saneamiento ecológico – ECODESS



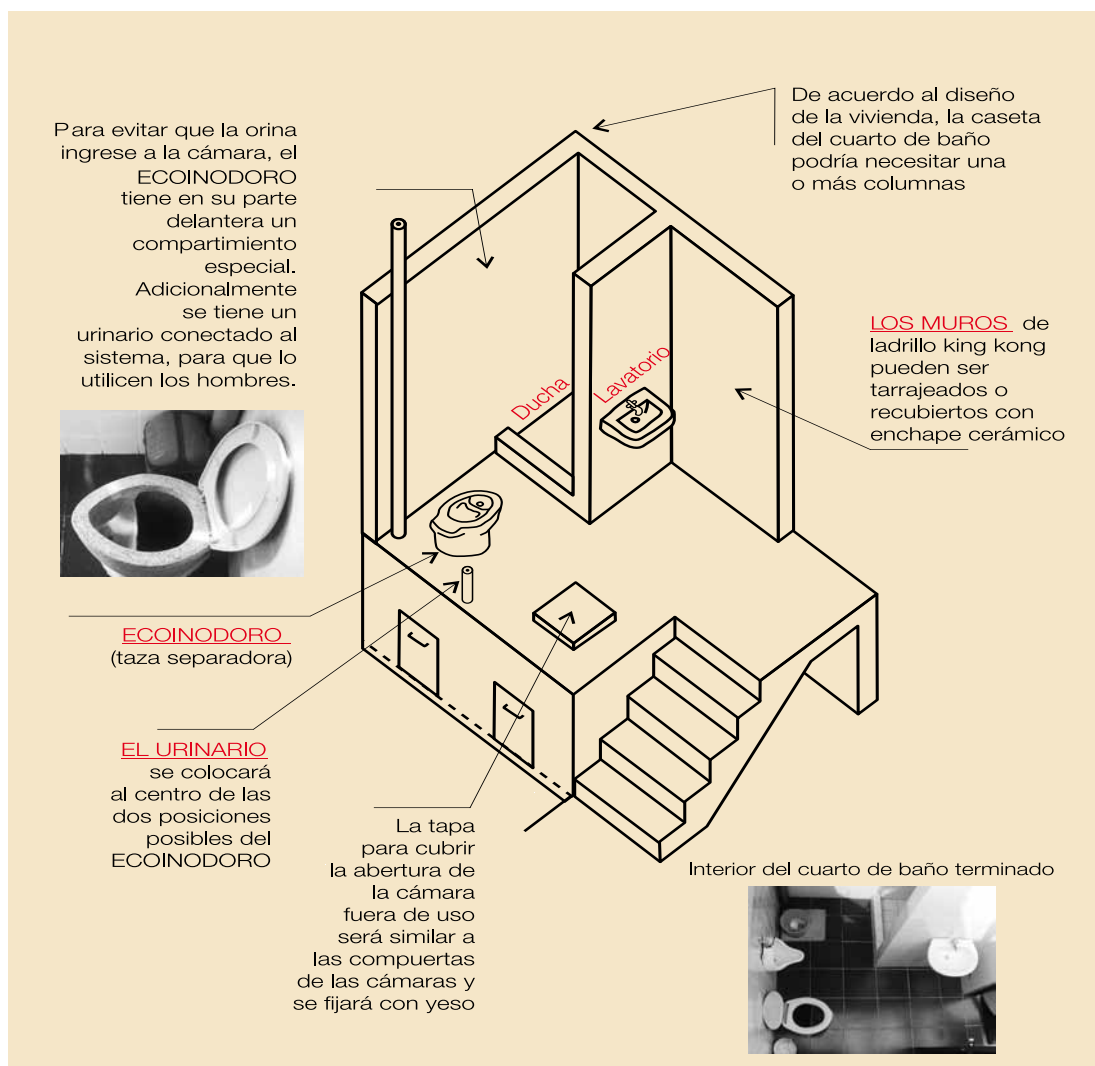
## 2. Componente tecnológico con enfoque ECOSAN

### 2.1 Subsistema de vivienda

Está ubicado dentro de la vivienda, e incluye: un cuarto de baño completo (eco-inodoro, urinario, lavatorio y ducha), lavadero de ropa y red colectora de aguas grises que desemboca en una "cámara atrapagrasas" que cuenta además con un biofiltro de tratamiento de aguas grises, que produce agua de calidad

para riego. El ecoinodoro es una tasa con desviador de orina instalada en el baño; debajo del eco-inodoro se colocan cámaras –o contenedores- en las que se almacenan las excretas con material secante; cuando la cámara se llena, las excretas pueden ser retiradas y llevadas a una eco-estación centralizadora para convertirlas en composta o material secante.

Fig. 2 Descripción del baño ecológico seco



### 2.1.1 El baño ecológico seco como unidad básica de la gestión ECOSAN

El Baño Ecológico Seco (BES) es un módulo higiénico que está instalado dentro de la vivienda, con tecnología de saneamiento ecológico en sus accesorios, separa los residuos y no usa agua para la evacuación.

Fig. 3 Plano corte del baño ecológico seco

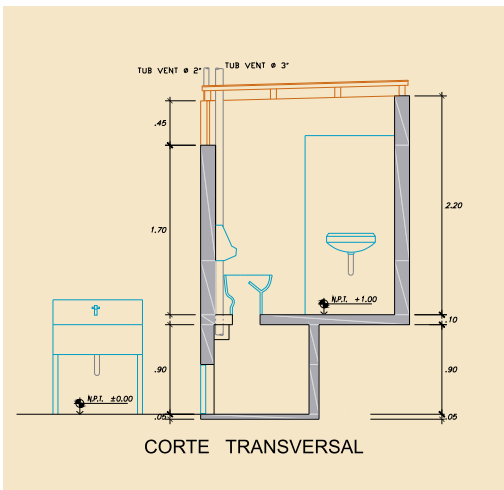
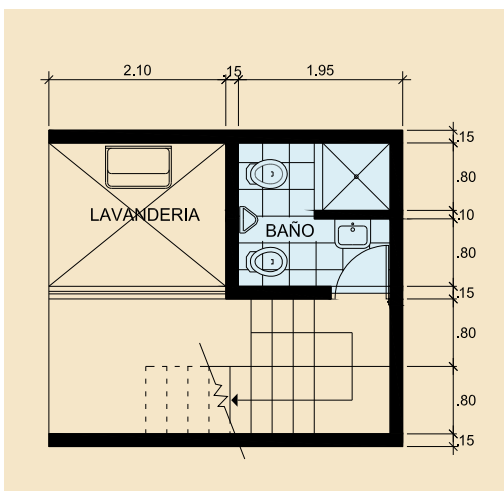


Fig. 4 Plano planta del baño ecológico seco



### a) Accesorios básicos para la instalación del baño ecológico seco

- **El ecoinodoro.**- Es un inodoro especialmente diseñado por Ecodess para separar la excreta de la orina. Existen diversos modelos, tales como:

Foto 1: Ecoinodoro tipo taza



**Material:**

Base de granito con cubierta de fibra de vidrio

**Costo unitario:**

\$48.00 US.

Foto 2: Ecoinodoro para empotrar en losa sobre la cámara de almacenamiento.



**Material:**

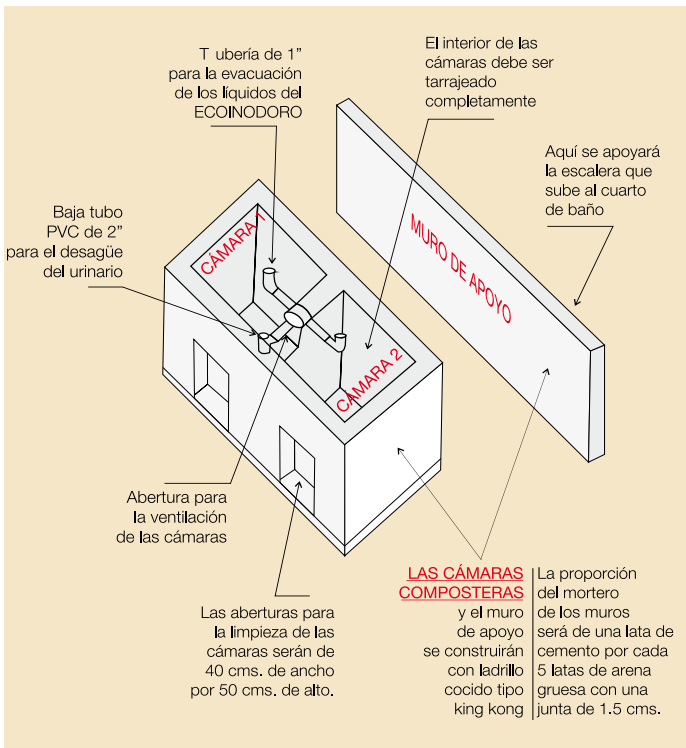
Fibra de vidrio

**Costo unitario:**

US \$30.00 + IGV  
No incluye Tapa

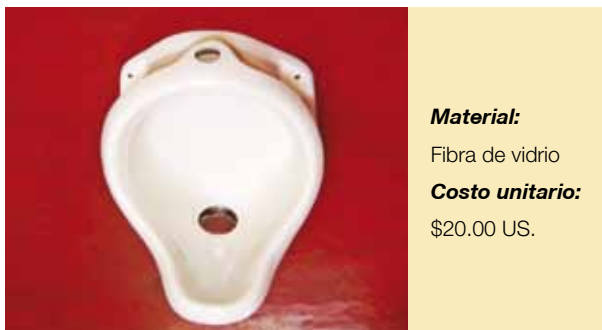
- **Las cámaras de secado:** son cubículos para el almacenamiento de la excreta y del material secante usado; su volumen es de 400 litros aproximadamente, lo que permite un tiempo promedio de almacenamiento de un año. Se puede también almacenar a través de un contenedor, el cual debe removerse continuamente para facilitar la recolección.

**Fig. 5: cámaras**



- **El urinario:** es un accesorio que se incorpora en el diseño del BES familiar, para contribuir a reducir el consumo del agua potable (no menos de 5 lts. de ahorro) en la evacuación, así como a su mantenimiento e higiene.

Foto 3:



- **El contenedor:** es un recipiente móvil, –que se usa en un baño ecológico seco con una sola cámara–, y está elaborado para recibir la excreta, la cal y la tierra. Se recomienda que el material sea impermeable para que no permita el ingreso de los líquidos.

Foto 4:



## b) ¿Cómo se diseña el baño ecológico seco?

En el diseño de un **BES** se toma en cuenta una serie de criterios básicos que pueden calificarse de la siguiente manera:

### ■ Criterio de fácil funcionalidad

El BES deberá permitir una rápida y fácil evacuación de los residuos de la cámara de almacenamiento hacia una zona de servicio en la vivienda. Es importante que dichos residuos puedan evacuarse sin atravesar los ambientes internos de la vivienda, para lo cual, se usa un ducto de evacuación hacia un contenedor, que debe ubicarse en el primer nivel de la vivienda, y centralizar allí todos los residuos.

### ■ Criterio de orientación

Es importante ubicar la zona de servicio hacia la parte más soleada de la vivienda, con el objetivo de recibir el calentamiento solar en la cámara. Ello permitirá el calentamiento de las excretas y su rápido proceso de secado.

### ■ Criterio de adaptación al terreno y al nivel de edificación

Si se trata de terrenos en pendiente, el diseño puede aprovechar la diferencia de cotas entre el ingreso al BES y la evacuación de

los residuos. En lo posible debe existir una diferencia de cotas de 0.80 cms. Una alternativa es usar el descanso de la escalera para hacer ingreso al BES.

#### ■ Criterio de participación del usuario

La elección del modelo del BES tiene que estar sujeta a la directa participación de la población. En el caso de la experiencia de Nievería, se desarrolló un proceso de diseño de la vivienda integral y la ubicación del BES. La elección del tipo de ecoinodoro es también opcional y la deciden los usuarios.

Foto 5: Uso del descanso de la escalera para el ingreso al baño ecológico seco



#### c) ¿Cómo se usan los baños ecológicos secos?

##### ■ Uso del ecoinodoro

- Para el correcto funcionamiento del ecoinodoro, se debe evitar el ingreso de líquidos a las cámaras, pues la descomposición de la excreta se produce en ambiente aeróbico.

- El proceso de descomposición de las excretas es acelerado por la adición, después de cada uso del ecoinodoro, de una cantidad de mezcla secante.
- La mezcla secante a ser usada en los ecoinodoros es preparada a partir de tierra fina tamizada y seca, mezclada con cal viva (CaO) o ceniza.
- Se recomienda una proporción de  $\frac{3}{4}$  de tierra fina por  $\frac{1}{4}$  de cal para la mezcla, aunque esta proporción puede variar de acuerdo a los usuarios.
- Luego de su preparación, la mezcla secante debe empaquetarse en sacos y almacenarse en ambientes secos hasta el momento de su uso.
- Para el uso del ecoinodoro, se debe ubicar dentro del baño un depósito que contenga la mezcla secante.

Ejemplo: se llena un recipiente con cal y se mezcla con tierra colocada en cuatro recipientes del mismo tamaño. La mezcla se coloca en un depósito en el baño.

- Luego de cada uso del ecoinodoro, se debe aplicar la mezcla secante en cantidad suficiente para cubrir la deposición. Una cantidad equivalente a una taza (200 grs.) de mezcla secante por uso ha demostrado ser suficiente en ecoinodoros instalados en Nievería.
- Cada treinta días, utilizando una vara, se debe remover y nivelar los excrementos dentro de la cámara. Después debe cubrirse la parte removida con mezcla secante.
- No se debe introducir el papel higiénico ni otros restos orgánicos en la cámara en uso ni en la de reposo.
- El ecoinodoro debe estar siempre tapado cuando no se use, para limitar la emanación de olores desagradables y la proliferación de insectos en el residuo.

#### d) Modalidad de uso de los baños ecológicos secos.

El ecoinodoro se instala y se coloca sobre dos cámaras composteras contiguas, (de 300 a 500 litros de capacidad cada

una) de uso alternativo; de tal manera que cuando se llena la primera cámara, debe moverse el ecoinodoro para poder usarse la segunda. Una vez llenada la segunda cámara, el contenido de la primera ya se habrá desecado y convertido en un residuo inocuo con aspecto de tierra seca y sin olor. Es recomendable un tiempo de maduración no menor de seis meses de reposo en las cámaras.

#### ■ Limpieza del ecoinodoro

- Preparar una solución de lejía (hipoclorito de sodio) disuelta en agua en una proporción de 1/6 de agua, que se debe aplicar una vez por semana.
- Hacer un hisopo con un palo envuelto en un trapo o una esponja.
- Humedecer el hisopo (sin empapararlo) en la solución de lejía, y frotar la superficie interior del ecoinodoro.
- Secar la superficie lavada con un paño limpio y seco. Es importante evitar que la solución ingrese a la cámara.

#### ■ Limpieza del urinario

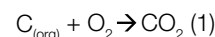
- Al igual que en el caso de la taza, se debe preparar un hisopo con un trapo, mojarlo en una solución de lejía y frotar la superficie del urinario.
- Luego debe enjuagarse el urinario con agua.
- Repetir esta operación una vez por semana para evitar la formación de sarro en su interior.

#### ■ Material secante

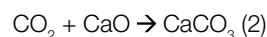
El material secante es una mezcla de tierra con cal (CaO) o ceniza, en una relación de 3 a 1 para el primer caso ó de 3 a 2 DESI se usa ceniza, su función es la de absorber la humedad de la excreta, la misma que en condiciones normales tiene un 75% de humedad; la cal deshidrata la excreta, eleva la temperatura y destruye los agentes patógenos; a mayor tiempo de contacto de la excreta con este compuesto, más efectiva será la destrucción de éstos.

El funcionamiento adecuado de los baños ecológicos secos, requiere la disposición de las excretas sólidas en cámaras cerradas con flujo de aire, para permitir la descomposición aeróbica de la materia orgánica; así como la proliferación de bacterias aerobias (nitrificantes, heterótrofas, etc.) y poder reducir la presencia de bacterias anaerobias patógenas. Para acelerar el proceso de descomposición y estimular el incremento de bacterias aerobias, se debe aplicar una mezcla secante inorgánica sobre las excretas cada vez que los ecoinodoros sean usados. La mezcla secante incluye tierra de chacra tamizada y cal (CaO). La proporción recomendada de excretas y de mezcla secante dentro de los ecoinodoros es de 1 a 1. Cabe mencionar que la excreta humana puede contener aproximadamente 80% de agua, la cual es evaporada durante el proceso de maduración, cuyo resultado puede presentar un alto contenido de inertes y bajo contenido orgánico en el residuo final.

Las bacterias aerobias permiten la oxidación del carbono orgánico de la excreta en presencia de oxígeno de acuerdo a la reacción:



El CO<sub>2</sub> desprendido por la oxidación es liberado al ambiente, sin embargo una parte del mismo puede ser capturado por reacción química con la cal viva (CaO), la cual tiene también la función de proporcionar un medio alcalino en la mezcla, favoreciendo el desarrollo bacteriano.



La adición de cal viva produce asimismo una rápida deshidratación de la excreta, incrementando la aireación dentro de la cámara, y reduciendo la emanación de olores desagradables producidos por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. La fuerte alcalinidad puede asimismo causar la muerte de los protozoos, helmintos y otros parásitos intestinales, y reducir la viabilidad de quistes o huevos de los mismos.



### 2.1.2 Tipologías de los baños ecológicos secos aplicados en Lima

#### ■ Baño ecológico seco de doble cámara

Su uso se recomienda en viviendas de zonas periurbanas y rurales, debido a que se cuenta con mayor espacio y una sola unidad básica puede satisfacer las necesidades de una familia. Este ecoinodoro puede ser de tipo taza o empotrado y se puede construir de manera progresiva; el material de la caseta puede ser de madera o adobe. Se usa mayormente en viviendas de un solo piso.

Foto 6: BES de doble cámara



Foto 7: BES con caseta de madera



Foto 8: BES de doble cámara con ecoinodoro empotrado



#### ■ Baño ecológico seco con una sola cámara

Este ecoinodoro, ya sea de tipo taza o empotrado, lleva en su interior, una cámara donde se ubica un contenedor, cuya medida dependerá del volumen de la cámara; es ideal para viviendas ubicadas en zonas periurbanas que no cuentan con espacios grandes, asimismo es recomendable para los pisos altos de la vivienda. Es importante que la evacuación de los contenedores se realice a través del patio o de la zona de servicio de la vivienda.

Foto 9: Baño ecológico seco con ecoinodoro para empotrar



### 2.1.3 Red colectora y tratamiento de las aguas grises en la vivienda

#### ■ Características de las aguas grises

Las aguas grises están conformadas por las aguas provenientes de las duchas, lavaderos, cocina, lavandería, sin incluir los inodoros. Comparativamente con las aguas negras, las aguas grises se encuentran menos contaminadas por patógenos, debido a que no tienen carga directa de materia fecal; pero no están exentas de ellos, pues existe el riesgo de su introducción en el lavado de ropa, pañales y duchas. Algunos autores<sup>8</sup> señalan que el crecimiento de bacterias entéricas como los coliformes fecales, es favorecido en el agua gris debido a la presencia de materia orgánica fácilmente degradable; Galindo et al (2007) encontraron una concentración entre  $9,2 \times 10^2$  y  $2,6 \times 10^5$  NMP/100 ml de coliformes fecales en las aguas grises de un asentamiento humano en la ciudad de Lima.

El uso de sistemas separadores de heces, orina y aguas residuales como estrategia de ECOSAN, evita incorporar los 50 litros de heces que resultan ser el elemento más peligroso del agua residual. La orina es relativamente inofensiva y el agua gris

puede resultar más fácil de tratar con sistemas alternativos que requieran bajo o nulo uso de energía, que sean fáciles de operar y mantener, y que tengan un funcionamiento eficiente para remover los contaminantes del agua a tratar. Las diferentes tecnologías de tratamiento pueden incluir procesos aerobios y anaerobios, una de las opciones usada ampliamente bajo el esquema ECOSAN, es la de los **humedales artificiales**, la cual cumple con los requisitos antes mencionados y posee la ventaja del valor estético de las plantas, que permite incorporar este sistema en áreas públicas.

#### ■ Composición de las aguas grises

Los constituyentes de las aguas grises son sales (fosfatos presentes en los detergentes) y sustancias orgánicas; valores de  $DBO_5$  registrados en el mismo asentamiento humano de Lima, que oscilaron entre 180 y 345 mg/l, mientras que Pansonato et al (2007) reportaron valores entre 90 y 360 mg/l para una vivienda en Campo Grande, Brasil. Por otro lado las aguas grises presentan un bajo contenido de nutrientes comparativamente con los valores encontrados en las heces y la orina. (Ver Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1: cargas de nutrientes en los tres principales componentes del agua residual doméstica**

Producto	Volumen producido (l/persona. año)	Características microbiológicas	Nutrientes		
			N (%)	P (%)	K (%)
Orina	300-500	Bajo contenido de patógenos. Mayor contenido de hormonas y restos de medicamentos.	87	50	54
Heces	30-50	Alto contenido de patógenos.	10	40	12
Aguas Negras	7,500 – 30,000	Alto contenido de patógenos.	5	15	10
Aguas Grises	15,000 - 30,000	Bajo contenido de patógenos provenientes de ropas, duchas y pañales contaminados con materia fecal.	3	10	34
		TOTAL: kg /persona. año	4-5	0,75	1,8

Ref: elaboración propia a partir de Gulyas H. (2007) y Winblad et al (1998)

<sup>8</sup> Gulyas Holger (2007). Greywater reuse: concepts, benefits, risk and treatment technologies. En International Conference on Sustainable Sanitation. Fortaleza. Brasil.  
- Platzer Christoph. (2007). ECOSAN en Brasil y Perú. Experiencias y puntos de vista de una compañía.

Exposición en International Conference on Sustainable Sanitation. Fortaleza. Brasil.  
- Sergio Rolim Mendonca. (2000). Sistemas de Lagunas de Estabilización. Mc Graw Hill. Colombia.

## a) Recolección, tratamiento y reuso de aguas grises en Nievería

La intervención se realizó sobre 43 casas de la asociación de Vivienda Los Topacios e incluyó dos subsistemas técnicos. En la actualidad hay quince casas adicionales, que se han conectado a la red colectora de agua gris. El subsistema domiciliario de recolección de aguas grises capta la orina del ecoinodoro y del urinario para hombres y las une con el agua gris que se recibe del cuarto de baño (lavatorio y ducha), lavadero de ropa y lavadero de cocina.

### ■ Red interna

Los líquidos son recolectados a través de una red interna de aguas grises, con un aporte de aproximadamente 50 litros por vivienda al día. Finalmente el agua gris tiene un tratamiento a través de una cámara atrapagrasas y un humedal artificial o biofiltro.

Para la red colectora a nivel domiciliario se utilizó tubería PVC de 2" de diámetro. Esta tubería se diseñó para recolectar las aguas provenientes del lavatorio de baño, ducha, urinario, flujo de orina del eco-inodoro y del lavadero de patio. Para su correcta operación se instalaron los accesorios necesarios (codos, válvulas, etc.) y una caja de registro de concreto de 0.40 X 0.20 cms.

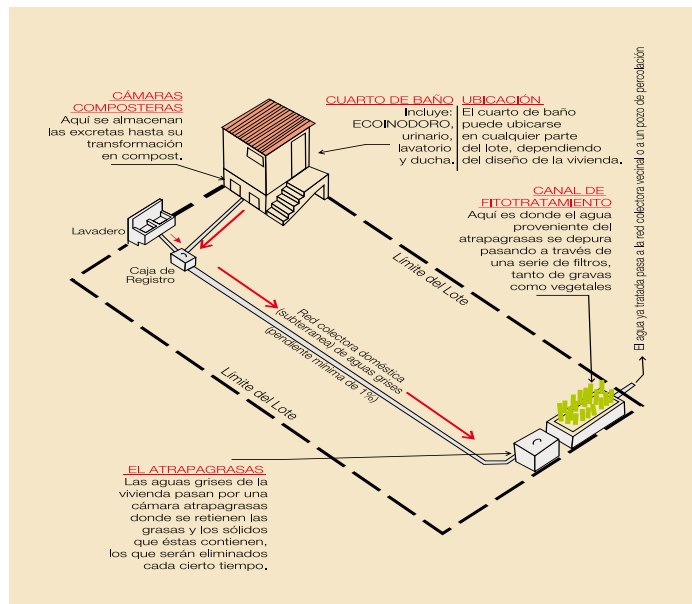
### ■ Proceso de tratamiento de aguas grises.

El proceso de tratamiento está conformado por dos unidades, el atrapagrasas y el biofiltro.

La primera unidad de este sistema es una cámara atrapagrasas de 50 cms. de largo x 0.25 de ancho y 60 cms. de profundidad. Esta cámara cuenta con un volumen útil de 50 litros.

**El atrapagrasas** está ubicado dentro del lote, hacia él se dirige el agua gris y la orina. En su interior se retienen las partículas de grasa y otros elementos sólidos que se encuentran en el agua gris. Debido a su baja densidad, las grasas suben a la superficie del agua permitiendo su separación y retiro fuera de la cámara. El agua que sale de la cámara atrapagrasas es conducida me-

Fig. 6: Subsistemas domiciliarios



dante tubería PVC de 2" de diámetro hacia un biofiltro o humedal subsuperficial de flujo horizontal. Los humedales artificiales son sistemas que constan de tres componentes principales: plantas, microorganismos y un medio de soporte, cuya interacción da como resultado la remoción de contaminantes por medio de mecanismos físicos, químicos y biológicos. El flujo subsuperficial permite la instalación de esta unidad de tratamiento en un área pública, debido a que no existe el riesgo del contacto con el agua.

**Biofiltro.-** Es un humedal de flujo subsuperficial. En las viviendas de Nievería, se utilizaron lechos de concreto con dimensiones de 1,90 mt. de largo x 0,48 de ancho y 0,60 de profundidad. En base a estas dimensiones y considerando cinco habitantes por vivienda, se estima que se ha utilizado un área de 0,18 m<sup>2</sup>/habitante, pero lo recomendable es un área por encima de 1 m<sup>2</sup>/habitante.

La caja lleva en su interior un sustrato de 0,40 mts. de espesor, y está conformado por piedra confitillo de 3/8" de diámetro (ver figura N° 5). La función del sustrato es la de soporte para las

Foto 9: diseño del atrapagrasas

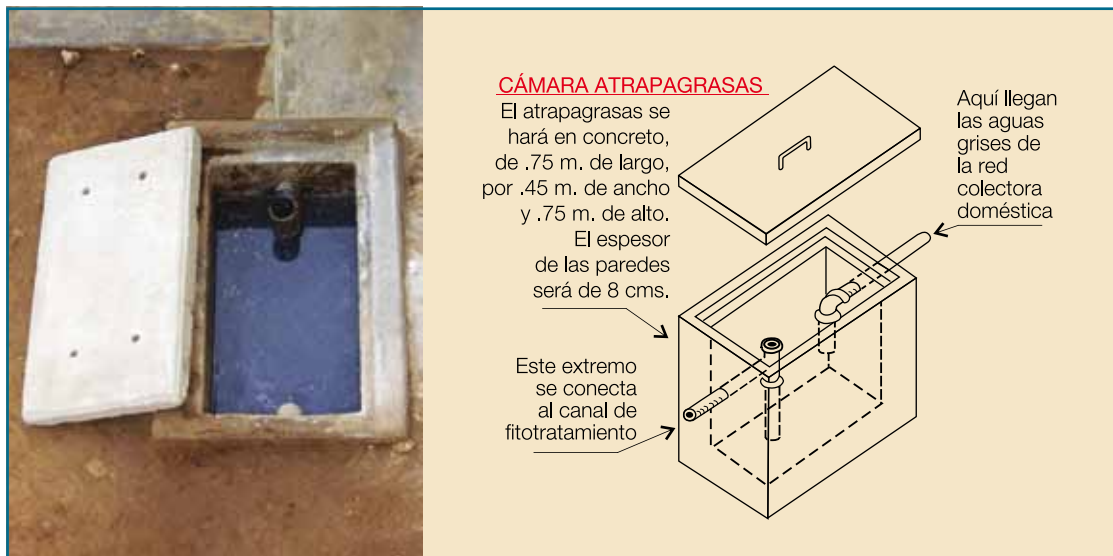
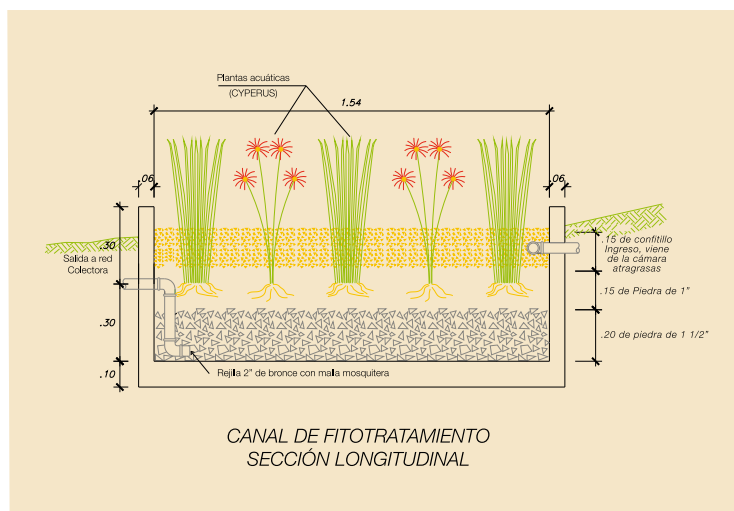


Foto 10: Cámara atrapagrasas y humedal artificial del subsistema domiciliario. Asociación de Vivienda Los Topacios, Nievería. Lima



Fig 7: diseño del biofiltro familiar





plantas y los microorganismos que degradan la materia orgánica, sin embargo también es responsable directo de la eliminación de algunas sustancias contaminantes a través de interacciones físicas y químicas.

Las plantas utilizadas pertenecen a la especie *Cyperus alternifolius* (ver fig. N° 6), y cumplen diferentes funciones: el área superficial de las raíces es esencial para la colonización de los microorganismos que intervienen en la degradación de los contaminantes presentes en el agua a tratar, los tallos proveen sombra que reduce el crecimiento de algas en la superficie del humedal y acondicionan la temperatura, lo cual es importante tanto en los climas fríos como en las zonas altas.

Foto 11: *Cyperus alternifolius*, planta utilizada en los biofiltros de Nievería



## b) Operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas grises

### En los lavaderos de baño y cocina:

- Evitar el ingreso de restos de comida u otros objetos que puedan atorar las tuberías colectoras.

### En el atrapagrasas:

- Evitar arrojar agua en la caja que pueda entorpecer el proceso natural de separación de las grasas.
- Limpiar las grasas y sólidos acumulados una o dos veces cada semana, de acuerdo al nivel de acumulación de residuos. Para ello, es necesario utilizar un colador manual para las grasas y una espátula de brazo largo para los sólidos.
- Una vez retirados, colocarlos en un depósito adecuado, y cubrirlos con un material seco (arena, cal, cenizas) hasta su eliminación, junto con la basura domiciliaria.

### En el biofiltro:

- Revisar que no se presente flujo de agua en la superficie del humedal. De ser así, verificar que no se haya obstruido la tubería de entrada, ni se hayan acumulado sólidos en los primeros metros del lecho.
- Si se acumulan sólidos al ingreso, remover las piedras de cabecera, lavarlas y volverlas a colocar.
- Mantener una cobertura regular de plantas que cubra todo el lecho.
- Controlar la altura de las plantas sembradas, realizando podas periódicas de acuerdo a las necesidades.
- Verificar una o dos veces cada quince días la tubería de ingreso del humedal para evitar atoros en el sistema.

Actualmente cada usuario es responsable de la limpieza y mantenimiento de su sistema, sin embargo se observa que más adelante esta labor estará a cargo de la empresa Aguas de Nievería.

Oswald y Hoffman (2007), reportaron que en la experiencia de Nievería, tres años después de su implementación, 20% de los

sistemas estaba cubierto con plantas en más de la mitad de su superficie; 38% no tenía plantas sino sólo el lecho con grava, y 18% de los sistemas estaba fuera de uso.

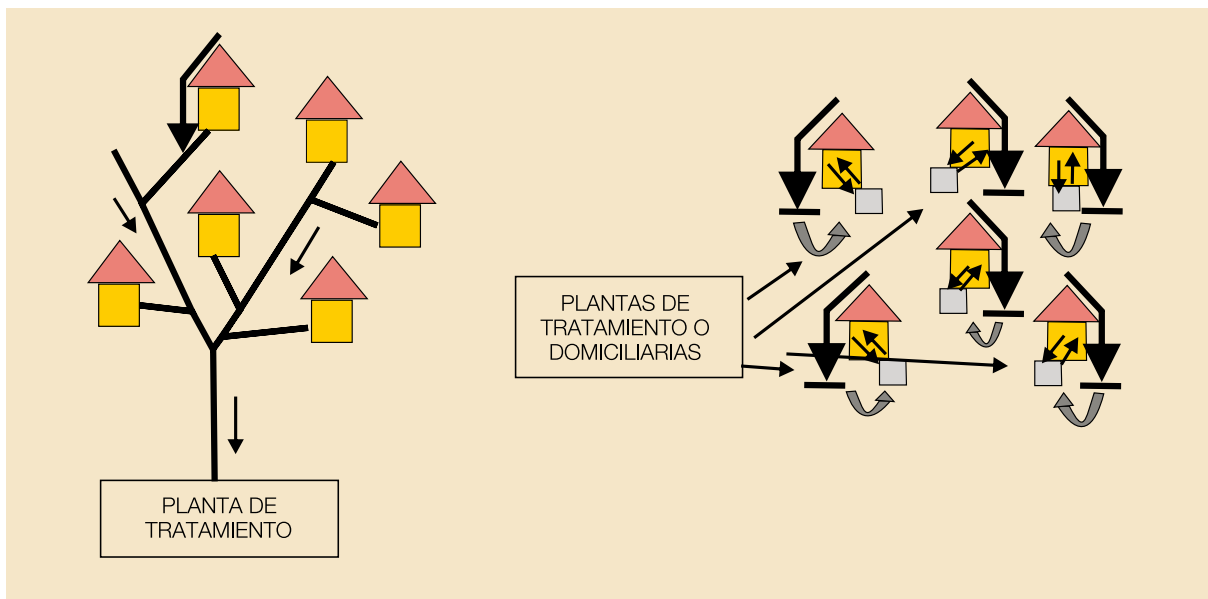
## 2.2 Subsistema vecinal

Los sistemas de tratamiento para aguas grises, pueden plantearse de manera **centralizada o descentralizada**, dependiendo de la disponibilidad de terreno en la vivienda y/o del uso que se pretenda dar al agua tratada. Un sistema descentralizado se aplica cuando el tratamiento de las aguas grises se realiza en cada vivienda; y para ello se considera la construcción de un biofiltro para cada una de ellas. En el caso del Asentamiento Humano Los Topacios de

Nievería se optó por este sistema, debido a que no se contaba con un área disponible para un biofiltro general y/o centralizado. Esta modalidad se puede aplicar en lugares donde las viviendas están dispersas. Un sistema centralizado de tratamiento de aguas grises es aquel que capta el agua gris de las viviendas a través de una red colectora y las lleva hacia un biofiltro central, donde se procede a un tratamiento de todo el caudal del agua gris recolectada.

El subsistema vecinal está conformado por una red de alcantarillado condominial que recoge el efluente del sistema de tratamiento de aguas grises, construido en cada una de las 43 viviendas conectadas, aunque su diseño está proyectado para la recolección del agua gris del total de los 90 lotes del Asentamiento Humano de Nievería, el vertido final se produce en un canal de riego.

Fig. 8: Opciones de desarrollo de sistemas de tratamiento ECOSAN

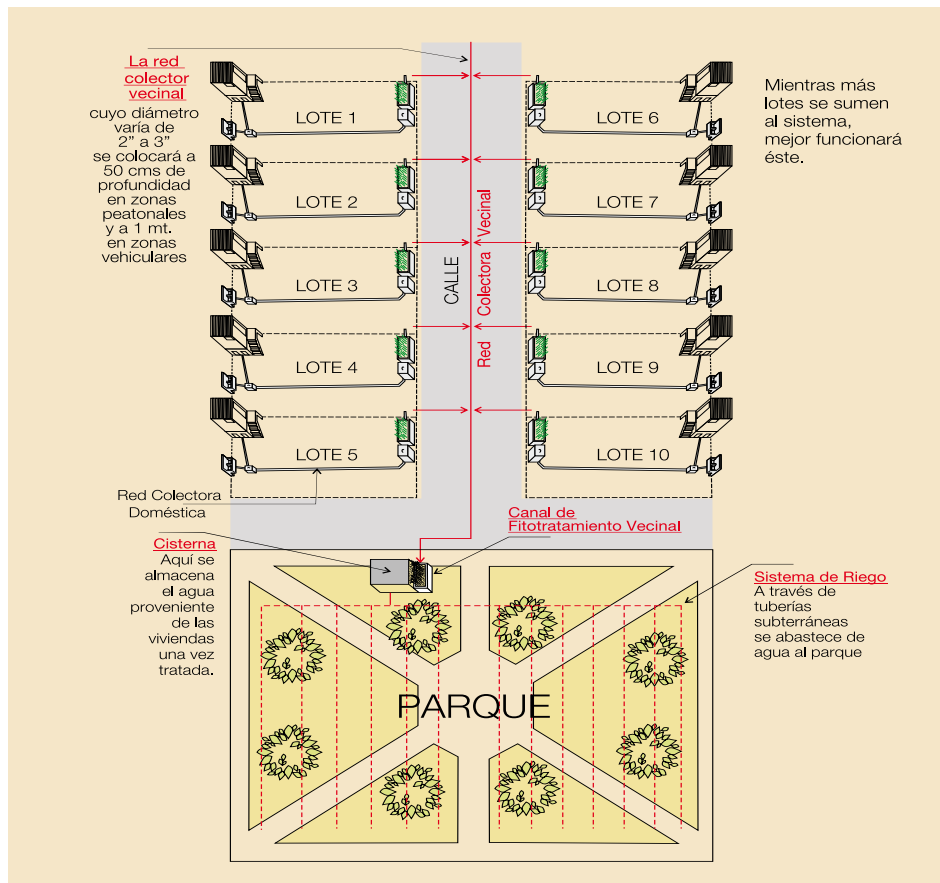


### 2.2.1 Red condominial externa para la recolección de aguas grises

Una segunda red colectora externa recoge las aguas grises tratadas de todos los lotes conectados y las conduce a una

cisterna, desde la cual se alimenta una red subterránea de riego para mantenimiento de áreas verdes. De no existir biofiltros en las viviendas, se puede colocar un solo biofiltro centralizado.

**Fig. 9 Plano de distribución de la red colectora**



El ECODESS busca tratar las aguas grises para su reutilización en riego, contribuyendo con ello a la optimización del recurso hídrico.

El diseño de las redes colectoras de aguas grises considera las especificaciones y cálculos de flujo establecidos por las normas de diseño del alcantarillado condominial aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento <sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Reglamento Nacional de Edificaciones, publicado en El Peruano el día 8 de Junio de 2006.

**a) Evaluación de la calidad del agua en el sistema de tratamiento de aguas grises.**

En el año 2004, un año después de la instalación del sistema de tratamiento en Nievería, \*López (2004) realizó un trabajo de campo para evaluar la calidad del sistema. Se tomaron muestras puntuales del agua cruda en el atrapagrasas y tres muestras a la salida del subsistema, dos en cada punto de vertido del agua al canal de riego. Posteriormente, en el año 2006 se realizó una nueva evaluación a cargo de \*\*Aspira e Ivarez, quienes evaluaron un punto en la descarga de agua hacia el canal. Los valores promedio de los parámetros monitoreados se muestran en el Cuadro N° 8.



**Cuadro N° 2: Valores promedio del monitoreo del agua gris. Sistema de tratamiento Nievería**

Punto de muestreo	N total mg/l	P total mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	Sólidos Totales mg/l	Sólidos suspendidos mg/l	E. Coli NMP/100 ml
Atrapagrasas*	195,4	0,7	125	830	75	-
Descarga en el canal*						
- Punto 1	146,6	0,15	250	850	70	4,6x10 <sup>5</sup>
- Punto 2	30,4	0,12	60	750	26	2x10 <sup>4</sup>
- Punto 3	11,2	0,68	40	730	27	90
Descarga en el canal**	-	11,6	79	-	-	1,6x10 <sup>5</sup>

\* López, 2004

\*\* Aspira e Ivarez, 2006

Fuente: CENCA, WSP, PNUD. 2006

A partir de los resultados mostrados en el Cuadro N° 2, se observa que en términos generales, el sistema está removiendo aproximadamente el 50 % de la carga orgánica, con excepción de la red condominial que descarga al canal en el punto 1, la cual parece estar sufriendo una contaminación cruzada, probablemente por el ingreso de desagües sin tratamiento. Con relación a la calidad microbiológica del efluente, se observa que la calidad no es homogénea, mostrándose mayor contaminación nuevamente en la descarga del punto 1. Sólo la descarga del punto 3 estaría cumpliendo con lo establecido en la Ley General de Aguas para Clase III, que es el uso que actualmente se le da al agua del canal donde descarga el efluente.

#### b) Costos de construcción del sistema de recolección y tratamiento de aguas grises en Nievería

Los costos directos de construcción de la red colectora interna de la red condominial y del sistema de tratamiento de aguas grises han sido estimados para cada vivienda de la siguiente manera: costos de la red colectora interna: US \$30.=; costo del sistema de tratamiento de aguas grises: US \$100.= ; costo del subsistema vecinal: US \$23= .

#### Sugerencias

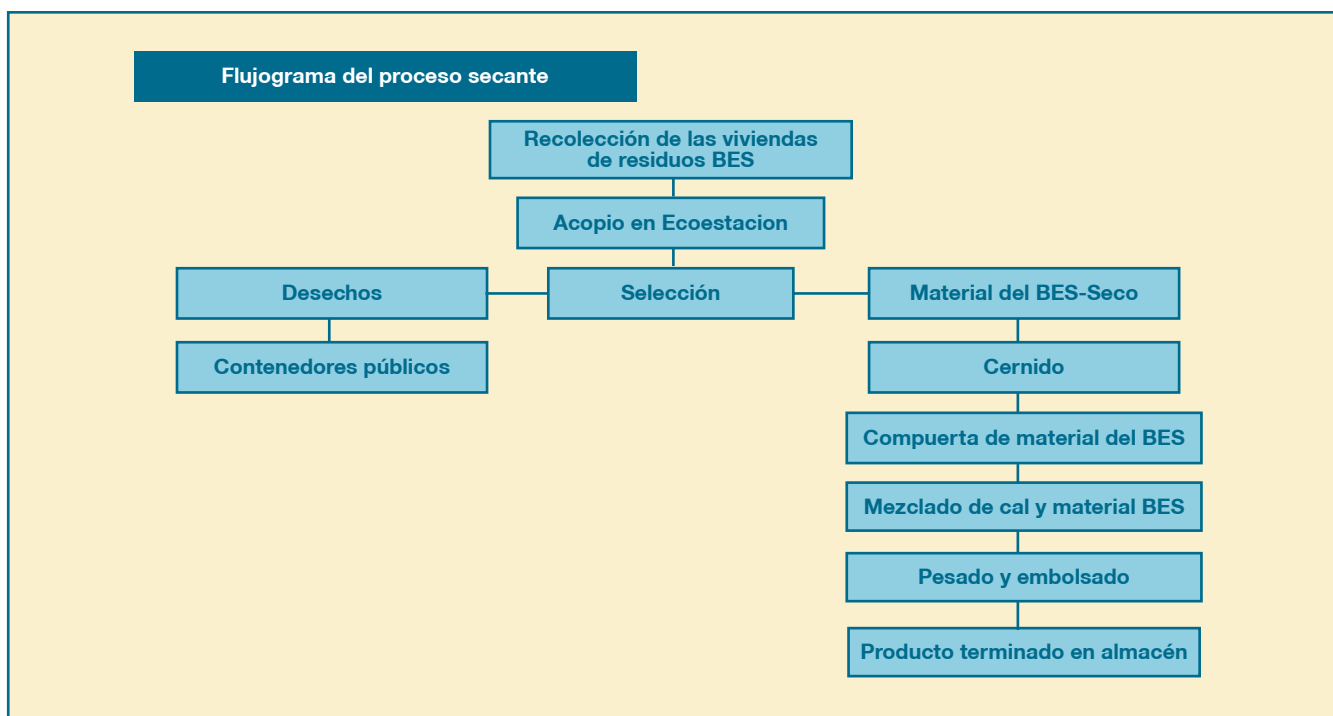
- Las medidas aplicadas en el biofiltro responden a las limitaciones del espacio del terreno en el asentamiento. Se recomienda una superficie no menor a 1m<sup>2</sup> por habitante para hacer más efectiva la remoción de contaminantes.
- Se recomienda que el atrapagrasas esté ubicado en el patio central de la zona de servicio, inmediatamente después de la descarga del lavadero de cocina, ya que ello evitará que la grasa se adhiera a la tubería que se dirige al biofiltro.
- Para hacer más eficiente el proceso, es recomendable instalar un pequeño tanque séptico o una fosa tipo Imhoff antes del biofiltro; para evitar que el lecho de éste se colme rápidamente.

#### 2.2.2 La ecoestación

Una vez realizada la limpieza, recolección y muestreo de residuos, éstos son llevados a uno de los componentes importantes de la gestión del ECODESS denominado ecoestación. En ella se realizará el tratamiento y reutilización de los residuos de los BES y otras actividades, entre las que se encuentran :

- El almacenamiento de los residuos recolectados
- El tratamiento de los residuos (secado y/o reutilización)
- La preparación de material secante

Fig. 10: Flujograma del tratamiento



- El envase del material secante
- La administración
- El depósito de las herramientas para la limpieza de las cámaras, recolección de residuos, tratamiento y proceso de envasado.
- El depósito del material procesado

#### a) Criterios de diseño de la ecoestación:

La ecoestación debe estar ubicada en una zona libre de viviendas, por lo menos en un radio no menor a 50 metros, para evitar la molestia que el polvo o algunos olores pudieran generarse durante el proceso.

El diseño estará definido por las funciones que la empresa de gestión del servicio asuma para el tratamiento del residuo; debido a que si el material secante se ha formado a partir de la mezcla de cal con tierra, no es aplicable su uso para realizar composta, pero si el material secante fuera orgánico (aserrín), su reutilización

es posible para procesos de compostaje adicionando otros materiales orgánicos en porcentajes menores. Lo anterior significa que uno de los aspectos claves en el diseño de la ecoestación, está relacionado con el tipo de material secante que se está usando.

#### b) Tratamiento de la excreta seca tratada en la ecoestación:

- Los residuos sólidos obtenidos de las cámaras deben ser dispuestos en pilas de 50 cms. de altura.
- Los residuos serán molidos y tamizados a través de una malla de 2 mms. para obtener la fracción fina.
- Esta fracción fina puede ser empleada en la preparación de nueva mezcla secante, en reemplazo de tierra fina en la mezcla con cal viva.
- Otro uso de la fracción fina es en la preparación de sustratos para jardinería y para macetas, el residuo puede ser usado en mezcla con tierra de chacra, arena lavada y materia orgánica descompuesta.

- Los residuos sólidos pueden también ser empleados en mezcla con tierra seca, en la labranza de adobes y ladrillos para construcción.

## **b) Medidas de bioseguridad en el proceso de recolección y tratamiento**

### **Medidas para el personal**

- Se recomienda vacunar al personal contra tétano, tifoidea y hepatitis.
- Se recomienda realizar un chequeo médico general que comprenda como mínimo examen de tuberculosis y hemoglobina, para verificar el buen estado de salud.
- El personal que realiza el muestreo y análisis del laboratorio deberá pasar previamente por chequeo médico y la administración de vacunas.
- El personal debe encontrarse en perfecto estado de salud. No debe tener problemas gripales, ni heridas pequeñas en la mano o brazo.

### **Medidas de protección y equipos**

- No se debe iniciar el trabajo sin contar con equipo de protección personal, como guardapolvo, mameluco, guantes, respirador o protector respiratorio y botas de jebe.

Los guantes deberán ser reforzados en la palma y dedos para evitar cortes y punzadas y se colocarán por encima de la manga del guardapolvo .

- Debe sujetarse el cabello para que no se contamine, de preferencia ponerse un gorro.
- El pantalón deberá colocarse dentro de la bota.
- El respirador y los lentes no serán removidos durante el muestreo y análisis.

### **Otras medidas de seguridad.**

- No se debe comer, fumar, ni masticar algún producto durante el trabajo.
- Se debe contar con un botiquín con alcohol u otro desinfectante, algodón, curitas, vendas y jabón germicida.
- En el caso de producirse un corte, rasguño o cualquier accidente durante el trabajo, se debe lavar la herida con agua y jabón, luego desinfectarla y cubrirla y si fuera necesario conducir al accidentado a emergencia del hospital.
- Se debe trabajar con dos bolsas de recolección, debido a que en caso se rompiera la que está recolectando durante el muestreo, se introducirá ésta en la nueva, sin dejar restos en el piso.
- Terminada la rutina de trabajo del día se debe lavar y desinfectar el equipo de protección personal, especialmente los guantes.
- El personal debe bañarse terminada la jornada de trabajo.

## 3. Componente de gestión comunitaria integral del ECODESS

Uno de los principales retos para hacer un saneamiento sostenible en las pequeñas localidades menores de 2,000 habitantes, en las zonas periurbanas y en las rurales es encontrar una modalidad de saneamiento que sea alternativa al sistema convencional de arrastre hidráulico cuya implantación se hace difícil y costosa en zonas de viviendas dispersas y con topografía compleja y suelo inundable. La versatilidad de la tecnología ECOSAN y la implantación de un modelo de gestión como el ECODESS, se constituyen en una alternativa para que las JASS o Covaps puedan gestionar el agua potable y el saneamiento integral y sostenible en estos ámbitos; a partir de la experiencia práctica de la Asociación Agua Nievería, podemos recomendar las siguientes pautas de acción e implementación<sup>10</sup>:

### Autogestión comunitaria del sistema

Una vez concluido el proyecto y de acuerdo a lo establecido con los usuarios, el mantenimiento del sistema ECODESS pasa a ser responsabilidad de la Asociación de Agua Nievería, dicho mantenimiento comprende la realización de tareas, como: la de la recolección de la excreta seca tratada, que se realiza después de que la segunda cámara está llena, lo que significa un promedio de 1.5 años por cámara; el tratamiento de los atrapagrasas, que debe hacerse cada 15 días; la limpieza de los biofiltros cada 6 meses y el mantenimiento y limpieza de las redes externas colectoras cada 6 meses.

En la práctica esta propuesta no ha resultado positiva, ya que si bien algunos usuarios han sabido responder a lo establecido, la mayoría no cumple con estas recomendaciones, por lo que las

---

<sup>10</sup> "Agua Nievería" es una figura de empresa social comunitaria creada para gestionar el agua y saneamiento ecológico de los pobladores miembros de la Asociación de Propietarios del Sistema de Agua Potable, Saneamiento y Gestión del Medio Ambiente de Nievería. Es una persona jurídica de derecho privado sin fines de lucro, que representa a todos los pobladores asociados de la Asociación de Pobladores los Topacios de Nievería, la Asociación de Pobladores de La Huerta de Nievería y la Asociación de Pobladores Los Jardines de Nievería. Además la integran aquellos pobladores que son usuarios del sistema de agua potable y saneamiento que no están asociados en las antes mencionadas.

atrapagrasas y los biofiltros de las viviendas se obstruyen. Es por ello que en una siguiente fase se está procediendo a que la organización comunal asuma la gestión bajo una modalidad de servicio.

### 3.1 Modalidad de gestión empresarial del servicio

A nivel general existe un Comité de gestión comunitario del sistema, encargado de la administración, mantenimiento y control del mismo, quien delega la autoridad al Subcomité de mantenimiento de áreas verdes (en caso hubiere algún parque en el asentamiento). La población asociada a la empresa participa aprobando o rechazando las iniciativas de la junta directiva, la que se realiza a través de una asamblea de asociados. Operativamente la participación social también se expresa en la vigilancia y cuidado permanente del buen funcionamiento del sistema. El sector Salud velará por el impacto en la salubridad de las personas.

La gestión está a cargo de la Asociación de Propietarios del sistema de agua potable, saneamiento y gestión del medio ambiente de Nievería. Esta es una empresa social comunitaria, creada para administrar el sistema de agua y saneamiento ecológico de los pobladores miembros de dicha Asociación, para lo cual han establecido estatutos de las funciones que regulan este rol.

#### ■ Servicio dotación de agua potable, saneamiento ecológico y gestión del medio ambiente

Consiste en la prestación del servicio de agua potable, a través de las redes, a las familias de la comunidad de Nievería, así como el control y mantenimiento de los baños ecológicos instalados en las viviendas de las familias, y la promoción y educación de éstas con la finalidad de mejorar y conservar el medio ambiente de la comunidad.

#### ■ Servicio de agua potable

Consiste en la comercialización del agua potable, a las familias de los asentamientos humanos aledaños a la comunidad de Nievería, a través de conexiones secundarias a las redes de dicha comunidad.

La innovación del sistema de prestación del servicio de agua potable, saneamiento y gestión del medio ambiente de Nievería, no sólo se caracteriza por el uso de tecnologías limpias (baños ecológicos), o la implementación de una red propia de agua potable con recursos propios de la zona geográfica (agua del subsuelo), sino por la innovadora forma de impulsar la autogestión de su desarrollo local, haciendo partícipe a la ciudadanía e instituciones, para la sostenibilidad del sistema y mejora de la calidad de vida, tanto de las familias de Nievería como de los asentamientos humanos aledaños a ella.

### 3.1.1 Finalidad del servicio de agua en Nievería

- a) Velar por la buena calidad ambiental y urbana.
- b) Velar por el buen funcionamiento integral del sistema de agua potable, saneamiento y medio ambiente, en coordinación con los comités de saneamiento ecológico y condominial.
- c) Representar a los asociados ante las entidades sectoriales y/o multisectoriales del gobierno central, así como ante la municipalidad provincial y distrital para promover y gestionar el saneamiento físico y legal del sistema de agua potable, saneamiento y medio ambiente.
- d) Administrar el servicio de agua potable y saneamiento.
- e) Encargarse de la emisión y cobranza de los recibos de los servicios y distribuir los ingresos que correspondan al sistema de agua, saneamiento condominial y al de saneamiento ecológico.
- f) Organizar a sus asociados en trabajos colectivos o comunales que coadyuven al mejoramiento del medio ambiente y a la implementación del suministro del servicio de agua potable y saneamiento en la zona de Nievería.
- g) Fomentar el espíritu de confraternidad, solidaridad y ayuda mutua entre sus miembros y familias para el mantenimiento del sistema y el buen uso del agua potable.
- h) Gestionar y ejecutar la complementación de las obras del sistema de agua y del sistema de saneamiento básico con instalaciones domiciliarias.
- i) Celebrar convenios con entidades públicas y privadas a fin de buscar asesoramiento y apoyo técnico, así como la implementación y repotenciación del sistema de agua potable.
- j) Celebrar contratos de compra-venta, arrendamiento, usufructo y bancarios.
- k) Gestionar proyectos de mejoramiento del sistema ante entidades de cooperación, municipalidades, tanto provincial como distrital, gobierno central, empresas privadas, etc.
- l) Otras mejoras medio-ambientales.

### 3.1.2 Organización del sistema

#### Composición:

- El Presidente del Consejo Directivo
- El Vicepresidente del Consejo Directivo
- Secretaria de Actas.
- Secretaria de Organización
- Secretaria de Economía.
- Secretaria de Fiscalización
- Secretaria del servicio de Agua Potable
- Secretaria de Saneamiento Ecológico
- Secretaria de Medio Ambiente

La Directiva cuenta con un Consejo Consultivo, que convoca a asesores técnicos de ONGs y voluntarios, y es a través de esta instancia que se evalúan las propuestas de los proyectos de desarrollo.

#### Operador de saneamiento

- Operar el mantenimiento del sistema de saneamiento ecológico.
- Reportar resultados de operaciones al administrador.

#### Operador de servicio de agua

- Cumplir con las normas de prestación del servicio y el reglamento de la empresa.

- Realizar el mantenimiento de las redes de agua de Nievería.
- Brindar un servicio de alta calidad a las familias clientes.
- Controlar el mantenimiento del vehículo a operar.
- Mantener en condiciones higiénicas los equipos de servicio y surtidor.

### **Del gestor ambiental**

- Educar, promocionar y desarrollar buenas prácticas en las familias de Nievería y asentamientos humanos aledaños, para la conservación del medio ambiente. Realizar campañas de marketing ambiental en coordinación con la administración.
- Vigilar las prácticas de las empresas que afecten el medio ambiente de la zona.
- Educar a la población en el uso de los baños ecológicos y el procesamiento de los residuos obtenidos.

### **3.1.3 Rol y funciones de la secretaria de saneamiento ecológico**

- Proponer el plan de trabajo y su respectivo presupuesto.
- Velar por el buen funcionamiento del sistema ECODESS (Saneamiento Ecológico) redes externas.
- Coordinar con el Comité, la vigilancia, y ejecutar el monitoreo del sistema al interior de las viviendas cada tres meses, revisando sus componentes (ecoinodoro, atrapagrasas, biofiltro).
- En coordinación con el Comité de saneamiento ecológico, organizar la asistencia técnica especializada cuando se requiera.
- Vigilar el uso correcto de los recursos otorgados para los gastos de mantenimiento del sistema.
- En coordinación con el Comité, conformar una microempresa de suministro de cal + tierra adecuada y limpiar las cámaras de secado.
- En coordinación con el Comité, gestionar la asistencia del responsable del sector salud para monitorear la calidad del sistema de saneamiento ecológico.

## **3.2 Sistema de recolección, tratamiento y reuso de excretas**

Según referencia del Inca Garcilaso de la Vega, en la cita realizada por Antúnez de Mayolo (1984), que a continuación se expone, se conoce que los antiguos peruanos utilizaban excrementos humanos para abonar sus suelos, ... “estercolaban las tierras para fertilizarlas, y es de notar que en todo el valle del Cusco, y así en toda la serranía, echaban al maíz, estiércol de gente, porque dicen que es el mejor. Procuraban hacer con gran cuidado y diligencia y lo tienen enjuto y hecho polvo para cuando haya de sembrar maíz”. Se le denominaba Aka izma (excreta humana).

Los agricultores reconocen que el uso de aguas residuales crudas, mejora la fertilidad de sus tierras debido al aporte de materia orgánica y nutriente que contienen las excretas humanas. Esta práctica es común en los valles de la costa peruana, particularmente en la parte baja de las cuencas y durante los meses de junio a setiembre, época en la cual la mayoría de los ríos están totalmente secos debido a que su caudal depende exclusivamente de las lluvias provenientes de la zona alta de la cordillera occidental de los andes, durante los meses de diciembre a mayo.

En los mercados de la ciudad capital, Lima, se estima que el 30% de las verduras que consume la población son cultivadas utilizando aguas residuales (Matos Mar y R. Matos 1990); esta información no se da a conocer a los consumidores, aunque por precaución acostumbra lavar bien las verduras antes de consumirlas, es a partir de esta falta de información, que los expertos llaman la atención sobre este tema, como el caso de Guerrero (2004) quien señala que:

“Es de particular importancia considerar el tratamiento adecuado de las materias fecales y de los productos derivados de excrementos (lodos residuales, efluentes de tanques sépticos, contenidos de letrinas, excrementos humanos y materias fecales compostificadas”<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Ing. Juan Guerrero Barrantes, Profesor Principal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Fuente: Entrevista 2004.

En este contexto, el principio del Ecosan de sanear y reciclar, nos da la pauta para desarrollar en el ECODESS el concepto del ecosaneamiento productivo, el mismo que busca la reutilización de los residuos saneados, considerando las recomendaciones de la OMS establecidas en sus “guías de gestión de aguas grises excretas y orina” (2007).

### **3.2.1 Manejo de la excreta seca tratada proveniente del baño ecológico seco de la vivienda**

En el aspecto preventivo de la gestión, se deberá ser exhaustivos en los mecanismos de seguridad que eviten el contacto con los residuos. Es así que en el ECODESS se considera de gran importancia: el uso, la limpieza, el mantenimiento, la recolección, el traslado, el almacenamiento y el tratamiento.

Para la limpieza, una vez llenas las cámaras, los usuarios de los BES solicitan a la empresa comunal proveedora del servicio que realice la limpieza y disposición de las excretas secas contenidas en ellas. En el caso de Nievería, existe personal encargado de la recolección, aunque algunos de los pobladores prefieren hacer ellos mismos la limpieza, para ambos casos se recomiendan las siguientes medidas de seguridad :

- Usar guantes, ropa protectora y mascarillas contra el polvo.
- Recolectar la excreta con una lampa y pico de mano, escoba y recogedor.
- Colocarla en contenedores o bolsas impermeables.
- Ubicarla en una zona segura y protegida de la lluvia y humedad, pero se recomienda que reciba el calor del sol.
- Debe tener precaución especial para evitar el derrame de residuos en las proximidades de la vivienda.
- Los residuos son llevados a la ecoestación para su tratamiento final y reciclaje.

Foto 12: Recolección desde las cámaras, de la excreta pre tratada



El modelo de gestión del agua y saneamiento ecológico ECODESS, en la zona periurbana de Lima (localidades de Huachipa y Nievería) requiere de un adecuado tratamiento de las excretas procedentes de los BES. Los métodos para ello dependen de la calidad física, química y sanitaria de dichos residuos. CENCA, en coordinación con la Facultad de Agronomía de la UNALM, realizó la evaluación de algunos parámetros de calidad en las excretas, a fin de plantear el método de tratamiento más adecuado.



## 4. Componente de sensibilización y desarrollo de capacidades e intervención social en el proyecto

Uno de los componentes más importantes que en las últimas décadas ha sido incorporado en la gestión de un proyecto social, es la participación comunitaria en las diferentes fases del proceso de implementación y para cada proceso de funcionamiento, uso y mantenimiento; inclusive, la fase de post ejecución es importante articularla con promotores locales e instituciones competentes como el MINSA y la municipalidad distrital.

Esta es una estrategia clave para lograr a futuro la sostenibilidad del proyecto. En el caso de un proyecto innovador como el ECODESS, es doblemente necesario. Esta exigencia hace que CENCA desarrolle una intervención con una mayor inversión en el componente social, desarrollando una estrategia que tenga como objetivo la apropiación, por parte de la población, de la tecnología del saneamiento ecológico.

Así, en la intervención en Nievería que incluyó a las 83 familias que conforman la agrupación familiar Los Topacios, se construyeron los baños ecológicos en 43 viviendas. Actualmente existen en este asentamiento, más de 60 lotes que tienen baños ecológicos secos, construidos autogestionariamente, lo que determina una apropiación del sistema por los vecinos.

Tal y como se menciona anteriormente, los aspectos sociales que se desarrollan en este tipo de proyectos tienen una importancia clave en la sostenibilidad y nivel de apropiación por parte de la población. Por tanto los gastos que incluyen la promoción social, la sensibilización, la capacitación y la comunicación deben ser considerados y presupuestados. De acuerdo a la experiencia realizada por CENCA, se determina que este gasto se encuentra en el rango de 12 a 15% del costo total del proyecto.

### 4.1 Modalidad de la intervención social realizada

#### *Fase 1.- Diseño, sensibilización y organización para la implementación*

La adopción de un baño ecológico seco requiere de una decisión exclusivamente voluntaria del usuario. Es importante tomar en

cuenta que la aspiración de la población es implementar en su vivienda un baño convencional de arrastre hidráulico, porque esa es su percepción de modernidad y es difícil revertirla. Por lo tanto, en una fase previa al inicio de la intervención y sensibilización es fundamental tomar las siguientes previsiones:

- Evaluar las condiciones de factibilidad para la implementación del servicio convencional de arrastre hidráulico de manera sostenible, es decir, estudiar la viabilidad económica, ambiental y geográfica, lo que permitirá descartar la posibilidad del saneamiento convencional y asumir la propuesta del ECODESS.
- Evaluar si la EPS, tiene planes de inversión en la zona en los próximos años o si existe un proyecto de saneamiento convencional en gestión de parte de la dirigencia del asentamiento, para evitar el riesgo de generar un conflicto interno y debilitar la gestión de sostenibilidad futura del sistema, en caso así fuera.

Para el proceso de sensibilización se recomienda ser lo más transparentes y claros en la explicación del sistema, mostrando sus ventajas y sobre todo sus limitaciones. La decisión de aceptar la opción del ECODESS, debe ser colectiva y a través de una asamblea y con actas de acuerdo. En la fase de sensibilización se recomiendan las siguientes estrategias:

- Partir del reconocimiento de la propia población de la problemática de saneamiento en su comunidad.
- Invitar a los líderes y dirigentes del asentamiento implicado, a conocer experiencias de baños ecológicos en lugares donde están habilitados, para que conozcan el sistema ECODESS en la práctica.
- Dictar charlas y elaborar material didáctico explicando el proyecto y las ventajas de la tecnología a ser aplicada.
- Precisar los compromisos y acciones a los que la población se compromete en la ejecución, mantenimiento y operación del sistema.

En la ejecución del diseño del proyecto se recomienda un trabajo participativo que incluya el diseño integral de la vivienda, en el

cual se defina la ubicación del baño ecológico seco, como parte de la arquitectura; debe considerarse además, la ubicación del atrapagrasas y la del biofiltro domiciliario en caso no se contara con un tratamiento centralizado. En el diseño de los exteriores, se determina el de la red colectora de aguas grises, la ubicación y cálculo del volumen de biofiltro, la ubicación del área verde y su sistema de irrigación. La organización de la población beneficiaria es clave para su participación en la realización de las actividades de la ejecución del proyecto. En la experiencia de Nievería, se conformó un **Comité de gestión del proyecto** con la finalidad de promover la participación de la población en las actividades de capacitación y ejecución de la obra.

### **Fase 2.- Ejecución de la obra y capacitación**

La capacitación estuvo dirigida a tres grupos objetivo: los usuarios, el comité de gestión y los albañiles y/o gasfiteros

- La capacitación a los usuarios se realizó en dos niveles: a) De manera colectiva, a través de talleres de capacitación sobre temas generales de cuidado del medio ambiente, protección y cuidado del agua dulce y agua segura b) A cada familia de manera personalizada sobre el uso y mantenimiento del baño ecológico.
- La capacitación al comité de gestión, se desarrolló en aspectos de administración para el mantenimiento de las instalaciones externas, de tal manera que ellos mismos asumieran, ante la Directiva de la Asociación Nievería, el servicio de la gestión de mantenimiento y operación. Asimismo se realizaron capacitaciones de fortalecimiento organizacional, con el fin de fortalecer los valores de reciprocidad, trabajo en equipo, transparencia y responsabilidad, así como las relaciones adecuadas entre los vecinos y los dirigentes.

En lo referente a la capacitación de maestros albañiles y/o gasfiteros de la zona para el proceso de construcción de los BES en Nievería, se aplicó una estrategia por la que se les impartió conocimiento en la construcción de los baños para que sean ellos los que brinden el mantenimiento futuro y se encarguen de las am-

pliaciones y replicabilidad del sistema. Ello ha permitido que actualmente las nuevas familias del asentamiento contraten a estos maestros para la construcción de sus BES, y ante algún desperfecto, ellos puedan hacer las reparaciones pertinentes.

En general, la metodología de las capacitaciones incluyó la aplicación de conocimientos previos, el fortalecimiento de éstos y las dinámicas participativas que generaban un ambiente adecuado para la captación de las enseñanzas y las habilidades.

### **Fase 3.- Seguimiento, monitoreo y evaluación**

La Asociación Los Topacios, es la primera comunidad de Nievería donde se ejecuta un proyecto de corte ambiental (baños ecológicos). Ello ha permitido convertirla en una ventana que refleje el saneamiento ecológico como una opción más saludable y sostenible para la comunidad. En la actualidad se han ejecutado proyectos similares en las comunidades aledañas. Por lo cual, la Asociación Los Topacios es hoy la comunidad más visitada por otras comunidades y/o público en general, para conocer el funcionamiento de los BES. Las propias familias explican sus ventajas y su funcionamiento.

Las réplicas de este proyecto en la zona, han permitido estar en constante acercamiento con la asociación. Al continuar realizando trabajos en el lugar, ha sido posible visitar con regularidad los BES de Nievería. Este permanente contacto ha contribuido en la solución de algunos problemas que se han presentado en el uso de los BES, reforzando al mismo tiempo las capacidades de los usuarios. Así mismo, al ser una de las experiencias más avanzadas en ECOSAN de Latinoamérica, ha sido motivo de numerosas visitas nacionales y extranjeras.

## **4.2 Percepciones y comentarios de los usuarios:**

A través de los grupos focales realizados con los usuarios se han recogido las siguientes impresiones:

- Los pobladores muestran gran satisfacción sobre el uso y los beneficios que este sistema proporciona. Si bien es cierto, en

un inicio tuvieron alguna dificultad o temor de utilizarlo, con el tiempo se adaptaron satisfactoriamente. Ahora son ellos los que enseñan a sus visitantes y/o familiares, el uso de los baños ecológicos, demostrando que su uso es fácil no sólo para los adultos sino también los niños; argumentan asimismo que ha mejorado la imagen de sus viviendas, por ende la autoestima de cada miembro de la familia.

*“...en mi caso yo tenía que irme a la chacra o un arbusto o salir de noche como la lechuza. Cuando me entregaron el baño ecológico, para mí fue una alegría y verdaderamente ha sido algo inolvidable, que hasta ahora lo sigo disfrutando...” (Juan 54 años)*

- Si bien consideran la importancia de involucrar a las familias en la elección del tipo de modelo de baño ecológico para las viviendas, proponen ir modernizando el baño, en vistas a disminuir la necesidad de participación del ser humano en su mantenimiento.
- Resaltan mucho el valor de las capacitaciones realizadas, sobre todo aquella denominada “**vivienda por vivienda**”, que involucró a todos los miembros de la familia.

*...yo creo que toda capacitación es muy importante, y la tuvimos de personas capacitadas, porque sin ella no hubiéramos dado un buen uso al baño; ya que nadie en esta zona lo había utilizado antes ...” (José 40 años).*

- Se observa un firme y claro respaldo a la alternativa del baño ecológico y lo ven como una oportunidad de mejoramiento de su calidad de vida. A través de un ejemplo que hizo la investigadora, ellos afirman que si se mudaran de vivienda y zona, continuarían con el uso del baño ecológico. La visión que tienen al respecto, es que dentro de diez años, su funcionamiento será satisfactorio, y más moderno.

*“...yo veo mi baño de acá a diez años funcionando en perfectas condiciones, con mejoras en el acabado que es lo más importante y dando mayores comodidades...” (Juan 30 años)*

## 5. Componente productivo y económico del ECODESS

El aspecto económico no solamente se expresa en la administración de una tarifa justa, que permita fundamentalmente, hacer sostenible económicamente el servicio brindado, sino en el concepto del *ecosaneamiento productivo*, entendido como la promoción de inversión local en la implementación del sistema. Ello promueve empleo local y actividades económicas a través de microempresas locales relacionadas con:

- Asistencia técnica en ECOSAN.
- Producción de insumos como el material secante, repuestos y accesorios.
- Recolección de excreta seca tratada y orina desde las viviendas o centros de acopio hasta las plantas de almacenamiento y tratamiento o ecoestación.
- Mantenimiento del sistema domiciliario y vecinal de los baños ecológicos, atrapa grasas y biofiltro.
- Comercialización de productos reciclados, tales como, abono orgánico, fertilizante agrícola producto de la orina, material secante y agua tratada para riego.

### 5.1 La tarifa de servicio de saneamiento ecológico

- **Evidenciar la necesidad de una tarifa** a través de ejemplos prácticos, es decir, evaluando la calidad de los BES de la zona donde no se realiza un mantenimiento adecuado.
- **Participación en talleres para la determinación de los costos y gastos**, los que permiten poder debatir sobre , los precios de las máquinas, equipos e insumos necesarios para su buen funcionamiento, así como las tarifas y el interés moratorio, el cual se compara con una TEM referencial de los bancos o caja municipales y préstamos personales que se realizan en la zona.
- **Acuerdo popular**, a través de la asamblea, es que se establece la tarifa de saneamiento ecológico. Al respecto se ha evidenciado que existen resistencias en los procesos administrativos de la organización, debido a que emprender una gestión sostenida implica un sinceramiento de costos que muchos aún no quieren reconocer. Ello ha significado retrasos en el momento de es-

tructurarse la tarifa, sin embargo, se obtuvo una tarifa adecuada a las necesidades de los usuarios que permitirá su sostenibilidad. Cabe mencionar que aquí se repite lo que sucede en la mayoría de JASS cuando se sinceran los costos. Debido a que existen pobladores que se resisten al pago de la tarifa, es necesario desarrollar una estrategia orientada a la toma de conciencia de éstos en cuanto a la necesidad de pagar por un servicio; en este caso, el del saneamiento alternativo como el ECODESS.

#### 5.1.1 Metodología de cálculo

Nuestra metodología está enfocada en los componentes del sistema, tales como: la ingeniería del proyecto, materiales, equipo, recursos humanos y gastos administrativos. Así como en la capacidad de pago, la actividad económica principal y el comportamiento del usuario.

#### Redes de Agua Grises.-

En el análisis realizado para el componente redes, se considera un operario que se dedicará a realizar la limpieza cada 3 meses. Para ello es necesario contar con una WINCHA, así como con el apoyo de personal externo (operario), que se contrataría para el servicio específico. En cuanto al apoyo administrativo, se requiere contar con material de oficina necesarios para las coordinaciones correspondientes.

**Cuadro 3: Cálculo de costo por mantenimiento de redes**

Redes						1.71
<b>Operarios L</b>	MO	1	85	60	1	0.71
<b>Wincha</b>	GLB	1	85	120	24	0.06
<b>Otros</b>	GLB	1	85	20	1	0.24
<b>G. Administrativos</b>	GLB	1	85	60	1	0.71

Se calcula que el mantenimiento demandará un tiempo aproximado de 40 minutos por cada 40 metros lineales de red instalada. Es decir para culminar el mantenimiento general se requerirán aproximadamente de 14 horas efectivas.

### Atrapagrasas.-

En cuanto al atrapagrasas, la limpieza se realizará cada 15 días. Esta demanda los recursos que se reflejan en el cuadro superior. En cuanto el tiempo que le demanda al personal será de 7 minutos por cada atrapa grasas. Es decir, por día, un aproximado de 76 atrapa grasas con un trabajo efectivo de 8 horas.

**Cuadro 4: Cálculo de costo por mantenimiento de atrapagrasa**

Atrapagrasas						1.76
Sacos	GLB	2	85	0.3	6	0.10
Guantes	GLB	1	85	7	6	0.01
Operario 1/4	GLB	1	85	60	1	0.71
Otros	GLB	1	85	20	1	0.24
G. Administrativos	GLB	1	85	60	1	0.71

### Biofiltro.-

La limpieza se realizará cada 6 meses, para el mantenimiento se considera solo al operario y los gastos de administración. Esto responde al proceso de validación de la tarifa. En una asamblea se acordó que las piedras y plantas las comprarían los pobladores independientemente, es por ello que este componente solo aloja los costos y gastos antes mencionados.

Así mismo el mantenimiento demandará un promedio de 3 horas por vivienda, es decir un promedio de 3 viviendas por día.

**Cuadro 5: Cálculo de costo por mantenimiento de biofiltro**

Biofiltro						1.41
Plantas de fitotratamiento	GLB	20	85	0	6	0.00
Piedra chancada	M3	0.25	85	0	12	0.00
Operario 1/4	MO	1	85	60	1	0.71
G. Administrativos	GLB	1	85	60	1	0.71

### Cámaras secado de excretas.-

Según datos recogidos por los usuarios, el cambio de cámara de secado se realiza cada año. El operario trabajará este componente según la demanda de cada vivienda en la fecha que el usuario indique. El tiempo que le demanda al operario por cada vivienda es de 30 minutos aproximadamente, es decir 16 viviendas al día.

Los recursos indicados en el cuadro son necesarios para la apertura y sellado de la puerta de la cámara, lo cual permitirá retirar las excretas para convertirlas en material secante. Es necesario el uso de guantes y del equipo de bioseguridad para cubrir las exigencias de salubridad en estos casos.

Todos los componentes cuentan con los gastos administrativos y la depreciación de infraestructura.

**Cuadro 6: Cálculo de costo por mantenimiento de cámaras**

Camara de secado de excretas						2.10
Cal	KG	10	85	1	1	0.00
Tierra	KG	40	85	0.1	1	0.00
Mascaras	GLB	2	85	4	1	0.09
Guantes	GLB	1	85	7	6	0.01
Triciclo	GLB	1	85	400	24	0.20
Palas	GLB	1	85	35	12	0.03
Yeso	GLB	1	85	0	12	0.00
Operario 1/4	GLB	1	85	60	1	0.71
Otros	GLB	1	85	30	1	0.35
G. Administrativos	GLB	1	85	60	1	0.71

### Capacidad de pago - promedio de ingreso según su clasificación.

- Peón = S/. 15.00 soles diarios.
- Albañil = S/. 25.00 soles diarios (Eventual).

- Empleado = S/. 20.00 soles diarios.
- Capataz = S/. 30.00 soles diarios.
- Otros = S/. 100.00 soles a más.

### 5.1.2 Facturación

#### Renta Básica.

Se considera como un componente importante dentro de la facturación, debido a que es allí dónde se reflejan los costos del proyecto, conformados por los costos fijos y su depreciación; para el caso presente se consideran los costos de inversión en la cámara compostera, los biofiltros, el atrapagrasa, etc.

#### Servicio de mantenimiento.

El servicio de mantenimiento refleja los costos variables, los cuales están siempre dependiendo de la demanda y los precios del mercado. Comprenden aquellos gastos y costos directos del servicio de mantenimiento, mano de obra e insumos principales para cumplir con las exigencias del servicio.

#### Mora.

Es el incremento de un valor en el que se incluye un interés referencial, debido al retraso del pago de una deuda.

#### Interés moratorio.

Son los devengados que se generan por un pago que no ha sido realizado a tiempo. El tipo de interés moratorio suele aplicarse a efectos comerciales, personales y también lo aplica la Administración Pública cuando el contribuyente se retrasa en el pago de sus obligaciones.

Queremos indicar que a momento de la publicación del presente documento, en Nievería aun no se ha implementado esta tarifa, ya que las resistencias de algunos en la aprobación del alza de las tarifas en asamblea general, hacen imposible un acuerdo, el argumento que se sostiene está relacionado con el mal intencionado prejuicio de que alguien se beneficiará con el aumento y por lo tanto se promueve la idea de que cada familia hará su propio mantenimiento. Es cierto que en un primer momento funciona,

**Cuadro 7: Facturación mensual por vivienda por uso del sistema**

Facturación	
Renta Básica	5.66
Depreciación	0.27
Gastos administrativos (10%)	0.57
Mora 5%	
IGV	
Sub. Total	6.49
Utilidad (10%)	0.45
Total	6.95
Efecto de redondeo	0.05
C.U. ECODESS	7.00

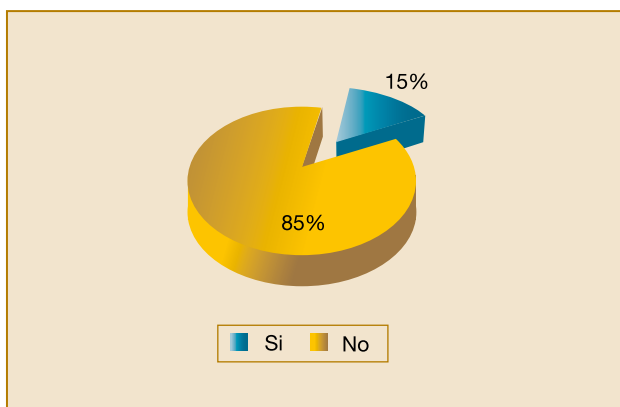
pero al mediano plazo se evidencia poca efectividad y constancia. Es por ello que de parte de la directiva y con el apoyo de CENCA se ha puesto en marcha un proyecto piloto de financiamiento y servicio del mantenimiento ligado a la comercialización de material secante para los BES.

## 5.2 Comercialización del material secante

Este producto nace por una evidente necesidad de las familias que cuentan con baños ecológicos secos, que requieren realizar la combinación de tierra y cal para la evacuación o recubrimiento de las excretas luego de cada uso del servicio. Cada familia demanda un tiempo para la elaboración del compuesto de cal y tierra, porque implica la compra de la cal, conseguir la tierra, cernirla y combinarla. En algunos casos no se logra tal combinación debido a la ausencia del material en la zona, por tanto se elabora un producto acorde a la necesidad del consumidor de Nievería y de los consumidores de los baños ecológicos en el Perú, pero además se uniformiza el tipo de material secante y con ello se garantiza que se tenga un proceso de saneamiento de la excretas adecuado.

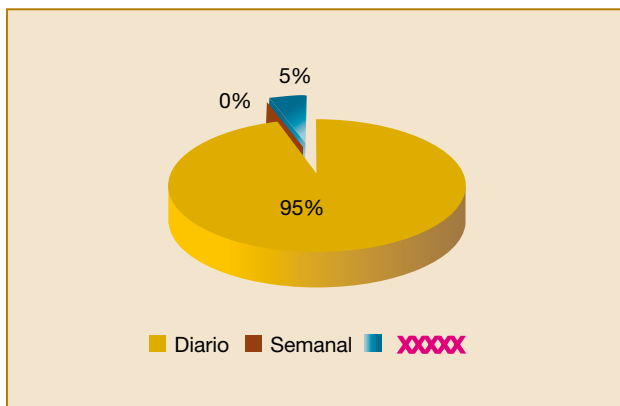
Según una encuesta elaborada y ejecutada por CENCA y los Directivos de Agua Nievería y aplicada a 20 Familias que cuentan con el BES, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Fig. 11: Facilidad para preparar la mezcla: Cal-tierra**



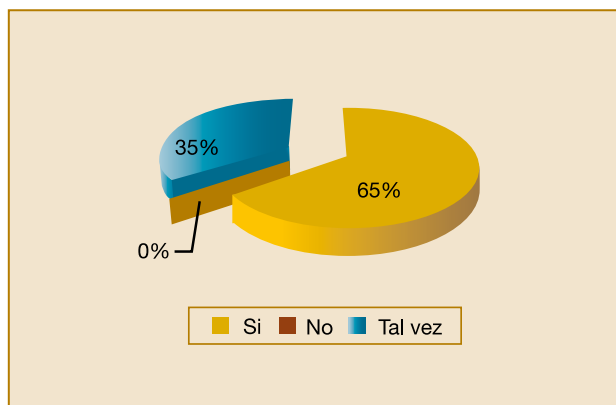
El cuadro nos muestra claramente que existe una gran dificultad para la preparación, porque no hay cal o tierra suficiente, y hay que salir a buscarla, muchas veces a altas horas de la noche así como la falta de tiempo para el cernido.

**Fig 12: ¿Cada cuánto tiempo compra Cal?**



El 95% la compra diario a un valor de 0.50 céntimos por kilo, seguido de un 5% que lo realiza al mes.

**Fig. 13: ¿Si te ofrecen la mezcla de Cal y Tierra, comprarías?**



El cuadro nos muestra que el 65% aceptaría un producto premezclado y la razón es evidente: el tiempo. El 35% contestó “tal vez” debido a que prefiere saber primero cuál sería el precio y cantidad de la premezcla.

Por esta razón se han diseñado dos productos de material secante: el reciclado y el nuevo, para la venta al público .

» Material secante reciclado, es el material que se consigue del recojo de las excretas secas tratadas hasta el producto terminado y puesto en venta. La recolección se realiza artesanalmente, por medio de un operario que cuenta con todos los implementos de seguridad. Los desechos son recogidos en sacos de aproximadamente 50 Kgs. y son llevados hasta la ecoestación, donde pasarán por el proceso de selección en el que, previa evaluación de la antigüedad, se les califica y somete a un proceso de reposo, en caso sea necesario.

» Según las pruebas realizadas en DIGESA, residuos de más de 6 meses en reposo absoluto ya no contienen patógenos ni huevos



viables. Sin embargo se considera un tiempo de reposo adicional de 6 meses, luego el material apto es cernido y puesto al sol de 7 a 10 horas, dependiendo la temperatura y es tendido en camas de hasta 8m<sup>2</sup> de superficie. Se recoge luego el material volteado, por lo que se puede observar si en la parte inferior del tendido existe humedad. A continuación se procede a la mezcla con cal en una relación de 4 a 1 para después ser pesado y empaquetado. El proceso termina con el almacenamiento de los productos y la puesta en venta en las tiendas de la zona.

Foto 14: Preparación del material secante



Foto 15: Material secante en venta



### 5.2.1 Estructura de costos del material secante.

La determinación de los precios se realizó mediante un proceso democrático de evaluación comunal en el cual, el futuro usuario concibió cada costo como necesario en la estructura y aceptó el precio de venta por los beneficios que obtendría.

Cuadro 8: Precio de venta de material secante

Concepto/Presentación	5Kg	10Kg	20Kg
Costos Directos	1.20	2.40	4.81
Utilidades	0.30	0.6	1.20
IGV	0.29	0.57	1.14

Cuadro 9: Estructura de costos material secante BES

Material secante	Precio unitario	Cantidad	Unidad	% Precio	Costos anual
Tierra – baños	0.1	4	KG	0.083236224	1440
Cal	0.5	1	KG	0.416181122	7200
Bolsa de papel	0.2	1	MILLAR	0.166472449	2880
Balanza	0.0174	1	GLB	0.014483103	250.56
Selladora de bolsa	0.007	1	GLB	0.005826536	100.8
Malla sernidora	0.008	1	METROS	0.006658898	115.2
Personal	0.3	1	RH	0.249708673	4320
Agua	0.026	1	M3	0.021641418	374.4
Luz	0.043	1	KWS	0.035791576	619.2
Alquiler de local	0.15	1	MES	0.124854337	2160
Costo unitario x paquete de 5 kg	1.2014				
Costo unitario x paquete de 10 kg	2.4028				
Costo unitario x paquete de 20 kg	4.8056				

Nota: se observa el comportamiento de la depreciación a 12 meses, la cual es beneficiosa para la empresa que encuentra un periodo para recuperar sus activos.

La asociación Agua Nievería ha puesto, a manera de plan piloto, la venta de material reciclado como material secante en paquetes de 10 kgs, pero también se tiene otro producto al que se le ha llamado material secante nuevo.

De igual manera, se ha puesto a prueba un mecanismo de financiamiento del servicio del mantenimiento de los baños, que consiste en aumentar al costo del material secante, un monto por mantenimiento, por el cual se ofrece el servicio de recolección y mantenimiento del baño ecológico seco por la acumulación de 10 compras de material secante de 10kgs. Con ello los costos de los dos productos, es decir, del material secante reciclado y del nuevo por 10 kgs. es como sigue:

**Cuadro 10**

Concepto/Presentación	10Kg Reciclado	10Kg Nuevo
Costos directos	4	5
Utilidades	1	1.25
IGV	0.95	1.1875
Costo total en Nuevos Soles	5.95	7.4375

### 5.3 Costo directo unitario de la de implementación del baño Ecológico seco

El costo directo de la instalación de la infraestructura del saneamiento ecológico en Nievería fue de aproximadamente US \$603.00 por vivienda, cantidad que incluyó además del ecoinodoro, la doble cámara de almacenamiento y secado, el urinario, el lavatorio, el sistema de tratamiento doméstico (atrapagrasa y mini – humedal artificial) las instalaciones de las redes interiores y exteriores; la caseta básica, que es una caseta de ladrillo con ducha, sin tarrajeo ni acabados, de aproximadamente 4m<sup>2</sup>, pero es necesario precisar que en su construcción, la población aportó su mano de obra no calificada.

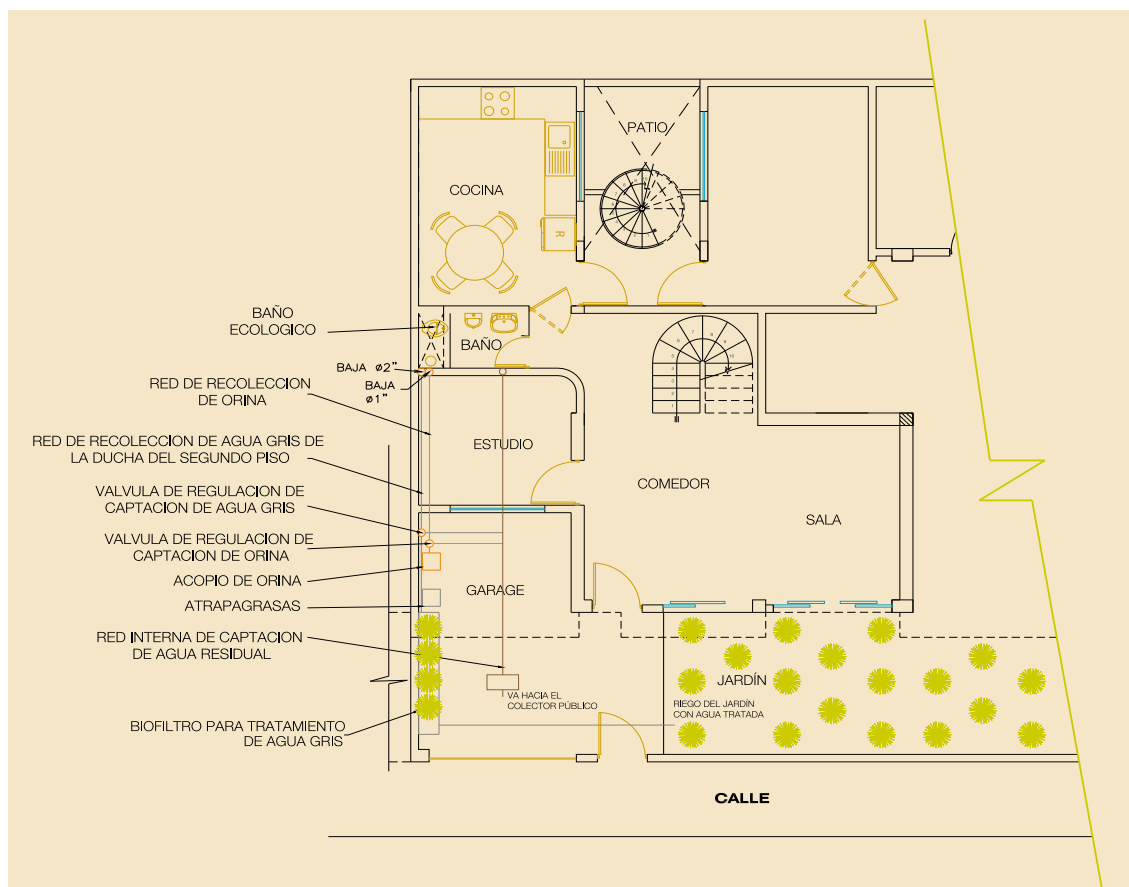
## 6. Lecciones aprendidas y recomendaciones

En el Perú, en los últimos años se están desarrollando intervenciones con enfoque ECOSAN, como alternativas tecnológicas en la solución de problemas que vulneran el medio ambiente y la salud; tales son los casos del déficit de áreas verdes, las laderas desestabilizadas, las zonas inundables, la generación de aguas negras y el vertimiento de éstas a fuentes hídricas. Es importante resaltar las experiencias de ECOSAN, con la finalidad de brindar propuestas de lineamientos de intervención que puedan constituirse también en propuestas válidas para los gobiernos locales tanto en las áreas rurales, las periurbanas como las urbanas. A continuación se detallan algunas de estas propuestas, con el interés de generar discusión, mejor conocimiento y una normatividad que abra camino a su replicabilidad.

### 6.1 Contribución de ECOSAN en la disminución de aguas negras

El diseño integral de la vivienda con enfoque ECOSAN, asume el principio básico del saneamiento ecológico, por tanto su diseño debe considerar instalaciones e infraestructura para trasladar y/o almacenar y/o tratar y/o reutilizar interna o externamente los residuos orgánicos domésticos (aguas grises, orina, y excretas deshidratadas) de manera separada. Los componentes básicos de la vivienda Ecosan son:

Fig. 14: Plano de vivienda



### ■ Para las aguas grises:

- Instalaciones sanitarias internas que recolectan las aguas grises de los lavatorios y duchas de cada uno de los BES de las viviendas.
- Instalaciones sanitarias de recolección del agua gris de la cocina y lavandería.
- Las redes de recolección que reúnen el agua gris de toda la vivienda.
- La infraestructura de separación de las grasas denominada atrapagrasas.
- El biofiltro para el tratamiento y reuso del agua gris en el riego de las áreas verdes de la vivienda, calculado en función del caudal de agua gris producida.
- Una válvula de regulación que permite evacuar al sistema colector externo el agua gris no necesaria.

### ■ Para la orina:

- Una red interna en los BES para captar la orina de los ecoinodoros y el urinario.
- Una red colectora interna que recolecte la orina de todos los BES.
- Un tanque de almacenamiento de orina de material plástico para separar la orina necesaria para el uso interno de la vivienda en el área verde.
- Una válvula de regulación que permita evacuar la orina no requerida a la red colectora externa .

### ■ Para las excretas:

- Un ecoinodoro separador de excretas y orina.
- Una cámara de almacenamiento de las excretas a través de un contenedor .
- Un contenedor de acopio de las excretas con el material secante.
- Un ducto de traslado de las excretas hasta el contenedor para aquellos BES ubicados en pisos superiores.

Para darle mayor comodidad a las mujeres al usar el BES, se ha diseñado el ecoinodoro con mecanismo de cierre al contenedor, convirtiendo a éste en un urinario que no les permite ver los residuos.

## 6.2 Los BES se adaptan a todo ambiente de la vivienda

Al baño ecológico seco de doble cámara aplicado en Nievería ( y que ya se aplica en diversas ciudades del país como, Santillana – Ayacucho; Papayo en la sierra de Piura o en Moyobamba – selva central - entre otros lugares), se puede adicionar el baño ecológico con una sola cámara; su aplicación es recomendable cuando los espacios son reducidos o cuando se usa un contenedor (que es un recipiente móvil donde se confina la excreta) en lugar de una cámara de almacenamiento. La ventaja de este diseño es que reduce el trabajo de recolección porque simplemente se hace el intercambio del contenedor lleno por otro vacío; y además reduce el costo de la tarifa en el servicio. Se recomienda que la capacidad del contenedor no sea menor de 100 litros para que su retiro y cambio no se produzca en menos de tres meses de uso. Este diseño se viene aplicando en la caleta Constante en las playas de Piura, en el AAHH San Francisco en Nievería – Lima, y de manera provisional o de emergencia, en la zona afectada por el sismo en Pisco.

Foto 16:



BES en Santillana-  
Ayacucho, baño  
completo de doble  
cámara con ducha,  
captador de orina  
y biofiltro realizado  
por Salud Sin  
Límites Perú, con el  
asesoramiento de  
CENCA e ITDG  
**Costo estimado**  
US \$630.00

La flexibilidad en el diseño va acompañada de una diversidad de tipos de ecoinodoros, los mismos que serán de criterio del usuario, y que dependerán de su comodidad y costumbre. Así se tienen, sumándose a los de tipo taza y empotrado, el del tipo de nivel del suelo, que es muy usado en China, donde no existe la costumbre de defecar sentado.

Foto 17



### 6.3 El reuso de la excreta como material secante

La forma de preparación de la mezcla secante para ser usada en los ecoinodoros fue variable entre las familias usuarias. Algunas familias utilizaron proporciones iguales de tierra y cal en la mezcla secante, en tanto que otras utilizaron solamente cal viva. La composición de la mezcla secante no afectó el pH, la conductividad eléctrica, la densidad aparente, ni los contenidos de carbono orgánico y nitrógeno total del residuo final luego del proceso de maduración (ver cuadro N° 1), pero la aplicación de cal sin tierra en la mezcla secante incrementó el porcentaje final de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) producido en el residuo, lo cual puede relacionarse con una mayor captura de  $\text{CO}_2$  por la cal, de acuerdo a la reacción dos.

El mayor contenido final de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) podría favorecer la cementación y apelmazamiento del residuo en la cámara. La incorporación de tierra en la mezcla secante, permite mayor liberación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) al aire, lo que reduce el

**Cuadro N° 11: Efecto de la proporción de tierra y cal en la mezcla en los ecoinodoros**

Proporción de tierra y cal (%)	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Densidad aparente ( $\text{Mg/m}^3$ )
0:100	7,26	12,58	1.04
40:60	7,28	13,40	1.13
50:50	7,37	8,93	1.12

Fuente: Propia

peso final del residuo en la cámara, y permite su reutilización en la preparación de nueva mezcla secante. No hay mayores diferencias entre las diversas proporciones de tierra y cal empleadas con respecto a las características del residuo final (ver cuadro N° 2), por lo que la proporción sugerida por CENCA (tres partes de tierra por una de cal viva) se recomienda por ser de menor costo.

**Cuadro N° 12: Efecto de la proporción de tierra y cal en la mezcla secante**

Proporción de tierra y cal (%)	C orgánico (%)	N total (%)	$\text{CaCO}_3$ (%)
0:100	0.8	0.21	21.42
40:60	0.8	0.31	12.86
50:50	0.7	0.21	12.38

Fuente: Propia

#### Análisis físico-químicos

Las muestras obtenidas de las cámaras de residuos, indicaron una densidad que variaba entre 0.98 y 1.27  $\text{mg/m}^3$ . Estos valores son similares a los del suelo y del material secante preparado, lo cual indica un alto grado de descomposición de la excreta.

La aplicación de cal viva en la mezcla secante dió como resultado, un marcado incremento del pH en el residuo, con valores superiores a nueve, el cual pudo ser apreciado hasta tres meses después de finalizada la acumulación de excretas (ver cuadro N° 3). En las siguientes etapas de muestreo, pudo apreciarse una disminución del pH del material, estabilizándose en valores de siete a ocho, los que se mantuvieron dentro de dicho rango durante el resto del periodo de maduración. La disminución pH puede estar relacionada con la reacción de captura de CO<sub>2</sub> por la cal de la mezcla secante, situación que ocurriría durante y después del llenado de la cámara de los ecoinodoros. El tiempo de maduración del residuo afectó asimismo a la conductividad eléctrica del material, ya que durante los primeros tres meses de maduración se observó que ésta fue baja, sin embargo, se incrementó en el siguiente muestreo manteniéndose en valores cercanos a 10 ds/m durante el resto del periodo de maduración. Dicho incremento se puede asociar a un mayor grado de mineralización del residuo orgánico, lo que indicaría que la descomposición ocurrió durante el proceso de maduración.

Foto 18: Recolección de muestras



**Cuadro N° 13: Efecto del tiempo de maduración sobre las propiedades físicas y químicas**

Grado de maduración	Tiempo de maduración (meses)	Densidad aparente (Mg/m <sup>3</sup> )	pH <sub>(1:1)</sub>	Conductividad eléctrica (dS/m)
<b>Fresco</b>	3	1.27	9.26	2.85
	6	0.98	7.15	10.58
<b>Intermedio</b>	9	1.24	7.27	10.05
	12	1.08	7.17	10.76
<b>Maduro</b>	15	1.15	7.63	10.61
	18	1.03	7.39	8.91

Fuente: Análisis realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Molina

El tiempo de maduración tampoco mostró efectos en el contenido final de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) ya que el residuo final arrojó valores en peso que variaron de 10.0 a 12.4% a partir de los tres meses de maduración; lo que parece indicar que la captura del CO<sub>2</sub> desprendido por la oxidación de la materia orgánica ocurre principalmente durante los primeros meses del proceso. A partir de los seis meses de maduración, la excreta continúa mineralizándose, pero es posible que el CO<sub>2</sub> producido sea liberado fuera de la cámara en forma gaseosa.

El contenido de carbono orgánico en el residuo de los ecoinodoros arrojó valores muy bajos, los cuales variaron entre 0.4 a 0.7% (ver cuadro N° 4). Estos valores apuntan una vez más a una alta tasa de mineralización del carbono procedente de la excreta dentro de la cámara. La mayor parte del carbono capturado permanece en forma de carbonato. El carbono orgánico no fue afectado por el tiempo de maduración dentro de la cámara, indicando que la mineralización ocurre desde el inicio del proceso de maduración.



El contenido de nitrógeno total en el residuo es asimismo bajo, debido a que arroja valores entre 0.15 a 0.28% (ver cuadro N° 4). No se observó influencia del tiempo de maduración de la excreta en el contenido de nitrógeno total del residuo. Los valores bajos también indican una alta mineralización del nitrógeno de la excreta, sin embargo la relación C/N en el residuo (2.5:1 a 3:1) parece indicar que a diferencia del carbono, la mayor parte del nitrógeno mineralizado permanece en el residuo, posiblemente en forma de nitrato (NO<sub>3</sub>).

**Cuadro N° 14: Efecto del tiempo de maduración sobre las propiedades físicas y químicas de las excretas secas pretratadas**

Grado de maduración	Tiempo de maduración (meses)	CaCO <sub>3</sub> (%)	C orgánico (%)	N total (%)
<b>Fresco</b>	3	10.0	0.6	0.23
	6	11.9	0.7	0.28
<b>Intermedio</b>	9	11.4	0.7	0.16
	12	11.0	0.4	0.15
<b>Maduro</b>	15	10.5	0.6	0.21
	18	12.4	0.5	0.17

Fuente: Propia

#### ■ Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico de las muestras de residuos arrojó valores muy bajos para las poblaciones de bacterias coliformes totales y termotolerantes, así como para *Escherichia coli* y *Salmonella*. Los valores hallados estuvieron por debajo del límite de detección para el método del número más probable (NMP) para todos los períodos de maduración muestreados desde los tres meses hasta los doce. (ver en anexo 9.1)

**Cuadro N° 15: Efecto del tiempo de maduración sobre las poblaciones de bacterias patógenas y parásitos en las excretas secas pretratadas**

Grado de maduración	Tiempo de maduración (Meses)	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes	Escherichia coli
		(NMP/100 g)		
<b>Fresco</b>	3	< 1.8	< 1.8	< 1.8
	6	4.5	< 1.8	< 1.8
<b>Intermedio</b>	9	< 1.8	< 1.8	< 1.8
	12	< 1.8	< 1.8	< 1.8

Fuente: Análisis realizado en el laboratorio de DIGESA

Estos resultados parecen indicar que la rápida mineralización de la excreta está asociada a la desaparición de bacterias coliformes y organismos patógenos, por lo cual el saneamiento de los residuos dentro de las cámaras de los ecoinodoros puede lograrse al cabo de tres meses de maduración.

No se detectaron poblaciones de protozoos ni de helmintos intestinales en las muestras de residuos de ecoinodoros en ningún momento de maduración del residuo (ver cuadro N° 4). Lo cual indica que los adultos, huevos y quistes no son viables luego de tres meses de maduración del residuo, lo que confirmaría el efecto deshidratante de la aplicación de cal viva en la mezcla secante, que puede causar la muerte de los parásitos dentro de la cámara. El hallazgo es de suma importancia, considerando que en estudios anteriores realizados por la Universidad de Emory en "letrinas composteras" en El Salvador<sup>12</sup> los resultados son diferentes.

<sup>12</sup> Lineamientos para el Uso Seguro de la Orina y de las Heces en Sistemas de Saneamiento Ecológico, Caroline Schönning y Thor Axel Stenström, Instituto Sueco de Control de Enfermedades Infecciosas (SMI) (2007)



**Cuadro N° 16: Efecto del tiempo de maduración sobre las poblaciones de bacterias patógenas y parásitos en las excretas secas pretratadas de ecoinodros**

Grado de maduración	Tiempo de maduración (meses)	Salmonella	Protozoos	Helmintos
		(org/100 g)		
<b>Fresco</b>	3	Ausentes	0	0
	6	Ausentes	0	0
<b>Intermedio</b>	9	Ausentes	0	0
	12	Ausentes	0	0

Estos resultados parecen indicar que el sistema de disposición de las excretas mediante el sanitario ecológico seco, provee una alternativa eficaz para la eliminación de las potencialmente contaminantes, produciendo un residuo inerte, de bajo contenido orgánico, biológicamente estable y sin presencia de bacterias patógenas, de helmintos, ni de otros parásitos intestinales.

Foto 19: Estratos del material saneado en la cámara



Algunas características de los resultados

- El residuo obtenido de los ecoinodros presentó propiedades semejantes a las de la tierra o a las de un sustrato inerte, presentando un contenido elevado de carbonato de calcio ( $C_aCO_3$ ) originado por la captura del  $CO_2$  producto de la descomposición de las excretas.
- No hubo efecto del tiempo de maduración en las propiedades físico-químicas del residuo, excepto para el caso del pH, el cual fue muy elevado en los primeros tres meses de maduración.
- Los contenidos de carbono orgánico y nitrógeno total fueron muy bajos en los residuos de ecoinodros, evidenciando una alta mineralización del carbono proveniente de las excretas. Sin embargo, la relación C/N, parece indicar que, mientras una fracción importante del carbono es liberada en forma de  $CO_2$  fuera de la cámara, la mayor parte del nitrógeno permanece dentro de ella, posiblemente mineralizado en forma nítrica.
- Las poblaciones de organismos patógenos: (bacterias coliformes totales y termotolerantes, bacterias entéricas, protozoos y helmintos parásitos) alcanzaron valores no detectables desde los tres meses de maduración del residuo, lo cual indicaría que la mezcla secante es efectiva en el saneamiento de la excreta.
- La combinación de tierra seca y cal viva en la mezcla secante en proporción 3:1 parece ser la mezcla más recomendable para evitar la formación de exceso de carbonato de calcio y el apelmazamiento del residuo.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, un período de maduración de tres meses parece ser suficiente para alcanzar el objetivo de descomposición de las excretas y saneamiento del residuo de los ecoinodros, un período de seis meses es sin embargo recomendado, para la total neutralización de la cal en el residuo y la reducción del pH a niveles adecuados para su reciclaje.
- Las características físicas, químicas y microbiológicas del residuo procedente de los ecoinodros, lo hacen poco adecuado para una estrategia de reciclaje a través de un proceso de compostaje. El residuo siendo inocuo e inerte, sin embargo, puede ser usado como material secante, —previamente molido y tamizado—, en la combinación con cal viva.

## 6.4 Uso potencial de la orina procedente de los ecoinodoros en el sistema ECODESS

La orina es un desecho del metabolismo de la mayoría de animales. Parte de los nutrientes consumidos durante la alimentación son eliminados a través de ella. La orina humana fresca es una fuente rica en nitrógeno, fósforo y potasio. La forma principal de nitrógeno en la orina es la urea, que representa más de la mitad de los sólidos disueltos en la misma. Estos contenidos convierten a la orina en una alternativa interesante para proveer nutrientes a las plantas, a través de su aplicación al suelo o al agua de riego.

Foto 20: Recolección de orina en una vivienda de Nievería

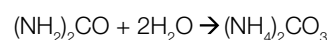


### ■ Reacciones bioquímicas de la orina

En el sistema ECODESS, la orina es separada de las excretas sólidas y almacenadas en tanques o recipientes. La orina fresca suele presentar una reacción ligeramente ácida y una elevada conductividad eléctrica, debido a su elevado contenido de cloruro de sodio, el que puede alcanzar niveles de 10.0 g/L (ver cuadro N° 17). En esta etapa, la orina presenta su máximo contenido de nitrógeno y su olor es apenas perceptible.

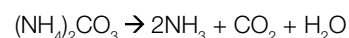
Para su aplicación en la agricultura, se recomienda usar la orina fresca, aprovechando de esta manera su contenido de nitrógeno. Algunos autores, sin embargo, recomiendan la fermentación de

la orina para elevar el pH y eliminar posibles agentes patógenos. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias heterótrofas favorecen la hidrólisis de la urea que sufre por la acción de la ureasa, enzima que desdobra la molécula de urea en dióxido de carbono y amoníaco, los cuales pueden formar carbonato de amonio de acuerdo a la reacción química siguiente:



La formación de carbonato de amonio  $[(NH_4)_2CO_3]$  incrementa el pH de la orina, en tanto que los iones amonio y nitrato producidos, incrementan la conductividad eléctrica, tal como se aprecia en el cuadro N° 17.

El incremento del pH puede, sin embargo, incrementar la formación de amoníaco en la orina. El carbonato de amonio formado es una sal inestable y puede descomponerse aeróbicamente en la orina, en sus gases componentes según la reacción:



La volatilización del amoníaco gaseoso (NH<sub>3</sub>) origina la pérdida de nitrógeno y causa el fuerte olor que se percibe en la orina fermentada. Una parte significativa del nitrógeno (y por ende, del valor fertilizante de la orina) se pierde durante la fermentación (ver cuadro N° 17).

**Cuadro N° 17: Características físico-químicas de la orina humana fresca y fermentada (dos meses)**

Característica	Unidad	Orina fresca	Orina fermentada
pH	---	6.50 – 6.90	9.2 – 9.34
Conductividad eléctrica	dS/m	17.0 – 20.0	23.9 – 29.6
Nitrógeno total	g/L	10.0 – 12.0	5.5 – 5.6
Fósforo total	"	1.0 – 1.2	0.25 – 1.0
Potasio total	"	n.d.	0.93 – 1.5
Sodio total	"	3.9 – 4.0	n.d.
Urea	"	24.0	n.d.
Amonio	"	0.7	n.d.

Fuente: CENCA - UNALM

Para evitar la pérdida de amoníaco por volatilización, es conveniente realizar la fermentación de la orina en tanques herméticos que contengan aire, pero que no sean directamente ventilados.

Foto 21: Almacenamiento de la orina en la ecoestación



#### ■ Aplicación de la orina

La orina puede ser aplicada directamente a los cultivos, sobre la superficie del suelo o diluida en el agua de riego. Dado que la conductividad eléctrica de la orina es elevada, en el primer caso se recomiendan dosis menores. La aplicación de orina diluida en agua en proporciones de 1:1 y hasta 1:5, es recomendada cuando se trabaje con especies sensibles.

Las cantidades necesarias van a depender de la demanda de nitrógeno de los cultivos, la cual puede variar ampliamente. El uso de orina (fresca o fermentada) puede reemplazar el aporte de nitrógeno por fertilizantes, los cuales han incrementado su costo significativamente desde el año anterior.

Dado que el nitrógeno es el elemento más aportado por la orina, los aportes parciales de fósforo ( $P_2O_5$ ) y potasio ( $K_2O$ ) para los cultivos son expresados como porcentaje del total requerido

Foto 22: Técnico de CENCA, haciendo pruebas de aplicación de orina en el laboratorio de la UNALM



(cuadro N° 17). La aplicación de orina puede cubrir entre 7 y 45% de las necesidades de fósforo y entre 6 y 40% de la demanda de potasio de los cultivos, lo cual implica la ventaja adicional de reducir la necesidad de fertilizantes químicos en los cultivos. Haciendo una comparación de los costos de inversión de úrea en una hectárea de cultivo y su equivalente en nutrientes derivados de la orina, esta última reduce, en aproximadamente 40%, el costo en la producción del cultivo, sin considerar el impacto ambiental y el beneficio de la aplicación de un fertilizante orgánico en el suelo; el reto está en la manera de sensibilizar a los agricultores para que empiecen a utilizarlo. En perspectiva es muy probable que la demanda por productos agro ecológicos, la escasez del Fósforo y el aumento del costo de la úrea incida en una pronta decisión.

### 6.5 La reutilización de las aguas grises en riego urbano

Si se reusaran las aguas de los lavaderos y las duchas, podemos obtener un promedio de 50lts./persona/día, lo que significa la producción de 250 litros/día en una familia de cinco integrantes. Si recolectamos agua gris de un condominio de 60 familias podemos obtener agua suficiente para regar una Ha. Este indicador nos muestra la enorme ventaja de hacer un tratamiento descentraliza-

do de agua gris para solucionar el déficit de áreas verdes en Lima y evitar seguir intentando hacer el tratamiento “*al final del tubo*”.

En este sentido, partiendo del concepto ECOSAN, haciendo uso de sistemas separativos para la recolección de aguas residuales, se recomienda la aplicación de dos plantas de tratamiento para aguas grises, utilizando humedales artificiales. de tal manera que la primera planta, descentralizada a nivel domiciliario, es para tratar las aguas de una vivienda y su posterior reuso o vertimiento, este caso se ha descrito en la experiencia de Nievería y la segunda, centralizada a nivel de comunidad, para el riego de las áreas verdes de un parque público. Un caso práctico es la experiencia de Oasis de Villa, en Villa el Salvador- Lima desarrollado por la ONG ECOCIUDAD. Una de las principales lecciones aprendidas en este tipo de sistemas es el poder organizar un buen sistema de gestión y mantenimiento que puede ser público o comunal.

#### ■ **Planta de Tratamiento Centralizada**

La propuesta considera captar las aguas grises comunales de 60 viviendas, mediante un sistema de alcantarillado condominial. Las aguas serán conducidas hacia una planta de tratamiento por humedales o biofiltro, instalada en el parque público. El sistema deberá contar con las siguientes unidades:

- Cámaras atrapagrasas domiciliarias (en cada vivienda antes de colectarse a la red de alcantarillado condominial).
- Un tanque sedimentador antes del ingreso del agua al biofiltro.
- Un humedal subsuperficial de flujo horizontal.
- Una cisterna para almacenar el agua tratada.
- Un sistema de desinfección con cloro en la cisterna para garantizar la calidad del agua para riego.

El volumen a tratar corresponde al requerimiento de caudal para regar un parque de área estimada de 1 Ha..Considerando una lámina de agua de 4 mm. y la aplicación de un riego semanal, se requiere un volumen de 40 m<sup>3</sup> por semana, el cual podría almacenarse en una cisterna de 15 m<sup>3</sup>, aplicándose el riego por sectores en diferentes turnos.

Se estima un aporte de 50 litros de aguas grises por persona al día:

- Para una familia compuesta por 5 miembros se obtendrá 250 l/día
- Para las 60 viviendas se obtendrá 15,000 l/día.

#### ■ **Datos del biofiltro**

*Caudal promedio de aguas grises:* 0,17 l/s

*Coefficiente horario:* 1,8

*Caudal de tratamiento:* 0,31 l/s

*DBO<sub>5</sub> de ingreso:* 250 mg/l \*

*Material de lecho:* arena gravosa

*K<sub>s</sub> del material granular:* 800 m/día

*Porosidad del material granular:* 35%

\* Valores promedio en evaluación realizada en el Proyecto de Ecociudad.

En el caso de San Juan de Lurigancho, uno de los distritos mas populosos y contaminados atmosféricamente por los gases de los autos, las fábricas y el polvo, con una población de aproximadamente 800,000 habitantes y un promedio de 1.2m<sup>2</sup>/hab, se requiere un aproximado de 600 Has. para cumplir el estándar de 8m<sup>2</sup> de áreas verdes/hab; Si bien no se cuenta con la disposición de esa cantidad de áreas verdes, sí podemos forestar y estabilizar las laderas, así como regar los parques con las aguas grises recolectadas de 180,000 habitantes –es decir, menos de la tercera parte de la población–. Ver esquemas.

#### ■ **En las escuelas**

Asimismo tenemos el ejemplo de la experiencia realizada por CENCA, en el colegio 1267- “La Campiña” Cajamarquilla – Lima, donde se reusan las aguas grises, producto del lavado de cara y manos de los niños y niñas, estas aguas son tratadas con un sistema de atrapagrasas y biofiltro y se usan en el riego de árboles ornamentales. La mayoría de colegios estatales en las zonas populares tienen áreas de expansión eriazas, y el agua de los baños es evacuada a la red colectora de alcantarillado. La experiencia realizada por CENCA, recupera 500 litros por día de los lavaderos con los que se riegan no menos de 20 árboles.

Foto 23: Reuso de agua gris en arborización del colegio No. 1267, Cajamarquilla



Para la promoción de este tipo de experiencias, es importante avanzar con la formulación de normas. Al respecto existe el antecedente de Taller sobre biofiltros, realizado en agosto del año 2007 en la Universidad Nacional Agraria de la Molina, el que se desarrolló con el objetivo de intercambiar las diferentes experiencias realizadas en el país y promover un proceso que genere una norma sobre su implementación como política nacional de tratamiento de aguas residuales. Esta norma debería incluirse en el Reglamento Nacional de Edificaciones aprobado por el MVCS.

## 6.6 El ecosaneamiento productivo y la venta de material secante

El baño ecológico es un componente del ECODESS, denominado por muchos como el **“Sistema de saneamiento del futuro”** el cual, además de reducir el consumo de agua, permite al usuario, a través de una gestión comunitaria, la generación de recursos.

Un concepto que venimos promoviendo en este sentido, es el “ecosaneamiento productivo” que implica convertir a los residuos del saneamiento en un insumo, que una vez saneado pueda convertirse en un producto de consumo. De tal manera que se pueda promover, que el agua gris se pueda reusar en el riego

urbano, la orina pueda convertirse en fertilizante y las excretas saneadas en compost o material secante. Este último caso, es el que la empresa Agua Nievería ha asumido como reto, para lo cual ha preparado un plan de comercialización donde el objetivo es generar ingresos a través de la comercialización del material secante procedente del BES.

## 6.7 Incorporación de los criterios de ECOSAN en el reglamento nacional de edificación

Los criterios a ser propuestos se basan en sistemas focalizados en cubrir las necesidades ambientales y sociales y mejorar la calidad de vida del país con una perspectiva de largo plazo, situación que, como se propone en este caso, sería reduciendo las aguas negras. Esta propuesta propone la implementación de proyectos innovadores y sostenibles que den respuesta a los problemas inminentes de la crisis del agua dulce, por tanto, se necesita un reglamento que asuma que la gestión integral del agua, no sólo debe llegar hasta el tratamiento del agua residual, sino que también viabilice las tecnologías que permitan el reuso de éstas, con diseños de instalaciones sanitarias apropiados -desde la vivienda-, para su segregación.

## 6.8 Análisis del costo beneficio del baño ecológico seco

El análisis económico comparativo del BES y la letrina seca se realiza en un contexto nacional que prioriza los sistemas convencionales de tratamiento y disposición final de las aguas residuales en desmedro de otros sistemas de menor costo y que se adecuan a la realidad peruana, pues existen más de 700 localidades comprendidas dentro del rango poblacional de 2.001 a 30.000 habitantes, y se estima, residen cerca de 4 millones de personas. Las soluciones no convencionales que requieren de una inversión de capital fijo mucho menor a los sistemas convencionales proponen soluciones factibles, como es el caso del Baño Ecológico Seco realizada en Nievería y las letrinas secas con el diseño que aplica FONCODES en sus proyectos.



En Nievería, que es el lugar donde funciona el baño ecológico seco, se instalaron 40 unidades y la evaluación se realizó en un periodo de 10 años, para tal efecto, se tomaron en cuenta dos escenarios, el primero de ellos consideró todos los costos, es decir, la preinversión, la inversión y la operación y el segundo consideró sólo los costos de operación, para ello se utilizaron dos categorías financieras el Valor Actual Neto (VAN) y el Índice Costo Efectividad (CE), de este análisis podemos concluir lo siguiente:

- La inversión total considera los costos de preinversión, inversión y la operación. La inversión total realizada en el baño ecológico seco es mayor que la realizada en la letrina seca; S/. 204,806.70 en la primera frente a S/. 119,268.90 en la segunda. En el caso de la letrina seca la inversión considera reposiciones de caseta, debido al cambio de lugar de la letrina.
- Los costos de operación del baño ecológico seco, en 10 años de operación ascienden a la suma de S/.100,924.40 y los costos de operación de la letrina seca ascienden a S/. 114,000.00
- El VAN de la preinversión, inversión y operación de ambos sistemas, da como resultado un VAN que asciende a S/.205,724.19 para el caso del baño ecológico seco y de S/. 81,032.53 para la letrina seca.
- El índice del costo efectividad de la inversión total del Sistema ECOSAN da como resultado un costo por persona de S/.1,028.62 y el de la letrina seca, de S/..405.16, cantidad menor a la del baño ecológico seco.
- En el caso de que sólo se considerara el VAN de la operación en ambos sistemas, da como resultado un VAN de operación que asciende a S/.917.49 para el caso del baño ecológico seco y de S/.1,036.36 para la letrina seca.
- El índice costo efectividad del costo de operación del baño ecológico seco nos da un costo por persona de S/.4.59 y el la letrina seca de S/.5.18 por persona.
- Un aspecto que se debe tomar en cuenta es que la inversión total tiende a disminuir, en ambos casos, cuando es mayor el número de unidades familiares que se utilizarán, debido a la reducción de los costos de la preinversión, con la consiguiente disminución del índice costo efectividad de la inversión total.

Otros beneficios del baño ecológico seco son: la reducción de gastos en salud, la reducción de la contaminación ambiental, la incorporación de hábitos saludables en los pobladores, los costos que se evitan en la remediación ambiental y la participación de la comunidad en la gestión de los flujos de residuos de las aguas grises.

## 7. Bibliografía

- Calizaya, Juan Carlos & Valdeavellano, Rocío, "Propuesta innovadora y sostenible de evacuación, tratamiento y reuso de residuos sólidos y líquidos domésticos", APGEP-SENREM, CENCA, Lima, Marzo del 2002.
- Calizaya, Juan Carlos & Gauss, Martin "Saneamiento Ecológico: lecciones aprendidas en zonas periurbanas de Lima". CENCA, WSP, PNUD. Lima. Perú. 2006.
- Conclusiones del Evento "Humedales Artificiales -documentación de experiencias existentes en el Perú. Informe final no publicado para la Organización Panamericana de la Salud, representación en Lima, Perú 2007.
- Galindo Víctor, Ruiz María. "Evaluación, diagnóstico y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial en el AH Oasis. Villa El Salvador. Tesis para optar el título de Ingeniero Sanitario. Universidad Nacional de Ingeniería. 2007.
- Gulyas Holger. "Greywater reuse: concepts, benefits, risks and treatment technologies". En Conferencia Internacional de Saneamiento Sustentable. Ecosan Fortaleza. 2007.
- Jenssen Petter. "Greywater treatment and reuse". Norwegian University of Life Sciences (UMB). Ecological Sanitation Symposium, Damascus - Syria, December 12. 2005.
- López Laura. "Evaluación del sistema Ecosan aplicado en zonas periurbanas de la ciudad de Lima". Tesis de Maestría. Holanda. 2004.
- Miglio Toledo Rosa. - "Sistemas de tratamiento de aguas residuales con el uso de plantas acuáticas". Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae. Especialidad de Ingeniería Agrícola. Escuela de Post Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2003.
- Oswald P, Hoffman H. "Results of an evaluation of ecological sanitation projects in the peri-urban settlements of Lima/Peru". En Conferencia Internacional de Saneamiento Sustentable. Ecosan Fortaleza. 2007.
- Pansonato N, Farias A, Da Silva A, Azevedo C, Loureiro P. "Caracterização de agua cinza em uma residencia de baixa renda em Campo Grande, MS, Brasil". En Conferencia Internacional de Saneamiento Sustentable. Ecosan Fortaleza. 2007.
- Platzer Christoph. ECOSAN en Brasil y Perú. Experiencias y puntos de vista de una compañía. Exposición en En International Conference on Sustainable Sanitation. Fortaleza. Brasil. 2007.
- Plan Nacional de Saneamiento 2006-20015. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Shapira G, Ivarez S. "Evaluación de dos proyectos implementados en una zona periurbana de Lima. El caso de Nievería, Versión preliminar. Universidad Politecnica de Zurich.
- Sergio Rolim Mendonca. Sistemas de Lagunas de Estabilización. Mc Graw Hill. Colombia. 2000.
- Water and Sanitation Program (WSP), Cooperación Austriaca para el Desarrollo, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Proyecto ASTEC UNI-RUPAC de Nicaragua. "Biofiltro: una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades". 2007.
- Winblad U, Esrey S, Gough J, Rapaport D, Sawyer R, Simpson-Hebert M, Vargas J. "Saneamiento Ecológico". Fundacion Friedrich Ebert, SIDA. 1999.



# Siglas

<b>AGUAECOSANPERU</b>	Agua y Saneamiento Ecológico en el Perú
<b>APGEP-SENREM</b>	Programa “Ambiente, Participación y Gestión Privada”
<b>ASHOKA</b>	Promueve Emprendedores Sociales y acciones entre ellos
<b>AVINA</b>	Promueve la alianza ente líderes sociales y empresariales
<b>BES</b>	Baño Ecológico Seco
<b>CCI</b>	Comité Consultivo Interinstitucional
<b>CENCA</b>	Instituto de desarrollo Urbano CENCA
<b>COVAP</b>	Comité Vecinal de agua potable
<b>DIGESA</b>	Dirección General de Salud Ambiental
<b>ECODESS</b>	Ecología y desarrollo con Saneamiento Sostenible
<b>ECOSAN</b>	Ecological Sanitation
<b>EPS</b>	Empresa prestadora de servicio
<b>FONDAM</b>	Fondo de las Americas
<b>IGV</b>	Impuesto General a las Ventas
<b>ITDG</b>	Intermediate Technology Development Group – Soluciones Practicas
<b>JASS</b>	Junta de Administradora del Servicio de Saneamiento
<b>MINSA</b>	Ministerio de Salud
<b>MVCS</b>	Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento
<b>NMP</b>	Número más Probable
<b>OMA</b>	Oficina de Medio Ambiente - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
<b>ONG</b>	Organización no Gubernamental
<b>OPS</b>	Oficina Panamericana de la Salud
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo
<b>SEDAPAL</b>	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
<b>SSLP</b>	Salud sin Limites Perú
<b>TEA</b>	Tasa efectiva Anual
<b>TEM</b>	Tasa efectiva Mensual
<b>UNALM</b>	Universidad Nacional Agraria la Molina
<b>WSP – BM</b>	Programa de Agua y Saneamiento administrado por del Banco Mundial





JUAN CARLOS CALIZAYA LUNA

Arquitecto egresado de la UNI y estudios de Maestría en Planificación y Gestión Urbana Regional y Ambiental; miembro asociado del Instituto de desarrollo urbano CENCA, su experiencia a estado determinada por la necesidad de aportar a la sostenibilidad social y ambiental del hábitat popular, implementando desde CENCA proyectos urbanos y ambientales y asesorando la Gestión de ciudades con ríos urbanos para el PGU-ALC/HABITAT/NNUU.

Desde el año 1997, impulsa de manera pionera el Saneamiento Ecológico en el Perú, emprendimiento personal apoyado por CENCA y posteriormente por ASHOKA, AVINA y la Fundación Lemelson.

Llevado por la práctica y aportes de los usuarios de los baños ecológicos secos, formula el ECODESS, siendo reconocido con el premio a la Ecoeficiencia en el año 2002 entregado por el GRUPO de la PUCP y como segunda mejor ponencia internacional en el Primer encuentro latinoamericano de Saneamiento Ecológico realizado en Fortaleza - Brasil en el año 2007.

Co-sistematizador de la experiencia “Propuesta innovadora y sostenible de evacuación, tratamiento y reuso de residuos sólidos y líquidos domésticos”, 2002; y “Saneamiento Ecológico: lecciones aprendidas en zonas periurbanas de Lima”, 2006.

En la presente publicación “Una guía para un sistema integral de saneamiento ecológico en áreas periurbanas y rurales, El ECODESS”, Calizaya, promueve la participación de profesionales e instituciones para analizar el uso del microsistema, describe los componentes y su forma de aplicación.

