

**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN VIVIENDA Y**  
**CONSTRUCCIÓN**

**INFORME**  
**ACCIONES II SEMESTRE DEL 2006 Y EN EL 2007**

**ECOSANEAMIENTO**  
**5402-1414-1501**

**ING. ELÍAS ROSALES ESCALANTE**  
**Profesor ad-honorem**  
**catedrático - investigador**

## TABLA DE CONTENIDO

---

TEMA	PÁGINA
INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS PARA LA PRÓRROGA.....	4
TRABAJO REALIZADO.....	4
CONCLUSIONES .....	9

---

## A N E X O S

1) ACTIVIDADES REALIZADAS EN SEGUNDO SEMESTRE 2006.....	11
2) INODORO DE BAJO CAUDAL Y USO RACIONAL DEL AGUA .....	16
PRIMER MONTAJE PARA PANFLETO 5,.....	21
3) EL TANQUE COMPOSTERO .....	25
LOS PROCESOS DE DESCOMPOSICIÓN Y DE COMPOSTAJE.....	28
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y CÁLCULO .....	30
COMPORTAMIENTO DEL CAMBIO DE VOLUMEN.....	32
ESPECIFICACIONES PARA EL TANQUE COMPOSTERO .....	34
PARA EL INICIO DE LA COMPOSTERA:.....	36
OPERACIÓN Y MANEJO:.....	36
MEDIDAS SANITARIAS PREVENTIVAS: .....	36
4) LA BIOJARDINERA.....	38
PRIMERA PÁGINA DE PANFLETO DIVULGATIVO:.....	39
MUESTRA DE HOJA DE CÁLCULO .....	40
PORTADA DEL MANUAL PARA CONSTRUIR BIOJARDINERAS:.....	41
5) SIEMBRA DE AGUA.....	42
PORTADA DEL PANFLETO .....	43
BORRADOR DEL MANUAL PARA CONSTRUCCIÓN .....	44

**ECOSANEAMIENTO  
5402-1414-1501**

**INFORME  
ACCIONES II SEMESTRE DEL 2006 Y EN EL 2007**

## **INTRODUCCIÓN**

En el primer semestre del 2006 se planteó al consejo de Ingeniería en Construcción la necesidad de ampliar el tiempo efectivo para la ejecución de este proyecto, dadas las acciones que habían impedido adelantar y concluir los objetivos originalmente propuestos. Esa ampliación se aprobó en mayo del 2006, para los siguientes trámites ante la VIE, donde igualmente se contó con las aprobaciones y apoyos correspondientes.

A partir de junio y durante el segundo semestre del 2006, no se avanzó lo pretendido a consecuencia del quebranto en la salud del investigador responsable del proyecto. El proyecto no se interrumpió, sin embargo se cambió de rumbo e intensidad; dándole siempre seguimiento a los propósitos del proyecto, se participó en múltiples actividades realizadas en conjunto con ACEPESA (la ONG nacional, contraparte para la cooperación holandesa que brindó apoyo económico externo); lista de acciones en el Anexo No.1.

Otra alteración al transcurso normal pretendido se dio en febrero del 2007 cuando en esta ocasión, el investigador a cargo se acoge a su jubilación. La normativa del TEC no se ha preparado para seguir aprovechando la experiencia, contactos y conocimiento generado alrededor de diferentes temas o ejes de investigación y se le permita a un profesional en esa condición continuar, al menos, con la responsabilidad de un proyecto de investigación ya iniciado. Se restringe su participación y responsabilidad; no puede ejercer funciones administrativas, ni utilizar los procedimientos establecidos o hacer uso de la mayoría de los activos requeridos para la mejor marcha del proyecto.

Entonces, con este informe se presentan acciones realizadas, algunas muy en vínculo con el plan de acción original y otras, de acuerdo a las posibilidades que las circunstancias permitieron. Fue posible adaptar y desarrollar tecnologías como concluir materiales de capacitación e información, participar en múltiples actividades de disseminación, así las charlas impartidas a grupos interesados y en seminarios o congresos, nacionales e internacionales.

El objetivo de dar a conocer el concepto o filosofía que encierra el ECOSANEAMIENTO, se logró. Así como la valoración y disseminación de varias técnicas alternativas para el uso racional del agua y el saneamiento que originalmente se propuso “tropicalizar” a las realidades de nuestro medio. Incluso por la experiencia e intercambio que se pudo llevar a cabo, hoy se entiende y puede manejar de mejor manera el concepto de “saneamiento sostenible”, como vía más adaptable a Costa Rica y sus patrones culturales ya adoptados.

## OBJETIVOS PARA LA PRÓRROGA

### Objetivo original propuesto:

*“contribuir a la inserción de los principios del ECOSANEAMIENTO en la comunidad nacional mediante la tropicalización de tecnologías para el manejo de desechos domésticos y el aprovechamiento de remanentes”.*

### Objetivos específicos para prórroga:

1. Prolongar las acciones de capacitación y transferencia del proyecto ante las nuevas autoridades municipales, gubernamentales y beneficiarios.
2. Llegar a concretar las acciones sobre tecnologías alternativas iniciadas y contar con el proyecto demostrativo de viviendas pretendido, para la aplicación de esas tecnologías “tropicalizadas” en el municipio de Desamparados u otro del país.
3. Diseminar los alcances y posibilidades del ecosaneamiento en comunidades, organizaciones e instituciones, tanto a nivel nacional como internacional.

## TRABAJO REALIZADO

1. En procura de cumplir con lo propuesto en el objetivo general planteado, se trabajó en comprender los alcances de la filosofía encerrada en el ECOSANEAMIENTO, en el establecimiento de enlaces, nacionales e internacionales, para de esa manera estar en capacidad de analizar, adaptar y desarrollar diferentes tecnologías a las condiciones verdaderas del país.

Existen varias redes de trabajo sobre el tema, con el apoyo de organizaciones internacionales, muy identificadas con la promoción de un uso más racional del agua. Entre ellas las que se encuentran ligadas a las agencias de cooperación internacional de Suecia, Noruega, Holanda y Alemania. Así como los lineamientos o guías internacionales emitidas por la organización mundial de la salud (OMS), tituladas: “Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater”.

Es fundamental contar con interlocutores afines a los principios propuestos que puedan opinar con criterio sobre las acciones realizadas, especialmente cuando estas se refieren a técnicas que se pretenden llevar a las comunidades. De esta manera fue posible en alguno o varios momentos aprovechar el intercambio con colaboradores de la red SECO, del proyecto Tepoztlán, en México, gente de la red establecida por WASTE, Holanda; así con grupos e intercambio por medio de SANRES, la red LATINSANRES o el grupo SANDEC del centro de investigación ERWAG en Zurich, Suiza.

ECOSANEAMIENTO es una filosofía que pretende la NO utilización de agua en saneamiento y a la vez el aprovechamiento de los nutrientes que los “desechos” humanos poseen, con el propósito de cerrar un ciclo entre la agricultura y el saneamiento. Parte del principio que es más conveniente aprovechar la separación que llevar a cabo la

mezcla de desechos. Por ello, se propone trabajar por separado el tratamiento y el aprovechamiento de los productos remanentes.

Esta filosofía como tal, no es adaptable al 100 % a las condiciones actuales que la sociedad costarricense tiene y aspira. Por lo que parte del trabajo realizado fue adaptar ese concepto a otro con mayores posibilidades, el cual es el de "SANEAMIENTO SOSTENIBLE". Donde se unen principios del ecosaneamiento con condiciones y aspiraciones sociales prevalecientes.

Se concluyó que el propósito fundamental a transferir es el uso racional del agua y reducir significativamente el efecto contaminante del agua, luego de haber sido utilizada, como también procurar un aprovechamiento de los elementos (orgánicos y nutrientes) a extraer de los desechos fisiológicos humanos.

2. De esta manera, el trabajo en relación a las técnicas y tecnologías se centró en:
  - Inodoros de bajo caudal (menos de un litro por descarga con excreta).
  - Tanques composteros (para el tratamiento de lo que se evacúe con inodoros de bajo caudal o inodoros que no usen agua).
  - Las biojardineras o humedales construidos (para el tratamiento de aguas grises y efluentes de tanques composteros).
  - Siembra de agua (desarrollo de la técnica de diques de baja altura con llantas para reducir la velocidad horizontal del agua y provocar velocidad vertical).
  - Recolecta y utilización de orines (por medio de pruebas en vivero).
  
3. Para cada una de esas técnicas se participó en la preparación de materiales con los que se documenta su funcionalidad y con los que es posible hacer su diseminación. Este trabajo se realizó en conjunto con el equipo de ACEPESA.
  - Para esos inodoros especiales, se tradujeron las instrucciones recomendadas por el fabricante. Y se propuso la confección de un panfleto introductorio explicando las ventajas de utilizar estos modelos, inodoros secos y en general hacer un uso racional del agua. Ver Anexo No.2
  - Los tanques composteros propuestos se desarrollaron localmente. Se comprendió el proceso de descomposición aerobia de la materia y se siguieron los principios establecidos para dimensionar el volumen requerido por las condiciones normales en una familia de 6 personas. No se elaboró una publicación divulgativa al respecto, pero se cuenta con los detalles del cálculo, en una memoria técnica preparada para respaldar su uso en el proyecto demostrativo pretendido. Esa memoria es parte de los requisitos solicitados por el Ministerio de Salud. Descripción y detalles al respecto se colocan en el Anexo No.3. Los tanques utilizados en el país se fabricaron localmente, en la empresa Fibromuebles S.A., con quienes el TEC, tiene un convenio y contrato para el desarrollo de técnicas.
  - En lo que corresponde a las biojardineras se cuenta: con una hoja de cálculo en Excel para el dimensionamiento apropiado, con un panfleto explicativo para la divulgación del caso y con un manual detallado para guiar el proceso de construcción. Como Anexo No.4, se presenta una muestra de cada uno de esos documentos.

Este tema también se complementó con el trabajo de tesis en Biología de una estudiante de la Universidad Nacional.

- Como “siembra de agua de lluvia” se trabajaron los conceptos vinculados al manejo de la escorrentía, reducción de erosión y recarga de mantos acuíferos. Ya que el manejo racional del agua pretende, el manejo integrado de cada una de las acciones que caracterizan el ciclo hidrológico. Y el mal manejo del agua de lluvia está en relación directa con fallas en sistemas de abastecimiento para consumo humano, alcantarillados sanitarios, arrastre de contaminantes y residuos sólidos hasta alcantarillados pluviales y cuerpos de agua. Como material preparado se tiene un panfleto introductorio al tema y el borrador de los manuales con procedimientos de construcción y valoración de costos. Como Anexo No.5 se adjunta este material.
  - No se ha terminado la preparación de material divulgativo y de capacitación en el tema de los orines.
4. El proyecto demostrativo no ha sido aún posible llevarlo a la realidad. Se pretendió en conjunto con la municipalidad de Desamparados levantar bajo la figura de condominio 30 casas utilizando las técnicas impulsadas por este proyecto y el programa ISSUE.

Afectó el cambio de autoridades nacionales y de alcalde.

Las conversaciones recientes, pasaron a comisiones especiales para la erradicación de asentamientos marginales en el Ministerio de Vivienda. Se ha negociado con el INVU, la utilización de otros terrenos en el mismo cantón, en los alrededores de la zona urbana. Sin embargo a la fecha, marzo del 2008, aún no se concreta ese proyecto.

Tampoco funcionaron las gestiones realizadas con la organización “Habitat para la Humanidad” y la posibilidad de un proyecto de vivienda en Guanacaste.

Alternativamente, se ha venido trabajando en los puntos adicionales considerados: casas en Curridabat, Zapote y Escazú, con biojardineras. En la comunidad de Punta Morales en la provincia de Puntarenas y en la comunidad de Ostional en Rivas de Nicaragua. En Punta Morales se han construido más de 10 biojardineras y se tienen colocados 2 inodoros de bajo caudal con sendos tanques composteros. En Ostional se construyeron cerca de 20 biojardineras.

También ha sido posible atender el interés de desarrolladores de turismo local, quienes han venido haciendo solicitud de estas técnicas. El Hotel Almendros y Corales en Manzanillo, Talamanca, provincia de Limón instaló una unidad de prueba y ha solicitado colocar en todas sus 30 habitaciones sistemas similares. Este pretende sea el sitio demostrativo donde será posible atender mayor cantidad de situaciones reales y el funcionamiento integral que se ha venido impulsando.

Las autoridades que administran el parque nacional Manuel Antonio, Pacífico Central, pretenden instalar inodoros secos e inodoros de bajo caudal, con tanques composteros y biojardineras, para atender el impacto tan grande que causa, casi un millón de visitantes al año en ese sitio.

5. El trabajo realizado por estudiantes de la carrera de ingeniería en Construcción del TEC y de Biología de la Universidad Nacional (UNA), concluyó satisfactoriamente.

El estudiante del TEC, probó diferentes técnicas de construcción en sitio, con el objetivo de mejorar los conceptos propuestos sobre “siembra de agua”. Valoró los inconvenientes de llevar materiales hacia los puntos donde se requerían los diques de baja altura. Y gracias a su trabajo se cuenta con procedimientos de construcción y valoraciones con las que se permite orientar el presupuesto de proyectos similares, ya que él aportó datos sobre costos y rendimientos. Concluyéndose que la utilización de la técnica del ferrocemento y la que aprovecha llantas de vehículo usadas y en desecho, son las posibilidades viables. Como anexo 5, se colocó un resumen basado en las experiencias de esta tesis de graduación.

La estudiante de la UNA, luego de múltiples revisiones de sus profesoras, también concluyó satisfactoriamente su trabajo de tesis. Por lo que a partir de su trabajo, sabemos que las “heliconias” crecieron en forma apropiada, ya que durante el tiempo de estudio sus raíces tuvieron una muy buena longitud, como a la vez realizaron una conveniente remoción de contaminantes. A partir de este trabajo se sabe que nuestras plantas tropicales no remueven con la misma eficiencia como lo hacen otras plantas que tradicionalmente se han venido utilizando para la función pretendida en los “humedales construidos”. Sin embargo es posible respaldar, a partir de este trabajo que aunque sea menor la eficiencia de remoción, la calidad de las aguas efluentes de una biojardinera es mejor. Se está contribuyendo con una técnica amigable y de esa manera, se reduce el impacto negativo que ha venido sufriendo nuestra naturaleza. Con estas plantas estudiadas y otras similares que nos dan “flores”, las familias más fácilmente aceptan participar en los procesos que requiere el agua, donde se le quiten contaminantes de forma más amigable.

Con ayuda del CEQUIATEC, se realizan análisis de efluentes de las unidades de tratamiento alternativo instaladas. De esta manera se acumulan datos al respecto.

Bajo la coordinación directa de la Ing. Maritza Marín, de ACEPESA, fue posible llevar adelante el trabajo experimental realizado en conjunto con la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), en su vivero en Coronado, San José. El estudio reprodujo experiencias llevadas a cabo en otras partes del planeta. Donde se utilizaron las casetas construidas para la recolección de orines y se han tenido tanques para el almacenamiento prolongado de los líquidos recogidos. Estas acciones experimentales tomaron muestras y las analizaron, tanto para conocer su composición como para determinar la presencia o no de patógenos. Los resultados acumulados son satisfactorios. Las plantas de maíz que se cultivaron, aplicándoles diluciones de orines, crecieron mejor que las otras muestras cultivadas con otros elementos para su fertilización.

Se intentó llevar el tema a personeros de la Liga de la caña, pero nada fue posible concretar con ellos. Sin embargo, aún se mantiene en perspectiva la posibilidad de llevar a cabo también acciones experimentales de fertilización con orines a caña, trabajando con estudiantes y profesores del colegio agropecuario de Juan Viñas. Esta posibilidad

es muy importante, dadas las perspectivas que este cultivo proyecta para las futuras producciones en biocombustibles que se pretenden en el país.

6. Las acciones establecidas para diseminar el tema han sido múltiples. Artículos en revistas, participación en congresos y seminarios nacionales e internacionales, con publicación de trabajos en las memorias confeccionadas al respecto. Más los materiales que se prepararon y se publicaron. Durante el 2007, se terminó de corregir y se imprimió el manual con la descripción del proceso detallado para la construcción de biojardineras. El cual es una publicación conjunta realizada por el programa ISSUE, bajo la coordinación de ACEPESA. Se llama: "Creando Jardines para limpiar nuestra agua. Manual para la construcción de Biojardineras".

Es entonces posible destacar que para la participación en dos congresos internacionales, en el 2007, se recibió apoyo internacional para así poder presentar en ellos la experiencia nacional lograda con este proyecto ECOSANEAMIENTO. Primero para la Conferencia latinoamericana de saneamiento (LATINOSAN) en Cali, Colombia, del 12 al 16 de noviembre, recibiendo apoyo de parte del Banco Mundial. Segundo, para la Conferencia Internacional sobre Saneamiento Sustentable que se llamó "Agua y Seguridad Alimentaria para América Latina" del 25 al 28 de Noviembre, en Fortaleza, Brasil, organizado por la Universidad Federal de Ceará (UFC); con el apoyo del grupo de especialistas Ecosan - IWA. Para este otro evento, el financiamiento parcial fue de la GTZ.



## CONCLUSIONES

- a. Se introdujeron en Costa Rica, los conceptos y filosofía que respalda al ECO-SANEAMIENTO, tanto en actividades de rutina política, de la administración pública, como en el ámbito académico o del mercado de la construcción. Ya se conoce del tema en el país. Y ya se sentaron las bases para que las personas se cuestionen que el país con las tecnologías tradicionales utilizadas no ha resuelto en forma satisfactoria su realidad ambiental inmediata a los centros de población.
- b. Se cuenta ahora con tecnología alternativa para acciones en saneamiento. Pudiéndose entonces ofrecer soluciones más amigables con el ambiente, al utilizarse en forma más racional el agua. Se pueden utilizar menores volúmenes de agua para acciones de saneamiento y se pueden remover de mejor manera más contaminantes, incluyendo nutrientes.
- c. Las tecnologías valoradas con este proyecto, pueden complementar en forma muy efectiva técnicas tradicionalmente utilizadas, como el tanque séptico y mejorar en forma significativa el agua bajo tratamiento, antes de su descarga o vertido por infiltración que se haga de esos efluentes.
- d. No fue posible acumular experiencia sobre las estrategias para la transferencia de las tecnologías adaptadas y desarrolladas bajo la filosofía de trabajo de este proyecto. Esto por la imposibilidad de contar a la fecha con el proyecto demostrativo. El cual pretende un grupo capacitado de personas, de familias convivendo en un condominio y donde fuese más cómodo seguir el proceso de transferencia a más personas, empresas e instituciones interesadas.
- e. Sin embargo, los pocos ejemplos ya tienen más de 30 biojardineras, 5 inodoros de bajo caudal y 5 tanques composteros funcionando. Con los que también ha sido posible mostrar la efectividad de estos procesos alternativos.
- f. El producto desarrollado se hizo adaptando materiales, procedimientos y habilidades de fabricación existentes en el país. Por ello, las biojardineras, los tanques composteros, aprovechamiento de la orina, la siembra de agua, entre otros.
- g. El proyecto produjo materiales para la disseminación y capacitación de las personas. Tanto para satisfacer “curiosidades” como para entender los procesos y poder construir sus propias soluciones.
- h. También ha sido posible interactuar con actores internacionales que ya hoy también ubican a Costa Rica como parte de los países donde hay acciones vinculadas al Ecosaneamiento, encaminadas a usos y aprovechamientos más racionales del agua.

# **A N E X O S**

# **A N E X O No. 1**

**ACTIVIDADES REALIZADAS EN SEGUNDO SEMESTRE 2006.**

## ACCIONES EN LAS QUE PARTICIPÉ EN LOS ÚLTIMOS MESES EN RELACIÓN A ECOSANEAMIENTO.

E.Rosales E.  
Diciembre, 2006.

### Charlas

1. 21 de julio, sobre Ecosaneamiento en Congreso Nacional de Ingeniería en Construcción, invitado por la asociación de ingenieros en construcción. Con muy buena aceptación de los principios planteados útiles en proyectos de infraestructura.
2. 17 de agosto, sobre tecnologías alternativas en el consejo Municipal de Paraíso, Cartago, dado su interés ante fallo de Sala IV para que en ese cantón se instalen alcantarillados sanitarios y plantas de tratamiento.
3. 18 de agosto, sobre Ecosaneamiento a miembros extranjeros de la fundación “fund for Costa Rica” por su interés de colaborar en la construcción de cabañas sanitarias en Manuel Antonio, utilizando inodoros secos y tanques composteros.
4. 25 de agosto, sobre tecnologías alternativas para el tratamiento de aguas residuales, en Congreso Nacional de ciencias, organizado por CIENTEC para profesores de secundaria, en la EARTH. Actividad que pretendió exponer a estas personas ante diferentes posibilidades con las que ellos puedan impulsar nuevos proyectos para futuras ferias científicas estudiantiles.
5. 31 de agosto, sobre Ecosaneamiento a grupo operadores de turismo, en la agencia Horizontes, ya que “Fund for CR”, pretende que ellos igualmente participen con el financiamiento para la construcción de cabañas sanitarias en Manuel Antonio.
6. 8 de setiembre, sobre Ecosaneamiento en complemento a actividad sobre “siembra de agua” en Palmares.
7. 25 de setiembre, sobre Ecosaneamiento en Congreso Nacional de Ingeniería Civil, como parte del grupo de charlas que la organización de este congreso permitió en relación a este tema. Esta fue una muy interesante oportunidad para proyectar el tema en un gremio especializado y vinculado a múltiples proyectos de infraestructura.
8. 26 de setiembre, sobre Biojardineras en taller paralelo al Congreso de Ingeniería civil, organizado con funcionarios de otras universidades, CNFL, FLACSO, PRODUS, etc.
9. 04 de octubre, sobre Ecosaneamiento y sobre biojardineras, en actividad conjunta con Habitat Naciones Unidas, conmemorando la semana dedicada a los asentamientos.
10. 26 de octubre, sobre Ecosaneamiento en Seminario sobre Turismo y Desarrollo sostenible en Costa Rica, teniendo entre los organizadores al ICT, MINAE, etc.
11. 31 de octubre, sobre Ecosaneamiento en taller II, curso para estudiantes de último nivel de la carrera de Ingeniería en Construcción del ITCR.
12. 06 de noviembre, sobre Ecosaneamiento a integrantes nacionales de REDICA (red de instituciones de ingeniería de Centro América), en instalaciones del INCAE, para que el tema se considere en proyectos y proyecciones que ellos impulsan bajo criterios de “gestión integrada del recurso hídrico” (GIRH), en cuencas hidrográficas, trabajo realizándose también en conjunto con otras redes como CAP-NET.
13. 13 de noviembre, sobre Ecosaneamiento, como parte del taller organizado en conjunto con la OPS, AyA, para funcionarios del AyA y de las universidades estatales, con participación de representantes del IHE-UNESCO de Holanda y del CINARA, Colombia. En procura de impulsar el estudio y adaptación de las nuevas guías emitidas por la OMS, teniendo entre ellas, la que se refiere a saneamiento y reuso de aguas residuales.
14. 05 de diciembre, sobre Ecosaneamiento a funcionarios del Centro de Investigaciones Agronómicas, de la UCR. Posibilidad amplia de ejecutar proyectos en forma conjunta, para definir con mayor respaldo investigativo, aplicaciones y aprovechamiento de materiales recuperados.
15. 06 de diciembre, sobre Ecosaneamiento a estudiantes y profesores de la carrera Salud ambiental de la UCR, quienes potencialmente con el trabajo comunitario pueden llevar adelante acciones en relación al tema, en los sitios donde ellos normalmente intervienen.

### Atención a consultas

- 1) A solicitud de funcionarios de la CNFL el 25 de julio visité varias fincas en Coronado, donde existen posibilidades para la utilización de biojardineras en complemento a otras tecnologías para el tratamiento de aguas saliendo de varias lecherías.
- 2) La Comisión de aguas de la Municipalidad de El Guarco, Cartago, me invitó y participé en reunión con ellos el 25 de julio para conocer de Ecosaneamiento y las posibilidades de formular programas de capacitación en su comunidad sobre el uso racional del agua.

- 3) Por transferencia de competencias de parte de la CNFL, he venido atendiendo solicitud de funcionarios del ICE con el propósito de llevar adelante trabajos de capacitación en la comunidad Toro. Se ha intercambiado sobre el posible temario, el trabajo se realizará en el mes de enero próximo.
- 4) 08 de noviembre, consulta de funcionarios de la municipalidad de Escazú sobre los alcances de las biojardineras y el detalle de los resultados que se obtienen con los exámenes de laboratorio.
- 5) 28 de noviembre, consulta de la municipalidad de Alvarado, Pacayas, Cartago, sobre la aplicación de biojardineras y otras técnicas, para viviendas que desde hace años presentan problemas con el tratamiento de sus aguas residuales. A consecuencia de niveles freáticos altos.

#### Reuniones y acciones sobre la Cachaza

- a. 25 de julio, en la Municipalidad de Desamparados
- b. 28 de julio, en la Municipalidad de Desamparados
- c. 28 de agosto, en el MIVAH, reunión con el director de Vivienda. Ocasión cuando ofreció su apoyo y solicitó a los funcionarios municipales la presentación del anteproyecto, las estimaciones iniciales del presupuesto, el respaldo con pruebas de campo del terreno propuesto y memorias de cálculo.
- d. A finales de agosto e inicios de setiembre, de acuerdo al diseño de sitio presentado en ese momento al MIVAH, llevé adelante los cálculos y detalles requeridos por la memoria técnica con la que se respaldan los trabajos sanitarios alternativos para este proyecto.
- e. 07 de octubre, colaboración en actividad con los beneficiarios en San Miguel de Desamparados y visita al terreno del proyecto.
- f. 10 de octubre, en la Municipalidad de Desamparados con funcionarios de esa dependencia, el Ing. Rolando Fournier y el Arq. Gilbert Rodríguez.
- g. 27 de octubre, en la Municipalidad de Desamparados
- h. 03 de noviembre, en la Municipalidad de Desamparados con personeros de la empresa AMANCO
- i. 16 de noviembre, en la Municipalidad de Desamparados
- j. No efectué el rediseño de los sistemas sanitarios en este período porque a la fecha no me han entregado el nuevo diseño de sitio, que los arquitectos municipales han estado trabajando.

#### Tanques composteros para viviendas

- a) Agosto y setiembre, definición de características para su apropiado funcionamiento, en preparación de memoria de cálculo. Desarrollo de esquema para analizar volumen a procesar y su comportamiento a través del tiempo.
- b) 19 de setiembre, reunión con Carlos Madrigal, en Cartago, con el propósito de conocer criterios técnicos y administrativos seguidos para la fabricación de los tanques composteros llevados a Punta Morales.
- c) 22 de setiembre, reunión con el equipo ISSUE donde se aclararon detalles del proceso seguido para ordenar la fabricación de tanques composteros con fibromuebles y los inconvenientes técnicos del modelo entregado. Se definió entonces como mi responsabilidad ser el interlocutor “único”, para reducir al máximo complicaciones de comunicación entre las partes, tanto por los detalles técnicos requeridos como por el proceso de pagos consecuentes.
- d) Preparé el esquema del tanque compostero necesario para las pretensiones del proyecto, para soluciones familiares, en intercambio directo con los técnicos de fibromuebles. Adjunto copia del detalle final que se definió.
- e) 12 de octubre, visita a Punta Morales en reconocimiento de la situación con los composteros mal fabricados. Ya que al no conocerlos, no podía concluir con los reclamos del caso ante el fabricante.
- f) 02 de noviembre, primer tanque compostero con el diseño propuesto, entregado en oficinas de ACEPESA para utilizar en visita de beneficiarios del proyecto La Cachaza.
- g) 21 de noviembre, entrega de 5 tanques con el nuevo diseño en Punta Morales. Regreso con 4 de las unidades mal fabricadas, entregadas a fibromuebles el día siguiente.
- h) Periódicas visitas de inspección a la planta fibromuebles para de esa manera verificar y mantener control sobre el avance de la fabricación de los tanques pretendidos. Esto permitió impulsar la entrega en “paquetes” de 10 tanques cada uno. Hasta que completaran la orden originalmente contratada por 54 unidades. 12 de diciembre, fecha de la última visita y conclusión de mi, responsabilidad contraída con el programa en setiembre anterior.

#### Vínculo con otras organizaciones.

- ❖ FLACSO de Costa Rica, tiene la coordinación de un proyecto impulsado por SANDEC, Suiza, organización vinculada con WASTE. Este proyecto pretende llevar adelante lo planteado por la filosofía del “house hold centered” y de los principios de Bellagio, en las soluciones sanitarias para proyectos de vivienda. Dentro de las acciones se atiende el asentamiento La Europa, en Curridabat. El trabajo realizado, se refiere a asesoría directa, tanto a un estudiante en su trabajo de tesis para su licenciatura, a la comunidad y la interacción también con otros estudiantes de licenciatura,

maestría y doctorado. Por ello, se han tenido reuniones en la comunidad, en la Municipalidad de Curridabat, con FUPROVI. En este momento, el estudiante del TEC, estará concluyendo su trabajo de diagnóstico sobre el estado sanitario en 200 casas e iniciará el planteamiento de soluciones individuales o colectivas. Valorando costos y aspectos correspondientes a operación y mantenimiento.

- ❖ Se ha estado conversando con el AyA para el apoyo que requiere el estudiante que realiza su tesis en comunidades indígenas (tesis sobre la aplicación de tecnologías alternativas como las biojardineras y la utilización de otros materiales filtrantes, como pedacera de plásticos reciclados).
- ❖ Se trabaja con el Dr. Gerardo Galvis, ingeniero en la representación OPS, por su interés de poner en práctica en Costa Rica las guías sobre aguas emitidas por la OMS recientemente, teniendo entre ellas las residuales y su reuso. Se esta en acciones de coordinación con el AyA, el Ministerio de Salud, como con las universidades estatales.
- ❖ Presenté el programa ISSUE en consulta que me hicieran para el Taller **“Operacionalización de la Agenda Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Salud”**. Ejercicio del Ministerio de Salud, donde pretenden un registro de trabajos y a la vez ordenar prioridades con la intención de impulsar acciones. Yo no participé en ese taller por traslaparse con las actividades del Congreso de Ingeniería Civil, sin embargo, la persona que adicionalmente representa al TEC, le ha dado seguimiento a lo por mi planteado y en este momento están rectificando los resúmenes obtenidos de los trabajos en grupo en esa ocasión.
- ❖ Vínculo con el centro de investigaciones agronómicas y la carrera de Salud Ambiental de la UCR.
- ❖ Como consecuencia de una de las charlas presentadas, se me acercó un Ing. Agrónomo, el señor WALDE OLIVARES CHAVARRIA, fabricante de un “coctel” de bacterias que él mismo esta produciendo. Lo interesante de estas bacterias son su calidad y ser material que se desarrolla localmente, útil para utilizarlo en los procesos de compostaje propuestos.

#### Escazú y Punta Morales

- ❖ Visité el 27 de setiembre y el 08 de noviembre, a don Victorino. La intención fue verificar los trabajos realizados en relación a un “solario” para reducir con él los conteos de bacterias coliformes fecales al desinfectar el agua por esos medios naturales y el efecto de rayos ultravioleta. Sin embargo, al respecto considero necesario llevar adelante por ahora dos cosas:
  - a. Conversar con los encargados del Ministerio de Agricultura, en lo que corresponde al tema de agricultura orgánica para exponer la necesidad de definir qué enfermedades temen, para en consecuencia hacer análisis de laboratorio y la determinación específica de esos patógenos. No es apropiado, seguir con una presunción tan general como representa la determinación tradicional de coliformes fecales, cuando estas bacterias son solo indicadores.
  - b. Realizar muestreos y análisis en un laboratorio acreditado como procedimiento control. De esta manera, se tendrá certeza respecto a los valores que se obtienen y se han obtenido. Con ello, se confirmará la validez de los datos que han venido detectando los laboratorios de la UNA o se permitirá la duda de la efectividad de ese proceso hasta ahora seguido. Ante esta situación se recibió oferta de colaboración de la Municipalidad de Escazú.
- ❖ Visitas a Punta Morales
  1. La primera vez, a verificar los defectos de los composteros originalmente fabricados, tal y como ya lo comenté. También tuve la oportunidad de conocer al constructor a cargo de los trabajos para las biojardineras. Con este señor intercambié sobre detalles técnicos y dudas. Aproveché para hacer observaciones sobre la instalación de figuras y tuberías en los tanques del pretratamiento, ya que en una biojardinera visitada observé defectos.
  2. La segunda vez, adicionalmente al cambio de tanques efectuado, tuve la oportunidad de revisar varias de las otras biojardineras ya construidas. En forma semejante, intercambié con el constructor detalles y resalté los defectos detectados. En esta ocasión visité el sitio escogido para otra de las biojardineras, la cual estará sirviendo a dos casas, cerca de la calle principal. Estas familias son aportadoras de aguas grises a los “charcos” de la calle. Para estos casos se propuso la construcción de pozos de infiltración luego del tratamiento de las aguas. Estos pozos de infiltración se construirán utilizando llantas viejas.
  3. Y la tercera vez, fue otra visita de inspección, a las casas que tienen biojardinera y no había visitado en la ocasión anterior. Recogimos el tanque compostero mal fabricado que no cupo en el viaje anterior. Se llevaron llantas para el pozo de infiltración y se le dieron las indicaciones correspondientes al constructor, como se elaboró una lista para realizar los trabajos de reparación en las biojardineras.

#### Preparación de materiales.

En los últimos meses del semestre anterior y en los primeros de este, me di a la tarea de reunir materiales y preparar un paquete de documentos de información, dándole forma a panfletos, o a manuales. El propósito fue respaldar con información sencilla el trabajo que se realiza. Al preparar esos borradores o documentos iniciales, saltó la duda sobre la

necesidad de otros. Lo cual no quise concretarlo hasta que no se adelantara la confección de los primeros y se valorara en el equipo la pertinencia de otro documento(s), complementarios o adicionales.

Documento	Fecha de primer envío a Olmán	Primera versión comentada o ilustrada	Última revisión de mi parte
Manual para la construcción de biojardineras	06 de julio	22 de julio	02 de noviembre
Panfleto siembra de agua	22 de julio	19 de octubre	09 de noviembre
Panfleto uso racional del agua	21 de setiembre	31 de octubre	02 de noviembre
Manual para la construcción de diques de baja altura	20 de setiembre	No recibida	
Panfletos sobre inodoro de bajo caudal y tanques composteros	21 de setiembre	No recibida	

# **A N E X O No. 2**

## **INODORO DE BAJO CAUDAL Y USO RACIONAL DEL AGUA**



### INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL INODORO DE BAJO CAUDAL



#### INFORMACIÓN IMPORTANTE

1. No use cloro u otro tipo de químico cáustico, como blanqueadores o desatascadores en este sistema. Estos productos dañan los sellos del inodoro y válvulas de descarga.
2. No permita objetos extraños como toallas de papel, vasos de cartón, pañales desechables o toallas sanitarias, para evacuar por este inodoro.
3. Inodoros con sello mecánico, semejantes a este inodoro "Sealant", están diseñados para solamente hacer descargas en forma directa a un tanque. Líneas de desagüe horizontales tales como se encuentran en sistemas residenciales convencionales o en fontanería comercial, no se pueden adaptar.
4. La taza del inodoro debe limpiarse en forma regular, tal y como se indica más adelante.



#### COMO SE USA:

Al prepararse el inodoro de bajo caudal para su uso, verifique que la conexión al suministro de agua esta bien hecha. Abra la válvula de abasto y verifique que el sistema no tiene fugas. Descargue el inodoro y verifique que no haya derrames.

Para el correcto manejo del inodoro de bajo caudal, siga las siguientes instrucciones:

- a. **Para llenar con agua este inodoro**, usted debe levantar la palanca de descarga **HASTA** permitir en la taza el nivel de agua deseado. Por lo general, se requieren los niveles más altos cuando el inodoro se utiliza para la descarga de sólidos (cuando se hace del "dos").
- b. **Para descargar el inodoro**, empuje hacia abajo (baje completamente) la palanca hasta que los contenidos de la taza hayan sido descargados. La presión que tiene el flujo (caudal) de agua varía, dependiendo del lugar donde uno(a) se encuentre, por lo que en algunos casos es posible que sea necesario sostener presionada esa palanca de 4 a 8 segundos. Se requiere para el correcto funcionamiento de estos inodoros un flujo mínimo de 7,5 litros por minuto y lograr la apropiada limpieza de la taza.
- c. **Suelte la palanca de descarga**, dejando que se regrese hacia arriba, esto permitirá el sello necesario y apropiado, alrededor de la "esfera" de descarga.
- d. **Una pequeña cantidad de agua debe permanecer en la taza.**



**Nota:** Mantener presionada la palanca más de lo requerido significará un uso excesivo e innecesario de agua.

**PROCEDIMIENTO APROPIADO PARA LA LIMPIEZA Y EL MANTENIMIENTO**

Este inodoro de bajo caudal debe limpiarse en forma regular para lograr una correcta higiene y la mayor eficiencia de su funcionamiento. Usted puede limpiarlo tal y como se hace con cualquier otro inodoro doméstico. **No utilice químicos cáusticos, como los que se utilizan para desatacarar (potasa), ya que se dañarían los empaques.**

Para evitar el daño del sello o revestimiento de teflón, **NO UTICE:**

- abrasivos (limpiadores "Comet", "Soft Scrub", etc.)
- químicos cáusticos (destapador "Drano", etc.)
- lubricantes o limpiadores que contengan alcoholes o destilados de petróleo (spray de cocina "Pam", limpiador "Pine-Sol", lubricante "WD-40", etc.)



**LIMPIEZA DE LA TAZA.** Para la remoción de manchas desagradables en la taza utilice "limpiador para tazas Sealand" figura A, el cual se fabrica especialmente para la limpieza de este tipo de inodoros. En algunos lugares donde el agua es "dura" (alto contenido de compuestos de calcio o magnesio) se hace una costra molesta (sarro) que opaca el acabado de la taza. Restablezca ese brillo con el limpiador Sealand.

Cuando no se dispone de ese producto de marca, usted podrá utilizar la mayoría de productos no corrosivos que hay para la limpieza de baños e inodoros (limpiador spray "Bar Keeper's Friend"<sup>1</sup>; limpiador para tazas de inodoros "Clorox"<sup>2</sup>; limpiador para tazas de inodoros "Sanit'ub"<sup>3</sup>, etc.). No se requiere raspar groseramente con esos limpiadores. Por favor, siga las instrucciones que se den en las etiquetas de esos productos.



**LIMPIEZA DEL SELLO.** Luego de un largo período de uso, es posible que se hagan depósitos minerales en el borde del empaque de hule de la taza, especialmente cuando se tienen aguas "duras". Resultando esto en una fuga lenta del agua. Para prevenir estas incrustaciones minerales, limpie periódicamente bajo el sello de la taza con los limpiadores Sealand.

1. Cierre la entrada de agua.
2. Coloque el producto limpiador en un cepillo o en la paleta que viene con el inodoro. Abra la esfera de descarga presionando la palanca de descarga y raspe debajo del empaque. Asegúrese de empujar las cerdas del cepillo entre la parte inferior del empaque y la parte superior de la superficie de la esfera de descarga para raspar todas las partes del empaque que están en contacto con la esfera de descarga.
3. Cierre la esfera de descarga y espere de 2 a 3 minutos.
4. Abra la esfera de descarga. Utilice un cepillo y agua para quitar el limpiador y los residuos sueltos.

<sup>1</sup> Bar Keepers Friend es marca registrada de ScrVas Laboratorios Inc.

<sup>2</sup> Clorox, Pine-Sol y Soft Scrub son marcas registradas de Clorox Co. Etc. Etc.



4. La esfera de descarga no abre.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Se rompió el eje.</li> <li>b. Eje no completamente conectado con la caja del resorte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cambie el eje.</li> <li>b. Rote firmemente la esfera de descarga hasta que el eje coincida con el cuadro en la caja del resorte y encaje completamente.</li> </ul>
5. El agua no se cierra (el inodoro se rebalsa).	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. La válvula del agua ya no sirve o tiene defectos.</li> <li>b. La caja del resorte ya no sirve o tiene defectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cambie la válvula del agua.</li> <li>b. Cambie la caja del resorte.</li> </ul>
6. La unidad de lavado manual (manguera con pistola) tiene fugas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pistola de riego defectuosa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cambie la pistola de riego.</li> </ul>
7. El agua no entra en forma correcta a la taza del inodoro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Caudal o flujo de agua insuficiente.</li> <li>b. Válvula del agua tapada.</li> <li>c. Orificios para la salida del agua en la taza, tapados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Verifique que el caudal o flujo de agua no sea menor a 7.5 litros por minuto.</li> <li>b. Quite y limpie el cordón o pasillo que se encuentra en la válvula del agua.</li> <li>c. Limpie esos orificios. Si el daño persiste cambie la taza.</li> </ul>
8. Se toman fugas por la válvula del agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. La tubería del agua esta floja o no está sellada en forma correcta.</li> <li>b. Válvula del agua con defectos.</li> <li>c. Roca barrida o lisa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Asegúrese que las líneas de la roca no están mal montadas y soquet.</li> <li>b. Cambie la válvula del agua.</li> <li>c. Cambie la válvula del agua.</li> </ul>
9. El agua se derrama por la base del inodoro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. El inodoro no se fijó al piso.</li> <li>b. El empaque o sello al piso del inodoro se dañó o tiene defectos.</li> <li>c. Se revetó la base.</li> <li>d. El "flanger" al piso se dañó o tiene defectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Soque los tornillos de montaje del inodoro.</li> <li>b. Cambie el empaque o sello entre el "flanger" y la base del inodoro.</li> <li>c. Cambie la base.</li> <li>d. Cambie el "flanger".</li> </ul>
10. El agua se sale por la parte de atrás del inodoro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>c. El interruptor de vacío se dañó o tiene defectos.</li> <li>f. El interruptor de vacío esta flojo.</li> <li>g. La taza de revetió o tiene defectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Quite la cubierta blanca del interruptor de vacío. Descargue el inodoro. Si el agua se derrama durante la descarga, el interruptor de vacío necesita cambiarse.</li> <li>b. Asegure la conexión del interruptor de vacío. Si esta floja o suelta, empuje ese dispositivo hacia la taza.</li> <li>c. Cambie la taza.</li> </ul>
11. El agua se sale por la conexión inferior del inodoro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. La abrazadera puede estar floja.</li> <li>b. El sello de la esfera con la taza se dañó o tiene defectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Quite el exterior plástico inferior y soque esa abrazadera.</li> <li>b. Cambie los sellos de la esfera con la taza.</li> </ul>

**PRIMER MONTAJE PARA PANFLETO 5,  
SOBRE EL USO RACIONAL DEL AGUA**

**PANFLETOS DE ECOSANEAMIENTO**

**50**



ISSUE  
INSTITUTO INTERDISCIPLINARIO PARA UN AMBIENTE URBANO SOSTENIBLE

giz gtz pntz

**Agua que no has de beber... ¡Ahórrala!**

Usando racionalmente el agua en el saneamiento



**¿Por qué ahorrar agua?**

El agua que usamos para resolver nuestras necesidades es realmente muy poca: menos del 1% del agua total en nuestro planeta. Sin embargo, invertimos grandes cantidades de agua potable en labores de saneamiento: el baño, la limpieza de manos, lavar alimentos, en la limpieza de las heces y la orina... y muchas veces más que usarla la desperdiciamos. Como el agua del planeta es limitada, desperdiciar y contaminar el agua significa poner en peligro la vida de nuestros nietos, nietas y todos los futuros descendientes.

Puede que muchas veces hayamos escuchado discursos acerca de la necesidad de ahorrar agua. En este panfleto queremos dar a conocer opciones tecnológicas para mejorar nuestras prácticas de ahorro de agua, especialmente en el campo del saneamiento.

**Entre menos trabajo nos cuesta más la desperdiciamos**

Las personas utilizamos por día diferentes cantidades de agua, según sean las condiciones donde vivimos y de acuerdo a los hábitos que hayamos aprendido. Haciendo un promedio, podemos decir que una persona cada día utiliza:

- 20 litros, si es necesario acarrear el agua para el uso doméstico desde un sitio ubicado a varios kilómetros de la casa.
- 40 litros, si se cuenta con un pozo en el patio de la casa y el agua se obtiene extrayéndola con un mecate y un balde.
- 60 litros, si esa agua se extrae de un pozo por medio de un equipo de bombeo manual.
- De 80 a 100 litros, cuando el agua llega por cañería hasta un sitio donde hay una llave o tubo en las inmediaciones y fuera de la casa.
- De 120 a 300 litros, si el agua está llegando por cañería a diferentes sitios dentro de la casa.



**O sea que de acuerdo al esfuerzo físico requerido y el nivel de conciencia que cada persona tenga, así se hace el uso diario del agua.**



**A** continuación describimos detalles técnicos y funcionales de artefactos o aparatos alternativos, con indicaciones para desarrollar actitudes responsables sobre el uso racional de ese imprescindible recurso, vital para la vida. Son acciones que cualquier persona podrá poner en práctica, indistintamente de dónde se encuentre y cual sea la disponibilidad del recurso. De esa manera, ante condiciones "de ciudad", donde el consumo tradicional se caracteriza por 250 litros por persona por día, al adoptar artefactos de bajo consumo de agua (ABC's) y colocarlos en la casa, es posible pasar a consumir cantidades como 160 litros por persona por día, manteniendo los servicios y su funcionamiento en el mismo nivel que se ha acostumbrado.

### Abastecimiento de agua

Se cuenta, en el mercado de la construcción, con artefactos que funcionan utilizando volúmenes menores de agua y permiten el mismo servicio o confort que los artefactos tradicionales. Así, los aparatos que suministran agua: lavas (válvulas) para lavamanos, fregaderos, entre otros, dispositivos de salida como regaderas en los baños o duchas, se llegan a clasificar como ABC's, cuando por ellos pasan 10 litros o menos por minuto.



### Servicios sanitarios

Los inodoros a utilizar bajo los principios del ECOSANEAMIENTO permiten grandes posibilidades que van desde inodoros que no usan agua, que usan poca agua y que separan los orines de las heces.

Es importante explicar que los inodoros comunes o tradicionales trabajan de acuerdo al diseño técnico realizado para el "sifón" (o trampa de agua) que se tiene en las tazas. Ese trabajo de diseño define la forma del sifón. Esa forma obtenida del análisis tiene una relación directa con la cantidad mínima de agua requerida para que al "bajar la palanca", se produzcan las fuerzas hidráulicas necesarias y se arrastren los sólidos que se hayan depositado en esa taza.

### Las prácticas de "ahorro" que nos hacen gastar más



En otras palabras, lo anterior permite aclarar que el ahorro en agua que se pretende con un inodoro no se hace colocando objetos que hagan "volúmenes" sólidos en el tanque. El ahorro, no se hace colocando un ladrillo o una botella plástica llena de arena, ya que si el sifón de la taza está diseñado para funcionar con un determinado volumen de agua y ese volumen se reduce, al necesitar que el inodoro funcione "la falta de

suficiente volumen de agua" provocará que los sólidos depositados NO se evacúan completamente. Eso significa la necesidad de esperar el nuevo llenado del tanque para volver a accionar y de esa manera "limpiar" correctamente el inodoro. Entonces el resultado es la descarga de dos volúmenes de agua y no de uno solo, de manera que no se logra el ahorro de agua pretendido con la colocación de un sólido en el tanque del inodoro.

### Los sanitarios que sí nos ayudan a ahorrar

Dentro de los inodoros comerciales ahorradores de agua que actualmente encontramos en el mercado, se tienen inodoros que utilizan 6 litros o 4 litros por descarga, frente a los tradicionales que usan 13 y hasta 20 litros por descarga. Estos inodoros se adaptan con gran facilidad a los sistemas de evacuación que tradicionalmente se construyen, por supuesto, teniendo cuidado con las pendientes de las tuberías de evacuación.

Sin embargo, más orientado al ECOSANEAMIENTO, resultan en este tema los inodoros que funcionan sin utilizar agua y los inodoros, que con agua o sin ella, separan las heces de los orines, así como los inodoros que funcionan con volúmenes mucho menores, de hasta 14 litro por descarga.





**INODOROS QUE FUNCIONAN SIN AGUA**

- Exactamente lo hacen de esa manera, **sin agua**. Permiten la descarga directa de excretas (heces y orines) hacia el sistema de tratamiento.
- Estos inodoros son "tazas" que se pueden fabricar en diferentes materiales. Los hay de madera, de plástico reforzado con fibra de vidrio, de cerámica, entre otros.
- Al utilizarlos se tiende a clasificarlos como simples letrinas. Sin embargo, se diferencian sustancialmente por el complemento que de ellos se hace con el sistema de tratamiento. Además, se les colocan sistemas mecánicos o eléctricos para la extracción de gases.
- Estos inodoros secos se pueden colocar en un cuarto de baño, dentro de la casa, teniendo el sistema de tratamiento directamente debajo, en un nivel inferior.

**INODOROS QUE SEPARAN LOS URINES DE LAS HECES**

- El ecosaneamiento propone que los orines y las heces **NO** se mezclen, sino que sean recolectados por separado. De esta manera, se tendrá un proceso sanitario más seguro, porque la mayoría de los microorganismos transmisores de enfermedades se evolucionan con las heces.
- Para ello, se han desarrollado inodoros cuyas "sentaderas" están adaptadas para tener una separación íntima, al frente y por ahí se recogen los orines.
- Para eso la práctica tradicional y cultural, donde los varones orinan de pie, debe cambiar: de manera que los varones deben ahora, orinar sentados.
- Las heces caen en forma directa a recipientes o al sistema de tratamiento que para ellas se instala y los orines, por lo general se recogen en otros recipientes para su posterior tratamiento.
- Estos inodoros tienen sistemas para que los gases se evacúen en forma mecánica o con dispositivos eléctricos, de manera tal que esos gases no se devuelvan y sigan al cuarto de baño.
- Por lo general, los sistemas de tratamiento se encuentran directamente debajo del piso donde está el inodoro.
- Para estas unidades, se pueden colocar accesorios que permiten la mejor utilización por parte de niños o niñas. Porque si los niños no se acomodan correctamente, pueden defecar en el espacio destinado para los orines, tal situación los contaminaría con bacterias transmisores de enfermedades.



**INODOROS QUE SEPARAN Y NO USAN AGUA**

- Pueden fabricarse de diferentes materiales (concreto, plástico reforzado con fibra de vidrio, cerámica, ferrocemento, entre otros).
- Todas las acciones se realizan sin agua.
- Pueden tener accesorios removibles para facilitar su limpieza.



**INODOROS QUE SEPARAN Y UTILIZAN AGUA**



- Por lo general son unidades fabricadas en cerámica.
- Tienen una trampa de agua o sifón en la salida de las heces para evitar la entrada de gases en el cuarto de baño.
- Utilizan bajos volúmenes de agua para la descarga de heces.
- Utilizan poca agua para "enjuagar" el recipiente recolector y la salida de los orines.

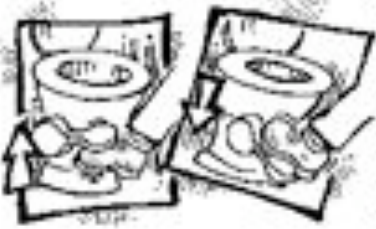
**INODOROS DE BAJO CAUDAL** .....

- Estos funcionan utilizando, para la evacuación de excretas (orines y heces juntos), cantidades de agua tan bajas como tres cuartos (¾) de litro por uso. La descarga se hace en forma directa hacia el sistema de tratamiento a utilizar. Esto significa, establecer una condición vertical o con ángulos de descarga no menores a los 45°. Estos inodoros no cuentan con sifones o trampas para evitar la salida de olores hacia el cuarto de baño, por lo que al utilizarlos se requiere la instalación adicional de extractores mecánicos o eléctricos.





- Los inodoros de bajo caudal se han utilizado en barcos, principalmente en yates y se han adaptado para el uso en viviendas.
- No tienen tanque para el almacenamiento de agua, sino que están conectados directamente a la línea de abastecimiento. Tienen una válvula especial que controla el ingreso del agua y a través de la misma, el agua se lleva hasta la taza. Con esta válvula se controla la cantidad de agua que la persona quiere colocar en la taza antes de usarla. Así como, esa válvula permite el flujo de una pequeña cantidad adicional al agua de la descarga, para el "enjuague" o limpieza posterior de este inodoro.
- La taza es de cerámica, semejante a los inodoros tradicionales.
- Este inodoro adicionalmente tiene un "pedal" o palanca con el que funciona la válvula para el ingreso de agua, como para accionar la compuerta esférica por donde salen las descargas. De esa manera, al subir la palanca se carga el agua y al moverla hacia abajo, se vacía el inodoro.



## La tecnología no lo es todo

Sin embargo, no basta con tener aparatos ahorradores de agua si no tenemos lo más importante: la conciencia y el compromiso de ahorrar agua en nuestras prácticas diarias así como el espíritu de transmitir esta actitud a nuestros familiares, amigos, vecinos, etc. Hay prácticas de ahorro que no podemos dejar de lado:



- Cierre la llave del agua mientras usa el jabón en la ducha o en el lavamanos. Procure que los niños y niñas aprendan a NO "hacer fiesta" en el baño todos los días.
- Use sólo el agua necesaria para las manos, lavar los alimentos y platos, la ropa o para bañarse. No lave en cantidades pequeñas, aproveche al máximo el funcionamiento de lavadoras u otros equipos.
- Al lavarnos los dientes es muy apropiado utilizar un vaso y de esa manera no mantener el tubo abierto. Así como cuando los hombres se hacen la barba, pueden también utilizar una palangana o un pequeño recipiente.
- Es conveniente al lavar el carro, no hacerlo sobre un pavimento, sino sobre un jardín o año donde el agua se infiltre y no simplemente escorra.
- Otra posibilidad en esto del uso racional del agua, es la práctica del aprovechamiento del agua de lluvia, tanto para actividades domésticas en nuestras casas como para procesos que aumenten la recarga de las nacientes.
- Entre menos agua utilice "enjuace" de menores dimensiones serán los sistemas de tratamiento y menos "osos" será necesario quitarle.
- Reutilice el agua que usted carga con contaminantes (por ejemplo, las aguas grises) mejorando sus condiciones de calidad con una técnica alternativa como en una biopantlera y aproveche también con ello, sus los nutrientes (compuestos de nitrógeno y fósforo) para alimentación de plantas y que antes simplemente se traban a los ríos y otros cursos de agua.

Sin agua no hay vida y el agua que tenemos hoy es prestada, es parte de la herencia que dejaremos a nuestras futuras generaciones para que puedan vivir con dignidad. ¿Usted... qué calidad de agua les heredará?



**Para consultas acerca de estas tecnologías:**

Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente (ACEPESA) Tel y Fax (506) 280-6327	Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción (CIVOC), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Tel: (506) 500-2300, Fax (506) 501-6663
--	--

Texto: Elias Rosales Sacalante  
 Diseño gráfico: Osmar Bolaños Vargas  
 Revisión: Maritza Marín Araya, Victoria Rutin Vega y Susy Lobo Ugarte.

Noviembre del 2006  
 Auspiciado por la Agencia para la Cooperación Internacional de los Países Bajos (DGIS) del Ministerio de Asuntos Exteriores.



# **A N E X O No. 3**

## **EL TANQUE COMPOSTERO**

## EL TANQUE COMPOSTERO

El compostaje es la degradación de la materia en la presencia de organismos aerobios. Este es un proceso muy simple que se da siempre que la materia esta expuesta a oxígeno y humedad: en el bosque, en los desechos apilados de los jardines, en la corta de césped y de malezas.

En los tanques composteros la degradación de la materia se realiza con la participación de organismos mesofílicos. Siendo líderes de este trabajo un gran rango de bacterias y hongos. Pudiendo también participar otra cantidad de invertebrados, tales como las lombrices californianas, las que al colocarse en el proceso ayudan con el transporte de oxígeno y de humedad a través del material en compostaje, así como son de gran ayuda en el proceso de la degradación física y química.

Los patógenos humanos no son en realidad eliminados por la temperatura que se logra dentro de un tanque compostero, sino gracias a la intervención de microorganismos depredadores y a consecuencia de los largos períodos de retención que se promueven en estos sistemas. La mayoría de los microorganismos patógenos son anaerobios, por lo que al desarrollar un manejo aerobio en el compostaje, igualmente se esta creando un ambiente agresivo y destructor para ellos.

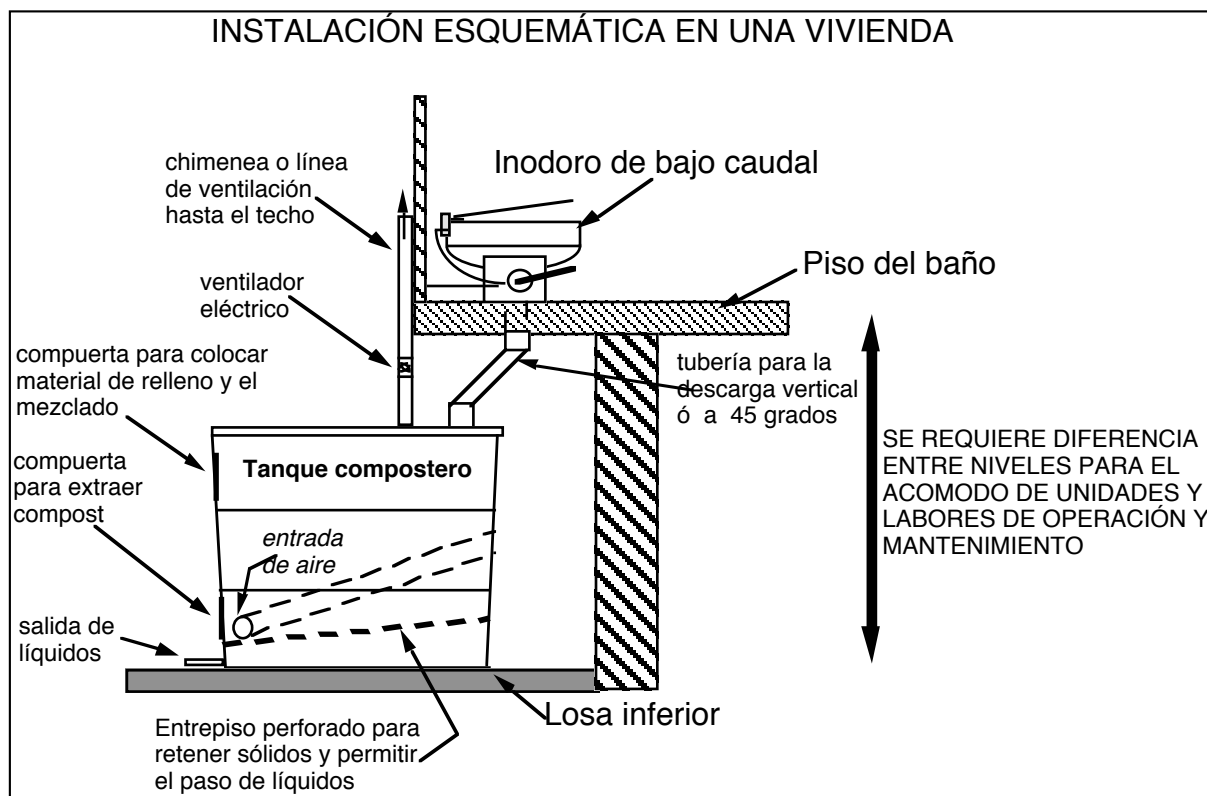


Otro aspecto, de carácter químico importante dentro de un tanque compostero es la transformación del nitrógeno contenido en los desechos humanos. La mayoría del nitrógeno esta en la orina en forma de urea. En el compostero, la urea se transforma en amoníaco y dióxido de carbono, al participar bacterias y hongos. Así al pasar por la masa, casi toda la amoníaco primero se convierte en nitritos y luego en nitratos. Los nitratos, serán los compuestos que servirán de nutrientes para las plantas. Por ello, el producto final es un material que huele a "tierra mojada" rico en elementos que contribuyen con las características del suelo natural, mejorando su condición física y disponibilidad de elementos nutrientes para las plantas. Los líquidos efluentes, también ricos en nutrientes, son un fertilizante orgánico natural que igualmente puede ser aplicado a diferentes plantas.

Los gases que este proceso exhala son dióxido de carbono y vapor de agua. Los mismos que normalmente existen en el aire y comúnmente son exhalados por las personas.

*El principio de tratamiento para las excretas, en este tipo de tanques, es el de compostaje aerobio. Técnica que se garantiza al agregar material orgánico adicional a las excretas humanas y balancear de esa manera las contribuciones de nitrógeno dadas por los orines. El material orgánico adicional que se propuso para este proyecto es "borucha" de madera suave, la cual a la vez permitirá incrementar la relación de vacíos en la materia, para la mejor aireación. El flujo de aire se garantiza por medio de agujeros en los costados del tanque y la colocación de ventiladores eléctricos que actúan como extractores de los gases y del aire que fluye. La característica funcional principal de este*

tipo de tanques, se centra en una estructura interna por medio de la cual se separan los sólidos de los líquidos. Este es un tipo de entrepiso con agujeros que permiten el paso de los fluidos hacia el nivel inferior. Cuenta con una abertura superior para el mezclado y homogenización manual de la materia, tanto las heces como la borucha. Estos tanques cuentan con una abertura inferior para la extracción de los materiales ya procesados (compost) y otra para la salida de los fluidos.



## Los procesos de descomposición y de compostaje.

Desde que aparecieron los animales en la Tierra, las heces y los orines se han depositado sobre el terreno. Así los microorganismos en el suelo se desarrollaron para tomar ventaja de esta materia y de sus nutrientes.

Cuando ese proceso natural ocurre en un ambiente controlado, a esto se le llama Compostaje. Entonces, el compostaje es un método del manejo de desechos donde los materiales de origen orgánico son degradados por microorganismos comunes del suelo hasta un estado donde ese material podrá ser aplicado a la tierra sin impacto negativo al medio. Al utilizar “compost” como un acondicionador del suelo, las propiedades del suelo se mejoran y los nutrientes que contiene son aprovechados por las plantas. El compostaje requiere de un recipiente, de oxígeno, de la correcta humedad, del apropiado rango de temperatura, de organismos aeróbicos y de tiempo.

La degradación aeróbica o aerobia es el proceso de degradación primario en suelos porosos. Por lo que la meta del compostaje es asegurar condiciones aeróbicas plenas tan integralmente como se pueda.

Las propiedades físicas y químicas del material a compostear y las temperaturas a obtener afectan directamente la efectividad y cobertura de la actividad microbiana, en todo este proceso. Las variables más significativas en el compostaje de excreta humana se enlista a continuación:

**Tamaño de las partículas del sustrato.** El tamaño de las partículas, determina a la vez la cantidad del área superficial accesible para el ataque de los diferentes organismos involucrados. Así partículas más pequeñas representan más superficie para las bacterias, permitiéndose una degradación rápida y más completa. El mezclado de excretas con material “diluyente” (formador de vacíos) y el rompimiento de “pelotas” forma fragmentos pequeños de compost. Esto permite un compost fino, compuesto de boronas formadas por partículas muy finas.

**Vacíos entre partículas.** Los vacíos entre partículas representan una fracción significativa del volumen total del compost. Estos espacios de aire son la fuente principal del oxígeno que utilizan los microorganismos para la degradación. Por ello, el “volteo” o revolvimiento de la masa de materia bajo el proceso de compostaje puede reducir el aglutinamiento (pelotas) de partículas y la compactación, permitiendo a la vez el ingreso de aire fresco al interior de la pila de material.

**Contenido de humedad.** El contenido de humedad en el compost es crítico. Un contenido de humedad del 60% por peso, es lo mejor para un rápido compostaje aeróbico. Debajo de ese nivel, la materia es muy seca para el rápido crecimiento de microorganismos, en consecuencia el proceso de compostaje entonces reduce su velocidad de trabajo y se provoca el encapsulamiento de los patógenos (conversión a una forma temporal inactiva, protegidos por un recubrimiento duro). Por otro lado, valores mayores a ese 60 %, se empieza a recoger o empozar agua y parte de la masa entra en estado anaerobio. No es muy complicado mantener un contenido óptimo de humedad en uno de estos sistemas, colocando los correctos medios de drenaje de líquidos y permitiéndose así la autorregulación de la pila (materia acumulada bajo tratamiento).

**Temperaturas.** Las temperaturas que se obtienen en el compostaje dependen de la forma, tamaño y composición de la materia en proceso, así como de su propio contenido de humedad y de la forma como se realice el manipuleo. Compostaje mesofílico. Ocurre cuando los materiales de desecho se agregan poco a poco, en forma lenta. Las temperaturas oscilan entre 10° C y 45° C. Compostaje termofílico. Este proceso puede ocurrir después del mesofílico, en una masa grande de material no degradado que conserva el calor generado por el proceso anterior. En esta etapa intervienen bacterias amantes del calor o termofílicas, donde las temperaturas

pasan de los 50°C, hasta valores tan altos como 75° C. Este tipo de compostaje es la meta para sistemas que se manejan por tandas, tipo batch y en volúmenes municipales.

**Elementos nutritivos.** Los microorganismos utilizan un arreglo bastante amplio de elementos nutritivos, los cuales en su mayoría se encuentran en las excretas humanas. Los que se utilizan en grandes cantidades se llaman macro-nutrientes e incluyen al carbón (C), el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K). La destrucción de los patógenos es más efectiva cuando los nutrientes presentes en la materia bajo proceso mantiene un balance muy aproximado entre ellos, de manera que el proceso de compostaje puede utilizarlos a todos o a casi todos los elementos que haya disponibles. Cuando se realiza el compostaje de excreta humana, un balance óptimo se crea al agregar un material generador de volumen (diluyente formador de vacíos, por ejemplo, cáscara de árboles, picadura de madera, etc.) con alto contenido de Carbón, dado que la excreta humana posee los otros macro nutrientes en proporciones apropiadas.

**Razón de Carbón a Nitrógeno.** La proporción Carbón:Nitrógeno (C:N) es la clave para el correcto balance de nutrientes.

Si se da un exceso de Carbón sobre la presencia de Nitrógeno (razón C:N muy grande) los procesos celulares se retardan. En ese caso el Nitrógeno es el elemento limitante. Esto sucede cuando un material de relleno con alta razón C:N, tal como el aserrín, se utiliza en forma exclusiva o se abusa de su aplicación. También este desbalance puede suceder cuando se realizan igualmente aplicaciones en cantidades exageradas de otros materiales aún con menor razón C:N, tales como picadura de madera o de corteza de árboles. Si el Carbón es el elemento limitante (razón C:N muy baja), el exceso de Nitrógeno se convierte en amonía hasta que el balance de nutrientes se recupere nuevamente. Esto sucede entonces cuando no se está agregando suficiente material de relleno. Una razón C:N baja, típicamente conduce a condiciones anaerobias y producirá olores a amonía en asociación con esos procesos de reducción anaerobios que estarán sucediendo.

Una razón C:N entre 25:1 y 30:1, es óptima para el compostaje aerobio de excreta humana. En realidad no se cuenta con una prueba sencilla y práctica para determinar que sí se ha logrado la razón C:N dentro de ese rango. Pero, afortunadamente eso se logra cuando se agrega por ejemplo cáscara de árbol (en una razón C:N entre 100:1 y 150:1) como la cantidad requerida para regular el nivel de humedad del compost. Lo que si está claro es que al manejarse en razones mayores y cercanas a las apropiadas no se detendrá el proceso de compostaje, pero sí lo harán más lento.

De todas formas, si el compost que se prepara empieza a tener un olor semejante al de “tierra mojada”, se estará entonces en una condición bastante cercana a esa relación ideal entre elementos.

**Rango del pH.** El pH del compost es muy importante ya que los microorganismos que degradan la materia son intolerantes a condiciones ácidas o alcalinas. Así que el valor conveniente debe estar en el rango de un pH entre 6 y 7,5 (el valor de pH igual a 7, es el valor neutro).

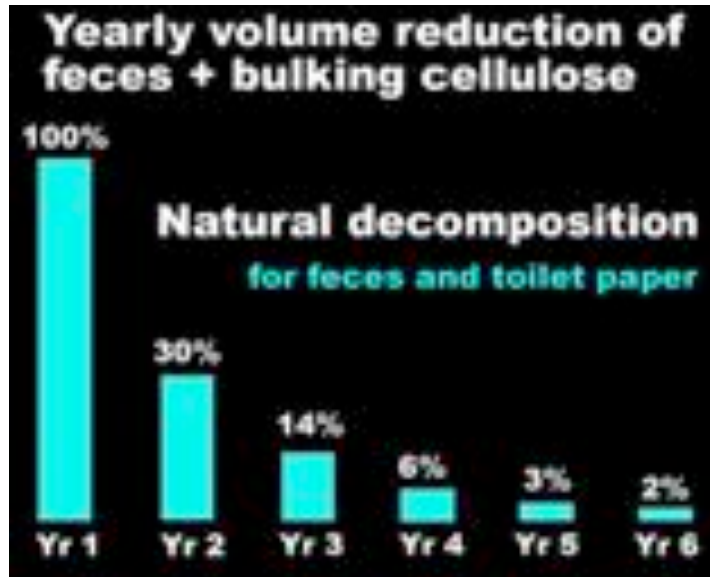
Afortunadamente, el asunto del pH no es de gran preocupación, siempre y cuando se este utilizando el material de relleno apropiado. Por ello, no es conveniente agregar cal al “montículo” de material bajo compostaje, o dentro del tanque compostero, ya que se tendrá un medio más alcalino. Lo que estaría sucediendo entonces es un incremento en la producción de amonía y así una significativa pérdida de nitrógeno. El uso de musgo seco o plantas de su tipo con el propósito de secar el exceso de agua, tiende a que la pila de material se acidifique.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y CÁLCULO

El tanque compostero recibirá las excretas (heces y orines) y se incrementarán, en volumen, con el material de relleno. Ambos materiales formarán toda la masa bajo descomposición, con la que se logrará el compost pretendido.

- 1) De acuerdo a las experiencias que se han observado en otras latitudes (Europa y Estados Unidos) se sabe que la materia en compostaje, sufre un cambio significativo de su volumen. Un determinado volumen de materia en descomposición, al final de un año se ha reducido en un 70%.

Por lo que al mantenerse el proceso, se ha encontrado que esa reducción continúa con el paso del tiempo. Esto ha permitido demostrar que al final de 5 años se tiene un 2% del volumen original. Esta particularidad de la descomposición y transformación de la materia sucede dentro del tanque compostero.



- 2) Otras experiencias nos muestran que la cantidad de excretas humanas, en una semana, aportan un volumen equivalente a 0,2 galones. Esto es una cantidad de 0,757 litros de excreta humana por semana.

A partir de lo cual se hacen las siguientes estimaciones:

Producción de excreta semanal, por casa =  $0,757 \times 6 = 4,542$  litros

Material de relleno semanal por persona = 1 litro

Producción de materia para compostaje por mes, por casa =

$M = (0,757 \times 6 + 1 \times 6) \times 4,3 = 45,33$  litros

- 3) La materia al reducirse un 70 % en el primer año, permite una aproximación lineal de un 5,833 % mensual (=  $70/12$ ), como factor para la reducción mensual. De esta manera para el caso de 6 personas contribuyendo:

$V_1 = 45,33$  litros

Volumen al inicio del mes uno

$V_{12} = 45,33 \times 0,30 = 13,60$  litros

Volumen al final del primer año

- 4) La razón de cambio para el segundo año es de un 53,33 % ( $100:30 :: X:14$ ; donde esa proporción permite un valor relativo de cambio  $X = 46,667$  %). Para lo que se deduce una aproximación lineal de 4,444 % mensual.

$V_{13} = 13,60$  litros

Volumen al inicio del mes trece

$V_{24} = 13,60 \times 0,467 = 6,35$  litros

Volumen al final del segundo año

5) La razón de cambio para el tercer año es de un 57,14 % ( $100:14 :: X:6$ ; donde esa proporción permite un valor relativo de cambio  $X = 42,857 \%$ ). Para lo que se deduce una aproximación lineal de 4,762 % mensual.

$$V_{25} = 6,35 \text{ litros}$$

Volumen al inicio del mes veinte y cinco

$$V_{36} = 6,35 \times 0,428 = \mathbf{2,72 \text{ litros}}$$

Volumen al final del tercer año

6) La razón de cambio para el cuarto año es de un 50,0 % ( $100:6 :: X:3$ ; donde esa proporción permite un valor relativo de cambio  $X = 50,0 \%$ ). Para lo que se deduce una aproximación lineal de 4,1667 % mensual.

$$V_{37} = 2,72 \text{ litros}$$

Volumen al inicio del mes treinta y siete

$$V_{48} = 2,72 \times 0,5 = \mathbf{1,36 \text{ litros}}$$

Volumen al final del cuarto año

7) La razón de cambio para el quinto año es de un 33,33 % ( $100:3 :: X:2$ ; donde esa proporción permite un valor relativo de cambio  $X = 66,667 \%$ ). Para lo que se deduce una aproximación lineal de 2,7775 % mensual.

$$V_{49} = 1,36 \text{ litros}$$

Volumen al inicio del mes cuarenta y nueve

$$V_{60} = 1,36 \times 0,667 = \mathbf{0,91 \text{ litros}}$$

Volumen al final del quinto año

## Comportamiento del cambio de volumen

En las siguientes tablas se muestra el acumulado de materia, de acuerdo a las contribuciones mensuales y al proceso de descomposición aerobia pretendido.

### Primer año.

El encabezado muestra los meses y los valores anotados son litros.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60
2		45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24
3			45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89
4				45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53
5					45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18
6						45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82
7							45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46
8								45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11
9									45,33	42,69	40,04	37,40	34,75
10										45,33	42,69	40,04	37,40
11											45,33	42,69	40,04
12												45,33	42,69
13													45,33
	45,33	88,02	128,06	165,46	200,21	232,32	261,78	288,60	312,78	334,31	353,20	369,44	383,04

### Segundo año.

El encabezado muestra los meses y los valores anotados son litros.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35
2	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95
3	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56
4	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16
5	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76
6	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37
7	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97
8	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58
9	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18
10	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79
11	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39
12	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99
13	45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60
14	383,04	45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24
15			45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89
16				45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53
17					45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18
18						45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82
19							45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46
20								45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11
21									45,33	42,69	40,04	37,40	34,75
22										45,33	42,69	40,04	37,40
23											45,33	42,69	40,04
24												45,33	42,69
25													45,33
	396,04	408,43	420,21	431,40	441,97	451,95	461,32	470,08	478,24	485,80	492,75	499,09	



Tercer año.

El encabezado muestra los meses y los valores anotados son litros.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14	4,84	4,53	4,23	3,93	3,63	3,32	3,02	2,72
2	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14	4,84	4,53	4,23	3,93	3,63	3,32	3,02
3	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14	4,84	4,53	4,23	3,93	3,63	3,32
4	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14	4,84	4,53	4,23	3,93	3,63
5	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14	4,84	4,53	4,23	3,93
6	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14	4,84	4,53	4,23
7	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14	4,84	4,53
8	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14	4,84
9	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44	5,14
10	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74	5,44
11	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04	5,74
12	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35	6,04
13	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95	6,35
14	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56	6,95
15	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16	7,56
16	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76	8,16
17	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37	8,76
18	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97	9,37
19	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58	9,97
20	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18	10,58
21	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79	11,18
22	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39	11,79
23	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99	12,39
24	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60	12,99
25	45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24	13,60
26	499,09	45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89	16,24
27			45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53	18,89
28				45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18	21,53
29					45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82	24,18
30						45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46	26,82
31							45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11	29,46
32								45,33	42,69	40,04	37,40	34,75	32,11
33									45,33	42,69	40,04	37,40	34,75
34										45,33	42,69	40,04	37,40
35											45,33	42,69	40,04
36												45,33	42,69
37													45,33
	505,14	510,88	516,32	521,46	526,29	530,83	535,06	538,99	542,61	545,94	548,96	551,68	

Al final del tercer año se proyecta una acumulación de 550 litros. Razón por la que el recipiente a utilizar para el tanque compostero, no ha de ser menor a ese volumen para comodidad del acomodo de la materia y facilidad de su manipuleo.

Se ha propuesto la utilización de un tanque no menor a 800 litros.

## Especificaciones para el tanque compostero

Características para el tanque compostero, para uso “individual” con inodoros de bajo caudal, para familias de máximo 6-8 personas.

1. Tener un volumen útil cercano a los 800 litros, no menor a ese valor, ni mayor a 1000 litros.
2. Ser un recipiente hermético (permitir la entrada y salida de gases solo por los puntos que así se determine), impermeable y resistente a la intemperie normal de medios tropicales (lluvia, sol, temperaturas, etc.). Estará expuesto, colocado en una pequeña losa de concreto sobre la superficie del terreno.
3. Utilizar materiales que no corroan ante la materia a tratar, los gases a producir, la humedad y el proceso de tratamiento de excretas humanas que se estará dando.
4. De una altura no mayor a 120 cm. De un ancho no mayor a 120 cm.
5. Permitir, de la excreta, la separación del material sólido del líquido, por medio de un “entrepiso” perforado, ranurado o poroso.
6. Contar con la salida apropiada de líquidos por un punto inferior y de esa manera conducirlos hacia donde se les de tratamiento. Esa salida debe tener una unión de PVC para interconectarse a una tubería, de ese mismo material y no menor a 25 mm.
7. Permitir el sistema de ventilación lateral apropiado, para el ingreso permanente de aire, a través y a lo alto de la masa a acumular. Entrando por ambos lados del recipiente y permitiendo cerrar o abrir el flujo de aire, según se determine la necesidad.
8. Permitir en un extremo del recipiente, opuesto a las entradas del aire y en la parte superior (en la tapa o techo), la colocación de un “ventilador” eléctrico, de baja potencia y funcionando con corriente alterna. Ventilador calculado para cambiar todo el volumen de aire del tanque en 30 seg, para levantar una carga de presión equivalente no menor a 8 m columna de agua, incluyendo pérdidas y “tiro” apropiado a una vivienda de una planta. Ese ventilador deberá estar colocado y ajustado en uniones de PVC o elementos similares. Dispositivo que deberá ser hermético, de durabilidad apropiada y de fácil acceso, durante labores de mantenimiento o reparación. Permitirá la salida del cable eléctrico, sin perder la hermeticidad.
9. Contar con una ventana o compuerta para “el acceso de material y manipuleo”. Este acceso será utilizado para introducir el material “separador” o proporcionador de volumen y carga orgánica. Así como para realizar a través de él las acciones de operación requeridos por el proceso de compostaje (revolver y cambiar de posición la masa en proceso de degradación). Esta compuerta luego de las labores que por medio de ella se realicen deberá ser hermética. Estas labores serán, al menos, una vez por semana, utilizando una herramienta semejante a un “rastrillo”.
10. Contar con una compuerta inferior para la extracción del material ya procesado. Hermética, cuando este cerrada y colocada en el extremo del tanque que sea apropiado para esa labor. Debe permitir el ingreso de una herramienta similar a un “palín”.
11. Contar con al menos una ventana transparente de observación.
12. Permitir el ingreso de la descarga del inodoro de bajo caudal por la parte superior del tanque (en la tapa o techo) y a una distancia aproximada a un tercio de la longitud horizontal que vaya a tener el tanque, ubicada a partir del extremo opuesto, del lado donde se coloque la ventana o compuerta para “el acceso de material y manipuleo”. Este acceso, para esas descargas, debe ser una unión de PVC de 75 mm nominal, sanitario.



### **Para el inicio de la compostera:**

Se debe colocar en el fondo de la compostera, sobre el entrepiso, una capa gruesa de material orgánico activo (de 15 a 20 cm). Esto es material de relleno (formador de vacíos) junto a compost preparado anteriormente; también ese material inicial se “enriquece” haciendo la inoculación de “microorganismos activos” o “más eficientes” que se consiguen como “cócteles” biológicos en forma comercial. Otra posibilidad, si se encuentra disponible, es la colocación de una capa de “humus” orgánico del suelo que se encuentra en un bosque, porque de esa manera igualmente se estarán colocando los microorganismos naturales propios y útiles para el proceso de descomposición.

### **Operación y manejo:**

- Una vez a la semana es conveniente realizar una inspección del contenido en el tanque compostero.
- Cada semana se debe agregar un volumen equivalente a 1 litro de “borucha” (material formador de vacíos y regulador de la razón C:N) por persona utilizando el sistema.
- Si no se cuenta con borucha se puede usar madera picada (“chips”) de un tamaño no mayor a 3 cm.
- Luego de agregar la borucha o la madera picada, es necesario revolver toda la masa. Esto homogenizará los contenidos de humedad, reducirá el tamaño de las “pelotas” de las heces o que se pudieron haber formado.
- Una vez cada 3 meses es conveniente colocar nuevamente el inóculo de “microorganismos activos” o “más eficientes” que se consiguen como “cócteles” biológicos en forma comercial.

### **Medidas sanitarias preventivas:**

Los procedimientos sanitarios para el manejo de estos sistemas alternativos para el tratamiento de excretas humanas deben ser estrictos, sin embargo, esta claro que con precaución y sentido común el nivel de riesgo para contraer una enfermedad o infección es significativamente bajo.

A continuación se enlistan una serie de recomendaciones sobre como prevenir y llevar adelante un procedimiento seguro en el compostaje de desechos humanos:

- Es muy importante contar en las cercanías del tanque compostero con una llave para el suministro de agua y jabón para el correcto lavado de manos, así como para la limpieza del sitio ante la eventualidad de derrames.
- El mejor jabón es el antibacterial líquido.
- Lave siempre sus manos después de cualquier acción con estas técnicas alternativas para el tratamiento de excretas. Ya sea ante una inspección, el mezclado de la materia interna, etc..
- Siempre vista con pantalones largos.
- No utilice camisas de manga larga porque los puños se pueden ensuciar; así como asegúrese de no tener las faldas sueltas, para que tampoco se vayan a poner en contacto con los materiales en proceso de compostaje.

- Use guantes de hule. Y aunque los haya utilizado, después de haber realizado el trabajo con la compostera, lave sus manos.
- Mantenga sus uñas cortas.
- Proteja sus ojos.
- Si tiene alguna “cortada” en la piel, cúbrala con una curita o utilizando vaselina, antes de iniciar los trabajos.
- Los instrumentos de trabajo, manténgalos limpios y marcados; indicando que son exclusivos para el trabajo con la compostera.
- Como recomendación final se establece que no toque directamente el compost tan pronto como lo ha retirado de la compostera. Esto es una medida preventiva. Aunque el material tenga la apariencia de estar muy bien procesado, es conveniente tratarlo con precaución.
- El compost colóquelo en un sitio controlado, donde las personas no estén pasando y donde ese material pueda recibir los rayos del sol.

## REFERENCIAS

1. Backcountry Sanitation Manual. Appalachian Trail Conference. 2001.
2. "The Composting Toilet System Book: A practical guide to Choosing, Planning and Maintaining Composting toilet Systems...", 2005, de David Del Porto and Carol Steinfeld, Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP) of Concord, Massachusetts.
3. Clivus Multrum, INC., [www.clivusmultrum.com](http://www.clivusmultrum.com)
4. ISSUE. iniciativa integrada para un ambiente urbano sostenible. Consorcio: ACEPESA-ITCR-GTZ/IFAM, 2004.
5. Proyecto Ecosaneamiento. Apuntes de experiencia de campo y trabajos experimentales. CIVCO-ITCR. E.Rosales.

# **A N E X O No. 4**

## **LA BIOJARDINERA**

PRIMERA PÁGINA DE PANFLETO DIVULGATIVO:

PANFLETOS DE ECOSANEAMIENTO

3

ISSUE  
INSTITUTO GUATEMALTECO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS SOCIALES

GTZ

## La Biojardinera: Una alternativa natural para limpiar las aguas grises de nuestra casa

La biojardinera es un jardín que le da belleza a nuestra vivienda y da salud a nuestra vida.



**¿Qué es una Biojardinera?**

Las biojardineras o humedales construidos son unidades para el tratamiento de aguas residuales, principalmente las que provienen de una vivienda, aunque también se usan en proyectos de dimensiones mayores como comunidades, residenciales, industrias e hoteles.

Una biojardinera es un recipiente o excavación impermeable. No se le debe escapar el agua. Puede construirse con diferentes materiales como concreto, ferrocemento, bloques o ladrillos, plástico reforzado con fibra de vidrio o simplemente logrando impermeabilizar el suelo con tejas de plástico o con el mismo suelo, si es arcilloso.

**¿Qué son las aguas grises?**

Son las aguas provenientes de los lavamanos, de las regaderas o duchas en los baños, del lavadero en la cocina y del lavado de ropa. Las aguas grises son las aguas residuales que desecharnos diariamente en mayor cantidad.



# MUESTRA DE HOJA DE CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA BIOJARDINERA:

HOJA PARA EL CÁLCULO DE UNA BIOJARDINERA, ACUAS GRISAS DOMESTICAS

### BIOJARDINERAS EXCLUSIVAS PARA AGUAS GRISAS

**DATOS**

Población	8 personas	
Caudal retiene por persona	200 l/persona día	120 Nocegas
Caudal total	1.6 m <sup>3</sup> /día	
t sedimentación	0.1 día	
t biodegradación	45.75 días	
Temperatura	22 °C	
t almacenamiento	0.15 años	

- Concentración de entrada de Coliformes fecales:  $C_{in}$  (NMP/100 ml) = 1.2E+04
- Concentración de entrada de DBO<sub>5</sub>:  $C_{in}$  (mg/l) = 80
- Pendiente: i (%) = 1.0
- Porosidad de material filtrante: n (%) = 50.0
- Profundidad del lecho: h (m) = 0.6
- Conductividad hidráulica: k (m/día) = 0.267
- Tiempo de retención: T<sub>res</sub> = 3 a 5 días
- Carga hidráulica:  $C_v$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día) = 27
- Constantes reacción (valores Masasa UPI-BIOMASA):  $K_{d,BO}$  (1/día) = 0.18
- $K_{d,CO}$  (1/día) = 170
- Carga orgánica, menor a: CO = 15.4 OBOC/100 ml

**PRETRATAMIENTO**

$V_1 = 10.7 (F \cdot t) \cdot Q$	0.1800 m <sup>3</sup>
$V_2 = 20.7 (10 + 1) \cdot Q$	0.1871 m <sup>3</sup>
$V_3 = 10.7 (F \cdot t) \cdot Q$	0.0027 m <sup>3</sup>
<b><math>V_{total} =</math></b>	<b>0.3798 m<sup>3</sup></b>

**LA BIOJARDINERA**

Cálculo de dimensiones	
Ancho mínimo: $Q / (k \cdot i) =$	0.495 m = 5'
Longitud: $Q / (i \cdot C_v) =$	11.838 m = 12'

**Dimensiones Corregidas**

B =	0.70 m
L <sub>1</sub> =	11.20 m
L <sub>2</sub> =	1.40 m
a =	0.14 m
b =	0.80 m

Validación de las dimensiones que se proponen:

Tiempo $t_{BO} = Q / (k \cdot i) \cdot C_v =$	3.90 días
$C_{BO} = e^{-k \cdot t} \cdot C_{in} =$	9.67 mg/l
CO = $Q \cdot C_{BO} / (i \cdot B) =$	7.71 gr OBOC/m <sup>2</sup> /día
$C_{BO} = e^{-k \cdot t} \cdot C_{in} =$	101.06 NMP/100 ml

**MATERIALES PARA TRATAMIENTO PRETRATADO**

2	unidades =	Recipientes plásticos, con tapa, no menores a	190	litros (L)
4	unidades =	Tuberías PVC sanitarias de 38 mm (1.5 pulg)	50	gallones
1.00	m =	Tubería PVC, sanitaria de 38 mm (1.5 pulg)		
4	unidades =	Uniones PVC de 38 mm (1.5 pulg)		
3.00	m =	Tubería PVC, sanitaria de 25 mm (1.0 pulg) para línea de ventilación		
1	unidades =	Unión PVC de 25 mm (1.0 pulg)		
2	unidades =	Tuberías sanitarias de 25 mm (1.0 pulg)		
1	unidades =	Copador/paseo de mediano a granito, para limpieza		
1	unidades =	Tubo estándar		

**MATERIALES PARA BIOJARDINERA DE ACUERDO A DIMENSIONES CORREGIDAS**

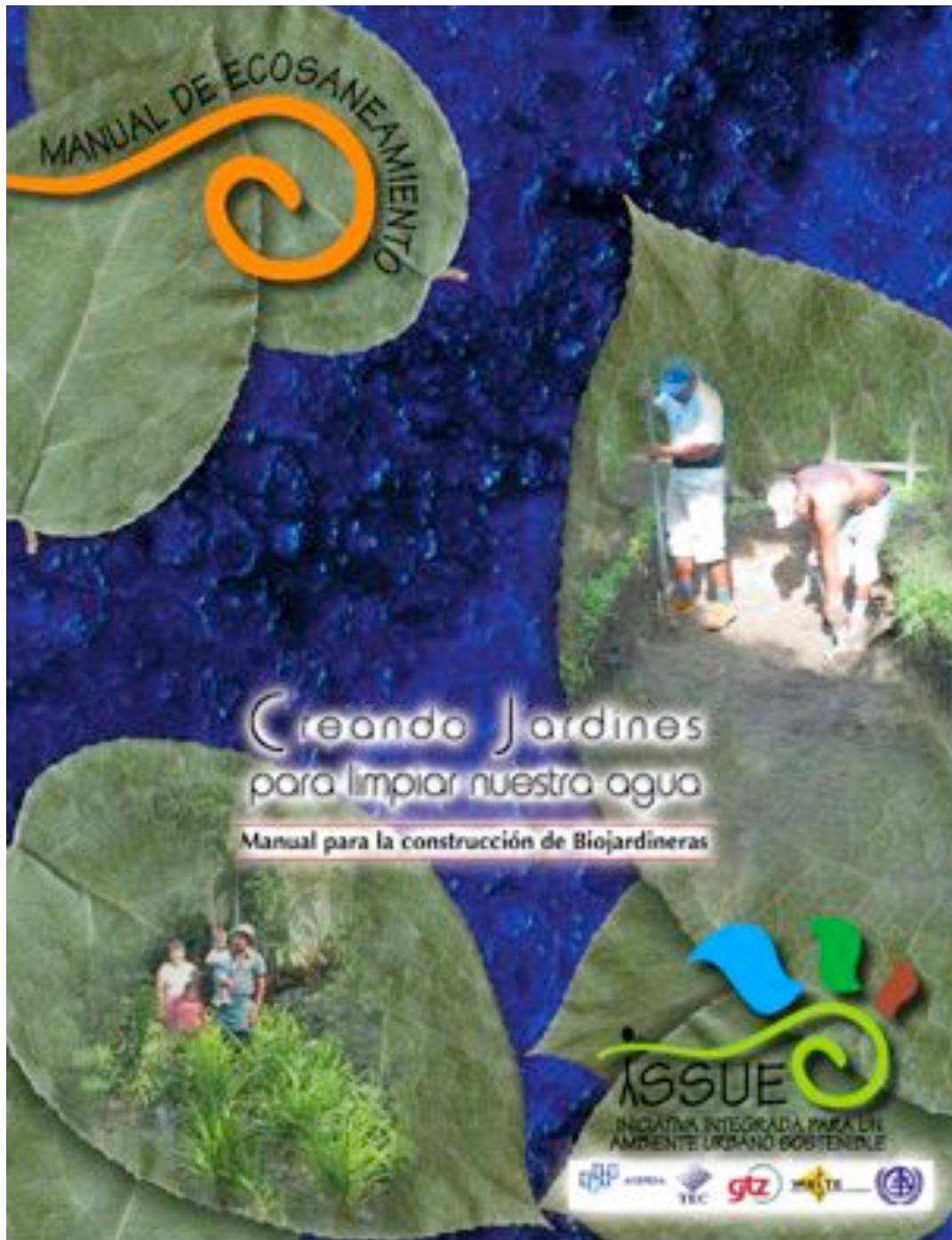
3.23	m <sup>2</sup> =	Piedra tipo gravilla, entre 4 y 5 pulgadas		
13.94	m <sup>2</sup> =	Piedra cuarta, entre 3/4 y 1 pulgada		
15.60	m =	Plástico de 0.7 mm de espesor, 3 m ancho (36 onzas)		
4.70	m =	Tubería PVC, sanitaria de 38 mm (1.5 pulg)		
4	unidades =	Taponos PVC, sanitarios de 38 mm (1.5 pulg)		
4	unidades =	Tuberías PVC sanitarias de 38 mm (1.5 pulg)		
1	unidades =	Tubo "pegamento" PVC		
7	seca =	cemento o pegamento		
123	unidades =	seca		
12	días =	1 operario + 1 medio operario + ayuda		

**MATERIALES ADICIONALES, SI SE COLOCAN OTRAS LINEAS DE SALIDA**

1	unidades =	Recipientes plásticos, con tapa		
2	unidades =	Válvulas o tapas de paso PVC de 38 mm (1.5 pulg)		
2.00	m =	Tubería PVC, sanitaria de 38 mm (1.5 pulg)		



**PORTADA DEL MANUAL PARA CONSTRUIR BIOJARDINERAS:**



# **A N E X O No. 5**

## **SIEMBRA DE AGUA**

# PORTADA DEL PANFLETO

**PANFLETOS DE ECOSANEAMIENTO**  
**40**



**Sembrando agua para cosechar vida**  
Estructuras para retener e infiltrar el agua de lluvia y recargar los mantos acuíferos

.....

**¿Qué son los mantos acuíferos?**

Son sitios subterráneos donde el agua se almacena y la naturaleza, por sus medios, los va llenando cada vez que llueve. Estos son los sitios donde se filtran y luego salen las aguas que forman las nacientes.



**De los bosques al cemento: un problema que crece**

En Centroamérica, existe el problema de la desertificación de los mantos acuíferos y por las condiciones naturales de su topografía, con un territorio angosto y muy alto, gran parte del agua que cae en forma de lluvia, escurre sobre el terreno hasta alcanzar una quebrada, río o laguna para dirigirse posteriormente al mar. Esto ocurre en muy corto tiempo, por lo que grandes volúmenes de agua dulce que han caído como agua de lluvia, no son aprovechados.



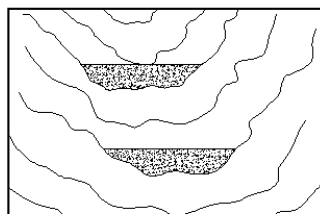
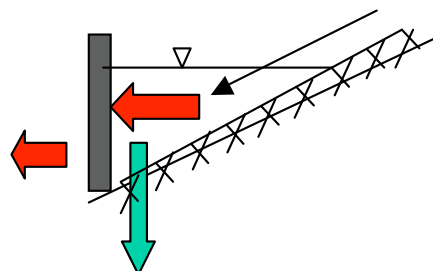
**Si se secan los mantos acuíferos, desaparecen las nacientes y con ello el agua que necesitamos para nuestra vida.**

Por eso en este panfleto proponemos alternativas para "sembrar agua de lluvia" con el fin de que los mantos acuíferos que alimentan nuestras nacientes y que de agua se recarguen y podamos seguir disfrutando del agua por más tiempo.

## BORRADOR DEL MANUAL PARA CONSTRUCCIÓN

### DIQUES DE PEQUEÑA ALTURA PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

Los diques de pequeña altura son estructuras artificiales que se construyen con el propósito de disminuir la velocidad descendente del agua, cuando baja en forma natural por un cerro, durante un aguacero. Al colocar “obstáculos” el agua se va deteniendo por lo que de esa manera se favorece la infiltración. Se reduce la velocidad horizontal y se incrementa la velocidad vertical.



Estos diques se colocan obstruyendo el paso, por lo que deben prolongarse desde un extremo a otro de la loma, logrando un solo nivel de retención.

Los diques están formados por un cuerpo central o principal y por “aletones”. Estos, son los tramos adicionales laterales con los que se cierra el dique hasta el espacio contra las laderas del cerro. Estos “brazos” pueden ser rectos o tener un ángulo. Ese ángulo le da, por la forma que se logra, estabilidad adicional a la estructura.

La construcción de estructuras para la retención e infiltración del agua, implica que dichas estructuras deben armonizar con el medio y no convertir a este en un paisaje desagradable o inhabitable para plantas y animales. Además, esa construcción debe llevarse a cabo sin utilizar algún tipo de ayuda mecánica automatizada, debido a que generalmente estos sitios de trabajo son zonas accesibles únicamente a pie. Básicamente por esa razón los materiales a utilizar deben ser fáciles de transportar y el proceso de construcción debe ser rápido y sencillo. Cuando la estructura este en funcionamiento debe demandar poco mantenimiento y de ser posible, permitir el nacimiento o crecimiento de plantas sobre sí.

De la experiencia generada<sup>1</sup> se concluyó que materiales adecuados por razones económicas y funcionales, para este tipo de diques de baja altura son el ferrocemento y las llantas viejas rellenas.

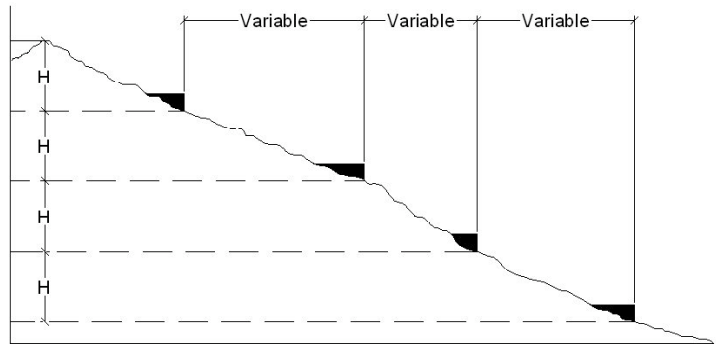
A continuación se presenta una descripción sobre las necesidades generales que tienen los procedimientos de construcción pretendidos y más adelante, se dan los detalles específicos a cada técnica. Ya que los aspectos referidos a ubicación de los diques, trabajos iniciales y excavación son prácticamente los mismos para ambos casos.

<sup>1</sup> Proyecto por tesis de graduación, grado de Licenciatura, Ingeniería en Construcción - ITCR, del Ing. Rodolfo Fernández V., realizado entre 2005-2006, en la reserva Madre Verde, La Granja, Palmares, Alajuela, Costa Rica.

## UBICACIÓN DE DIQUES EN EL TERRENO

Para definir el sitio o los sitios donde se construirá el dique de baja altura se debe tomar en cuenta:

- 1- Ubicar en forma conveniente una distancia desde lo alto del cerro, en la línea de paso del agua. Conveniente como para que el agua a retener pueda almacenarse sin causar complicaciones por velocidad acumulada o cantidad.
- 2- Es prudente definir como constante una determinada magnitud para la distancia vertical y acomodar de esa manera la ubicación de los diques que se vayan a construir. Se recomienda que esa distancia "H" sea de al menos 30 m.
- 3- La estructura a construir se debe ubicar en la hondonada, concavidad o canal que se forma en el pliegue (talweg), en el arranque o unión de



- dos cerros, por donde el agua escurre hacia abajo en ese terreno. Esa estructura, en conjunto con el terreno, constituye un estanque donde el agua se almacena por un lapso de tiempo corto y prudencial. Esto quiere decir que el nivel superior o la parte más alta del dique, se une en sus extremos laterales con puntos del terreno.
- 4- En la misma línea de la hondonada y siguiendo la pendiente del terreno, se pueden construir otros diques que recogerán el agua del anterior, más el agua que caerá entre un dique y el siguiente.

## TRABAJOS INICIALES:

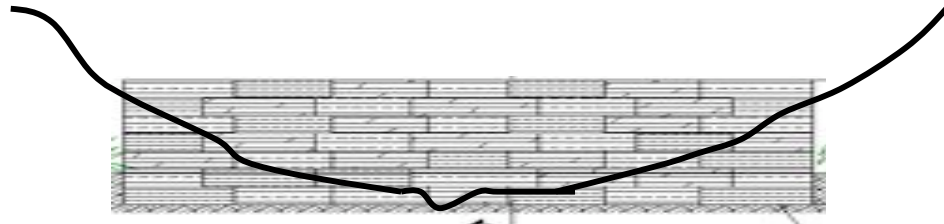
- 5- Se debe, como primera actividad del proceso de construcción eliminar completamente la maleza y la capa de suelo vegetal (raíces, tierra negra suelta).
- 6- Es necesaria la colocación de varias estacas. Dependiendo de la longitud que se quiera dar al dique así se planea la distribución, se puede utilizar una estaca a cada metro o a cada metro y medio. Se coloca una estaca en el centro del espacio donde se ubicará el dique y las otras estacas a cada metro a partir de esta, hacia ambos lados, definiendo la línea de centro del muro. Esas estacas serán piezas de madera de unos 60 cm de largo.
- 7- En cada estaca se coloca un clavo, de 1,5 pulgadas (38 mm), para de él amarrar una cuerda de albañil y determinar la línea centro del dique. Estas estacas, junto con la cuerda y un nivel, nos ayudarán a determinar los niveles o distancias paralelas horizontales con las que se uniformará el trabajo a realizar con respecto a las condiciones del terreno. Este paso es muy importante ya que de esta manera se estarán fijando los puntos de referencia, colocando todos los puntos a una misma altura o en un mismo plano.
- 8- A partir de la línea nivelada (horizontal) se medirán las alturas verticales desde y hasta el terreno. Esto igualmente permite que una vez realizada la excavación requerida y con el fin de verificar en diferentes puntos que el terreno a utilizar como base del dique se encuentre completamente plano.

## EXCAVACIÓN:

- 9- Al iniciar este proceso de excavación es también apropiado tener muy claro el lugar donde se estará colocando la tierra que se vaya extrayendo. Necesitaremos este material posteriormente, por ejemplo: para rellenar las llantas, cerrar aberturas laterales, etc..
- 10- A partir de la cuerda se va verificando la profundidad requerida para la excavación. Las cuerdas son la referencia fundamental para lograr todos los niveles que se necesitan, para ello, se comprueba con el nivel, que la cuerda se encuentre completamente horizontal, posteriormente se comprueba la altura del terreno con respecto a la cuerda; esta altura debe ser constante en todos los puntos.
- 11- La excavación se termina cuando se ha logrado la profundidad "H" total propuesta (promedio aproximado a 40 cm en relación al terreno original) y el fondo de toda la excavación este al mismo nivel, es decir plano, donde todos los puntos estarán a la misma distancia vertical desde las cuerdas de referencia.

A) PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN SUGERIDO, AL UTILIZAR LLANTAS VIEJAS Y RELLENAS COMO DIQUE DE BAJA ALTURA.

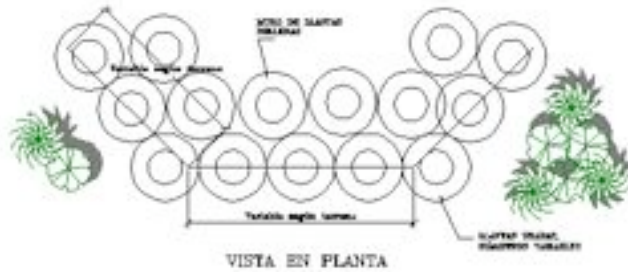
Un dique de estos que se ha venido proponiendo y construido con llantas viejas, ha resultado ser una estructura muy funcional. Porque las



llantas se consiguen sin costo de una gasolinera o estación de servicio. Su transporte al sitio es relativamente sencillo. Por su forma y posibilidades de acomodo en el terreno se logra la apropiada estabilidad para la altura corta que se pretende. Incluso se pueden realizar amarres entre ellas y aún así permitir el paso del agua. Con esta posibilidad para armar una estructura de baja altura, su consolidación también se mejora al colocar la misma tierra de la excavación dentro de las llantas, aumentando el peso y a la vez siendo el sustrato apropiado para que plantas del lugar crezcan sobre la estructura.

ASPECTOS ESPECÍFICOS PARA LA EXCAVACIÓN

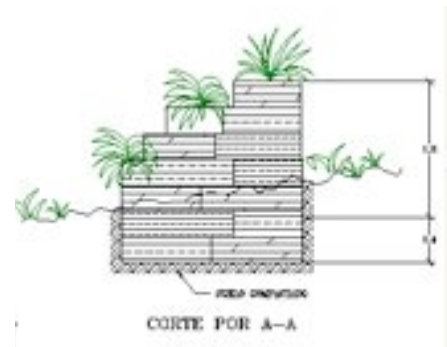
- 12- El ancho de la trinchera a excavar, al pretender la altura final del dique en 1,5 metros, requiere espacio suficiente como para colocar dos llantas juntas (acostadas, una a la par de la otra). lo propuesto son alturas mayores, en trinchera a excavar deberá contarse espacio para colocar más llantas juntas, dada la necesidad estructural tener que ampliar esa base.



Si la con de

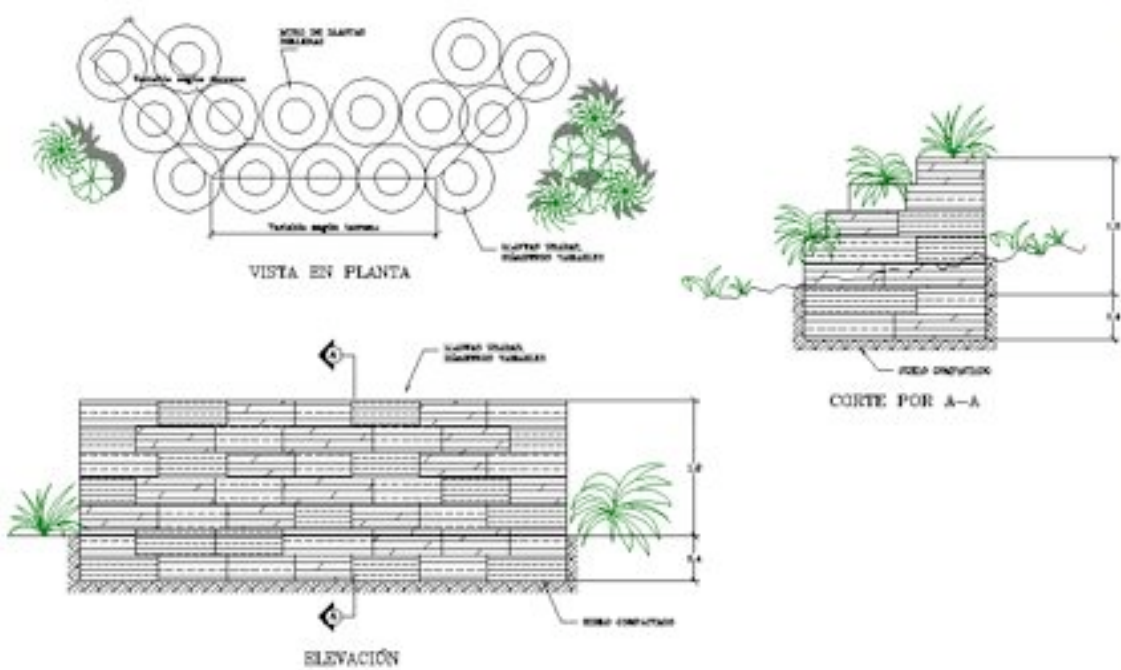
COLOCACIÓN Y RELLENO DE LAS LLANTAS:

- 13- Se selecciona la primera fila horizontal de llantas por colocar. Las llantas varían considerablemente en sus alturas y diámetros, por lo que las elegidas para la primera fila de abajo deberán ser las de diámetros y espesores mayores, ya que en el fondo es donde se tendrán las presiones máximas. Al tener allí las llantas con diámetros mayores, el ancho del dique será mayor y por lo tanto, se tendrá mayor capacidad a resistir los esfuerzos que pretendan voltearlo, definiendo así mayor estabilidad. Las llantas a utilizar pueden ir disminuyendo sus dimensiones conforme el dique vaya tomando altura, ya que la presión disminuirá también, en la parte alta.
- 14- Se coloca entonces el primer arreglo de llantas, formando como una especie de cadena, quedando una pegada a la otra y definiendo dos filas en la base.
- 15- Para obtener una estructura más estable se recomienda unir las llantas con un tornillo de 15 mm de diámetro, utilizando una arandela en cada llanta y una tuerca que mantenga el tornillo a presión.
- 16- Ya colocadas las llantas se rellenan completamente con el suelo o material disponible en el sitio, con el fin de dar mayor peso a la estructura y dar una capacidad de soporte mayor al dique.
- 17- El relleno de cada llanta se debe realizar en tres partes, llenando con la primera parte el tercio inferior de la altura de la llanta acostada y apisonando el material con el fin de compactarlo; luego se rellena la segunda parte, llegando así a completar los dos tercios y volviendo a compactar el material. Por último, se rellena la tercera y última parte de la llanta, compactando muy bien el material de su interior. Es apropiado dejar en el centro que el material sobrepase la altura de la llanta, de tal forma que cuando se compacte ese relleno, el material quede al mismo nivel con la estructura de la llanta.
- 18- El material de relleno que se esta colocando debe abarcar la parte interna (donde va el neumático) y el centro de la llanta (sitio donde se coloca el aro del automóvil).
- 19- Una vez rellena y compacta la primer fila de llantas, se coloca la siguiente fila. Ahora, las llantas se colocan de forma intercalada con respecto a la fila anterior, tal y como cuando se construye una pared de

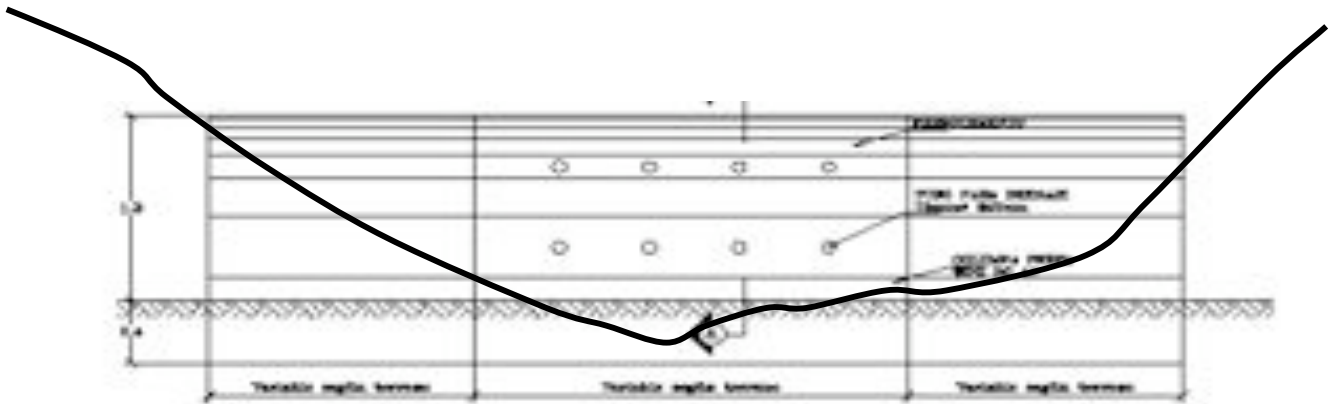


bloques de concreto (traslapando cada nueva llanta con dos de las anteriores ya colocadas). Seguidamente se rellena cada llanta, tal y como se expuso en el punto anterior y se continúa de igual forma con las filas siguientes, hasta lograr la altura total propuesta.

- 20- Las llantas se van colocando en filas horizontales una sobre otra, de ser necesario se puede aumentar el número de llantas a lo ancho, con el fin de formar una estructura triangular estable, (vista lateralmente, corte A-A).
- 21- El número de filas de llantas por colocar, una sobre la otra, varía dependiendo de la altura propuesta para el dique y de las características de las llantas con las que se dispone. (A mayor altura, mayor será la presión en el fondo y por lo tanto, mayor deberá ser la capacidad de soporte del dique, demandando un ancho inferior para la base mayor).
- 22- Una vez finalizado el dique, con las llantas completamente rellenas, es necesario asegurarse de colocar una última capa de tierra o suelo vegetal para permitir el crecimiento o siembra de algunas plantas sobre este. Esto permitirá un acabado final acorde con el medio circundante.
- 23- Esas plantas podrán ser “chinas”, zacate o cualquier otra planta pequeña de rápido crecimiento que naturalmente se irán adaptando sobre las llantas.



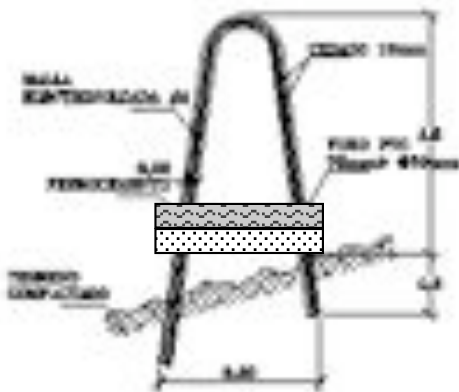
B) PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN SUGERIDO, AL UTILIZAR FERROCEMENTO COMO DIQUE DE BAJA ALTURA.



El ferrocemento es una capa delgada de mortero, reforzada con una malla de alambre de pequeño diámetro, que se distribuye uniformemente en toda su sección transversal. Es un material compuesto que, por la naturaleza del refuerzo provoca, junto con el material de relleno, mejores resultados durante su funcionamiento del que darían cada uno de sus componentes por separado. Con este material se logran mejoras de muchas propiedades ingenieriles y se obtienen otras ventajas en el proceso de fabricación. Se usa en estructuras delgadas donde la resistencia y la rigidez son desarrolladas por medio de la forma y tiene la gran ventaja de amoldarse y convertirse en una obra de una sola pieza. Otras ventajas son su bajo costo, su resistencia a la corrosión, no es inflamable y es un elemento relativamente liviano.

Por las condiciones del terreno y a la ubicación pretendida para estos diques, esta técnica compuesta de materiales resulta sumamente atractiva debido a la amplitud de sus propiedades.

ASPECTOS ESPECÍFICOS PARA LA EXCAVACIÓN



12. El ancho de la trinchera a excavar debe ser de 90 centímetros, ya que la estructura que se pretende posee una forma triangular, vista lateralmente; nace de 80 cm pero en su parte más alta mide solo 20 cm. Si se quiere aumentar la altura del dique, estas medidas de la base se verán variadas también, pero al igual que el caso anterior, no se aconsejan estructuras mayores a 1,5 m.
13. Una vez excavada la trinchera, se compacta el material del fondo y se le coloca una capa de 5 cm de concreto pobre de  $105 \text{ kg/cm}^2$ . (Ver cuadro de dosificaciones, donde se especifican las cantidades apropiadas típicas que se deben mezclar para lograr un buen concreto y una buena calidad de mortero).

PREPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

14. En primer lugar se deben cortar los rectángulos de malla electrosoldada que se van a requerir para reforzar la base. Estos son tiras de aproximadamente 80 cm de ancho, los cuales se unirán una con otra, utilizando alambre negro; estos rectángulos de malla electrosoldada, serán los que conforman la base, por lo tanto se colocan acostados sobre la capa de concreto pobre. La cantidad de pedazos necesarios estará determinada por la longitud que tendrá el dique y de acuerdo al acomodo de los tramos central y laterales que tendrá la estructura.
15. A esa malla, para la base se le amarran otros rectángulos de malla electrosoldada utilizando alambre negro y una tenaza. Esas piezas una vez amarrados se levantan y dan forma a las paredes de la estructura. (Estas paredes deben formar una línea a ambos lados del dique, es decir, la pared que estará en contacto con el agua y en la pared de afuera o libre al otro lado).



16. Las piezas cortadas para las paredes tendrán la misma longitud que la base, la cual también es la longitud total del dique. El ancho de esas piezas, para las medidas que se han propuesto será de 1,60 m. Esto es 0,40 m en contacto con la base y bajo el nivel del terreno de acuerdo a la excavación realizada y para la altura libre de 1,20 m.
17. Los empalmes o cruce de dos pedazos de malla debe realizarse traslapando las piezas de estos materiales. Ese traslape no ha de ser menor a 10 cm.
18. Es importante que los empalmes entre una pieza de malla y otra, no estén todos en una misma sección o línea. Esto es que si en la base se realizaron empalmes a cada metro, en las paredes esos empalmes deberá desfasarse para no coincidir. Así para las paredes el primer rectángulo puede medir 50 cm de longitud y los demás un metro, de esta forma las uniones de malla con malla en las paredes, se ubicarán desfasadas pues tendrán 50 cm de diferencia con respecto a las uniones en la base.
19. Los trozos de alambre a utilizar para los amarres deben medir 20 cm, como mínimo, estos se doblan a la mitad para formar un doble alambre. El alambre abraza la varilla de la malla de la base y la une a otra varilla de la malla de la pared, se abrazan entonces ambos rectángulos de malla y se soca la amarra, girándola sobre sí varias veces. Estos amarres deben de ubicarse a máximo 30 cm uno de otro.
20. Una vez que se han fijado las piezas de malla electrosoldada (hechas todas las amarres de las paredes con la base), se coloca sobre esa estructura metálica el cedazo o malla de alambre galvanizado (aberturas o espaciamiento de 19 mm). Esta otra malla se amarra también con alambre, en todos los puntos que se requiera.
21. Ahora bien se procede a colocar el mortero para ferrocemento en la base, con el fin de dar mayor estabilidad a la estructura para continuar los trabajos. El espesor de esta colocación es de 3 cm máximo.
22. Es necesario, luego de colocado ese mortero, continuar los trabajos hasta el siguiente día. Dando de esa manera tiempo para el endurecimiento requerido. Debe mantenerse la humedad apropiada para que se “cure” el mortero en esa base.
23. Posteriormente se cortan otros rectángulos, ahora de 20 cm de ancho por 75 cm de longitud, para darle forma a la parte superior (lomo) del dique. Entonces, las paredes se deben ajustar a ese cierre superior, procediéndose a amarrar ambas secciones (de igual forma como se amarró la base a las paredes).
24. Se define así un trapecio, con base inferior de 80 cm, base superior de 20 cm y de aproximadamente 1,5 metros de altura. Utilizando la malla galvanizada de 19 mm (cedazo) se forra la cara exterior de la estructura. Se fija entonces esa malla de 19 mm a la malla electrosoldada, utilizando alambre negro.
25. Finalizada la estructura metálica del dique, se procede entonces a limpiarla de cualquier impureza o basura que esta contenga y preparar de esa manera la fase siguiente de empezar con el relleno de mortero.
26. Antes de colocar el mortero sobre la estructura metálica, se deben colocar trozos de tubo PVC de 50 mm de diámetro y unos 80 cm de longitud. Estos serán los medios por donde el agua que retenga el dique podrá continuar su camino, con menos velocidad, pendiente abajo. Esos tubos se colocan en dos filas, la primera a por lo menos 40 cm del suelo y la segunda fila a aproximadamente 50 cm más arriba de la anterior; en la primera fila los tubos irán a cada 50 cm; en la segunda se pueden separar 1,0 m. Es importante también dejar salidas en el fondo, para controlar de cuando en cuando y evitar el almacenamiento permanente de agua.
27. Para colocar los tubos en la estructura se debe cortar en la malla (cedazo) un círculo por donde pasará el tubo, luego este se introduce por ahí y se fija con alambre negro.
28. ALTERNATIVAMENTE, la estructura metálica a utilizar como refuerzo de estos diques puede tener otros preparativos.
  - a) La base se hace en forma semejante, como una tira o rectángulo de 80 cm de ancho. Esta puede ser una sola pieza de acuerdo a todo el largo que tenga el dique a construir o a las secciones de los tramos que conformen el dique.
  - b) Esa base de mallas puede cortarse más ancha, tomando en cuenta los traslapes que se requieren. Así al colocarla, se dejan en forma vertical los “entronques” del caso, para “las paredes”.
  - c) Se coloca cedazo sobre la malla electrosoldada de la base y se amarra.
  - d) Se coloca el mortero, procurando un espesor no mayor a 3 cm. Dejando bien cubiertos todos los elementos metálicos.
  - e) Ambas paredes y el “lomo” superior pueden cortarse en una sola pieza. Esto es una sección de 3,40 m (1,6+0,2+1,6 m) de largo, por el ancho que permita la malla electrosoldada.
  - f) Armada esta estructura soporte de malla electrosoldada, se procede en forma semejante al procedimiento anterior, colocando y amarrando el cedazo (malla de alambre galvanizado con aberturas de 19 mm).
  - g) Limpieza.
  - h) Colocación de tubos o medios para la evacuación del agua.

- i) Colocación del mortero, en paredes. Procurar que el mortero pase bien el cedazo, cubra todas las partes metálicas y no tenga un espesor mayor a 3 cm

#### COLOCACIÓN DEL MORTERO

- 24- Esta etapa del trabajo se inicia aplicando el mortero de abajo hacia arriba, en ambos lados de la pared, es decir, por dentro y por fuera. Debe haber un trabajador de cada lado. Esto se debe realizar en un solo día para obtener una mezcla homogénea. La cantidad de mortero a preparar siempre debe ser pequeña y en un carretillo o superficie controlada, no en el suelo, esto para asegurar la calidad de los componentes de la mezcla.
- 25- El proceso de colocación consiste en forzar el mortero desde afuera hacia adentro, para que este penetre en las armaduras. Después de una segunda ronda puede dársele el acabado con ayuda de una esponja.
- 26- Debe asegurarse siempre la compactación (esta se revisa golpeando con un martillo las zonas que tienen mortero recién colocado) y el adecuado recubrimiento del refuerzo (5 mm sobre la malla de 19 mm).
- 27- La colocación del mortero dentro de cada una de las capas de malla y varilla es muy importante. Para esto es fundamental el trabajo conjunto entre la persona que esta en la parte interna y la que esta en la parte externa; ambas deben presionar y mantener los golpes de verificación.
- 28- La proporción por volumen adecuada para la mezcla es una parte de cemento, tres de arena y media parte de agua (1 : 3 : 0,5). De ser posible se puede agregar un aditivo acelerante en el agua de mezclado.

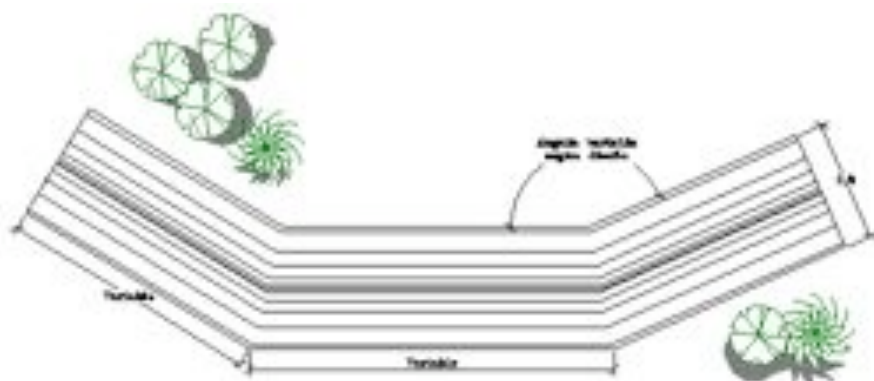
#### CURADO DE LA ESTRUCTURA

- 29- La estructura se debe curar durante una semana al menos, todos los días; esto se realiza agregando agua en grandes cantidades, tanto por dentro como por fuera, así como se debe proteger a esa estructura de los rayos directos de sol. La aplicación de agua inicia tan pronto como el mortero este “duro” y no más tarde del día siguiente de cuando se haya realizado la colocación del mortero.

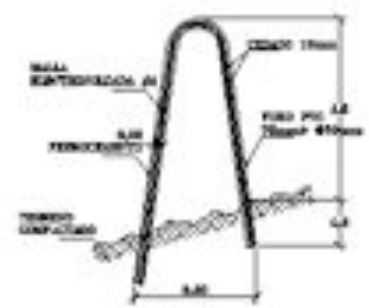
#### GUÍA PARA LA CONFECCIÓN DE MEZCLAS

- 30- En la siguiente tabla se muestra a manera de guía, diferentes proporciones de mezcla, por volumen, de materiales para preparar concretos y morteros. Es importante resaltar que lo correcto es conocer el tipo de agregados a utilizar, porque dependiendo de sus características así será la calidad real del concreto o mortero a obtener.

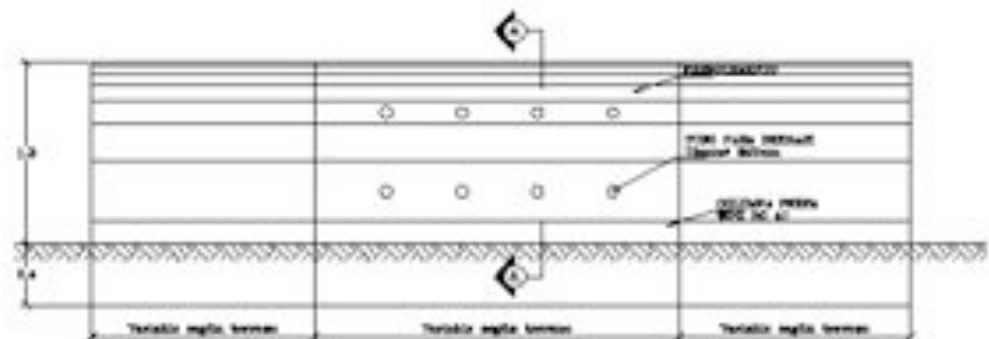
Dosificación por sacos y cajones de 30,5 cm x 30,5 cm				
Resistencia a la compresión	Sacos de Cemento	Cajones		Cal (kg)
		Arena	Piedra	
105 kg/cm <sup>2</sup>	1	4	8	0
140 kg/cm <sup>2</sup>	1	3	6,5	0
175 kg/cm <sup>2</sup>	1	2,5	5	0
210 kg/cm <sup>2</sup>	1	2	4	0
245 kg/cm <sup>2</sup>	1	1	2,5	0
mortero	1	1,5	0	10



VISTA EN PLANTA



CORTE POR A-A



ELEVACIÓN

INFORMACIÓN PARA UN PRESUPUESTO,  
(MATERIALES Y RENDIMIENTOS)<sup>2</sup>

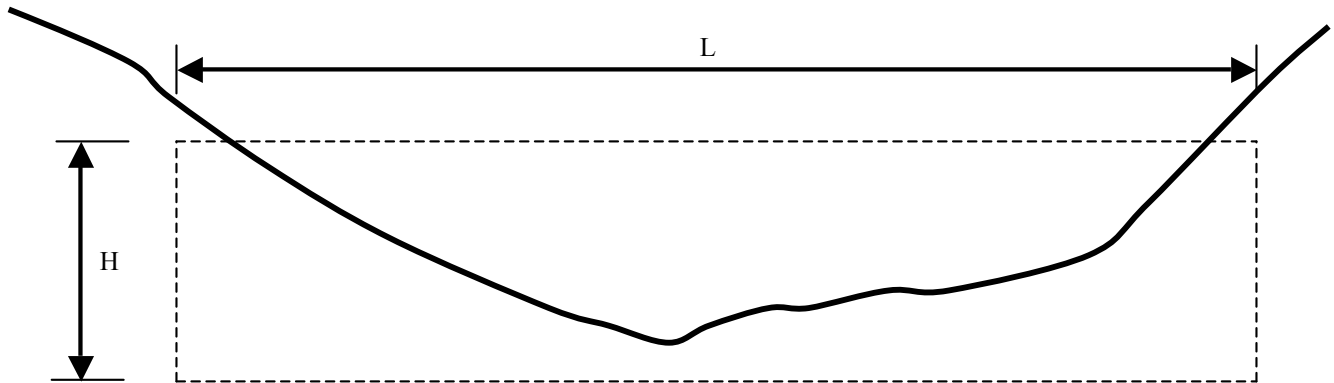
CONSTRUCCIÓN DE DIQUES EN BAJA ALTURA  
CON LLANTAS Y CON FERROCEMENTO

Las ventajas encontradas con estos materiales, al utilizarlos para la construcción de diques de baja altura con el propósito de proyectos en procura de la siembra de agua, fueron:

- A. La estructura a base de llantas usadas y rellenas con material de sitio, permite que los costos relativos a los materiales involucrados tiendan a “¢ 0,00”. Y su costo debido al tiempo de construcción sea moderado, debido a que tiene baja demanda de mano de obra experta.
- B. La estructura a base de ferrocemento, permite costos bastante bajos en cuanto a los materiales de construcción que intervienen y también su proceso de construcción es muy sencillo, por lo que también la mano de obra requerida no demanda de expertos.

CARACTERÍSTICAS PARA ESTAS TÉCNICAS.

- 1. Según sea el espacio donde se vaya a colocar uno de estos diques de baja altura, así serán las dimensiones que el mismo tendrá. Para efectos de la siembra de agua, la altura “H” se pretende no sea mayor a 1,20 m. Y la longitud



requerida “L”, lo determinarán las condiciones naturales del terreno, de manera tal que los extremos del dique “estén metidos” en los costados que naturalmente existan en el sitio.

- 2. En las tablas que a continuación se presentan, se resumen los costos unitarios que a partir de la experiencia realizada ha sido posible deducir.
- 3. Estos costos unitarios al multiplicarse por la longitud real que vaya a tener el proyecto permitirán tener una muy buena aproximación del costo total que tendrá el proyecto. También se presentan de forma unitaria, los materiales y rendimientos por mano de obra que se requieren.

COSTO UNITARIO TOTAL

- 4. Ambas estructuras

**Cuadro 1.** Costos de las estructuras por metro lineal

Estructura propuesta	Costo / m	Costo / m
Llantas usadas rellenas	¢ 16 587,50	\$ 32,00
Ferrocemento	¢ 63 403,64	\$ 122,40

Tipo de cambio al 23/08/06.

<sup>2</sup> Proyecto por tesis de graduación, grado de Licenciatura, Ingeniería en Construcción - ITCR, del Ing. Rodolfo Fernández V., realizado entre 2005-2006, en la reserva Madre Verde, La Granja, Palmares, Alajuela, Costa Rica.

CANTIDAD UNITARIA TOTAL POR MATERIALES

5. Llantas usadas rellenas con material del mismo sitio.

**Cuadro 2.** Cantidad de materiales por metro lineal de construcción

Material	Cantidad / m	Unidad
Llantas	10	c/u
Material de relleno	1,0	m <sup>3</sup>

6. Ferrocemento.

**Cuadro 3.** Cantidad de materiales por metro lineal de construcción

Material	Cantidad / m	Unidad
Arena	0,40	m <sup>3</sup>
Cemento	1,9	sacos 50 kg
Cal	1,0	sacos 20 kg
Malla electrosoldada 1,22 x 2,44 m	1,6	c/u
Malla (cedazo) de 19 mm x 90 cm	6,8	m
Alambre Negro #16	0,7	Kg
Tubería PVC de 50 mm	0,5	uds de 6m

7. Entonces, dadas estas cantidades de materiales por metro lineal de construcción, simplemente se debe, multiplicar la magnitud dada en la segunda columna, por la longitud total en metros que tendrá el nuevo dique y de acuerdo a la técnica escogida. Obteniendo así el total de materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto.

RENDIMIENTOS UNITARIOS DE LA MANO DE OBRA

8. A continuación se detallan esos rendimientos para cada tipo de estructura. Con esos datos se puede realizar una muy buena estimación de los tiempos reales que debería tardar el proceso de construcción, al trabajar con un número de personas igual al estipulado en estos cuadros.

9. Llantas usadas rellenas con material del mismo sitio.

**Cuadro 4.** Rendimientos promedio por mano de obra, por metro lineal de construcción

Item	Cantidad / m	Und	Número de Trabajadores	Rendimiento
Transporte de llantas	10,00	und	4 (2 pares)	0,05 min/m para 5 llantas
Limpieza del terreno, corte de hierba alta	2,25	m <sup>2</sup>	2	5 min /m <sup>2</sup>
Eliminación de la capa vegetal	2,25	m <sup>2</sup>	2	3,33 min/m <sup>2</sup>
Nivelación del terreno	0,86	m <sup>3</sup>	2	21,7 min/m <sup>3</sup>
Colocación de la primer fila	2,50	uds	2	1,25 min/und
Relleno de llantas	2,50	uds	3	8 min/und
Colocación de la segunda fila	2,13	uds	2	1,25 min/und
Relleno de llantas	2,13	uds	3	8 min/und
Colocación de la tercera fila	1,75	uds	2	1,25 min/und
Relleno de llantas	1,75	uds	3	8 min/und
Colocación de la cuarta fila	1,63	uds	2	1,25 min/und
Relleno de llantas	1,63	uds	3	8 min/und
Colocación de la quinta fila	1,38	uds	2	1,25 min/und
Relleno de llantas	1,38	uds	3	8 min/und
Colocación de la sexta fila	0,63	uds	2	1,25 min/und
Relleno de llantas	0,63	uds	3	8 min/und
Siembra de plantas sobre el dique	0,13	global	1	20 min
El rendimiento registrado para el relleno de llantas incluye: transporte del material en el sitio del proyecto, relleno en tres partes y compactación en tres partes.				

10. Ferrocemento

**Cuadro 5.** Rendimientos promedio por mano de obra, por metro lineal de construcción

Item	Cantidad / m	Und	Número de Trabajadores	Rendimiento
Transporte de materiales	3,00	viajes	2	0,03 min/m
Limpieza del terreno, corte de hierba alta	9,60	m <sup>2</sup>	2	5 min/m <sup>2</sup>
Eliminar capa vegetal	9,60	m <sup>2</sup>	2	3,33 min/m <sup>2</sup>
Nivelación del terreno	3,84	m <sup>3</sup>	2	21,7 min/m <sup>3</sup>
Excavación de la trinchera	0,26	m <sup>3</sup>	2	114 min/m <sup>3</sup>
Cama de concreto pobre	0,06	m <sup>3</sup>	2	70 min/m <sup>3</sup>
Armado de aceros de estructura	5,12	m <sup>2</sup>	4	10 min/m <sup>2</sup>
Colocación del Mortero	0,31	m <sup>3</sup>	4	468 min/m <sup>3</sup>
Curado de la estructura	5,12	m <sup>2</sup>	1	5 min/m <sup>2</sup>
El transporte del mortero al sitio se realizó en seco, el agua se agregó arriba; el rendimiento de este ítem contempla el transporte y el mezclado.				

## EJEMPLO DE CÁLCULO

11. El procedimiento para calcular los tiempos totales se describe a continuación. El ejemplo se realiza con la actividad de “armado de aceros para la estructura” y para un dique en ferrocemento:
- Tomando como dato inicial que la estructura tendrá 5 metros de largo.
  - En primer lugar, se multiplica la longitud total de la nueva estructura por la magnitud dada en la segunda columna tabla 5 (cantidad de este trabajo por metro lineal), y correspondiente a esa actividad =  $5,12 \text{ m}^2$  de armadura por metro.
  - Por lo tanto: cantidad de armadura =  $5,12 \times 5 = 25,6 \text{ m}^2$ .
  - La cuarta columna, tabla 5, define la cantidad de personas requeridas para esta actividad.
  - El siguiente paso, para calcular el tiempo que tardarán 4 personas en armar esa área estimada en “c”; es multiplicar esa área total a armar, por el rendimiento de este ítem ( $10 \text{ min/m}^2$  que se detalla en la última columna, tabla 5), obteniendo así un total de horas persona para esta actividad.
  - Por lo tanto:  $\text{Tiempo} = 25,6 \times 10 = 256 \text{ min} = 4,3 \text{ horas}$
  - Esto quiere decir que 4 trabajadores tardarían 4,3 horas en armar la estructura. Por ende, para determinar el monto a cancelar a dichos trabajadores por esta actividad, se multiplica la cantidad de personas por el tiempo total, por el precio que se pagará por hora a dichos trabajadores. Tomando para este ejemplo, ese precio por hora en  $\text{¢}600,0$ .
  - Es decir para esta actividad:  $\text{Costo} = 4 \times 4,3 \times 600 = \text{¢} 10 320,0$
12. Así, con el propósito de obtener el costo total, este procedimiento se realiza para cada una de las actividades. Se tendrá un costo para cada actividad que al sumar cada uno de ellos, se obtendrá el costo total por dique en lo que corresponde a mano de obra.
13. El proceso para saber la cantidad de materiales es semejante. Se toman los datos de las tablas dadas, se multiplica por la longitud pretendida, se ubican los precios de esos materiales y haciendo las multiplicaciones del caso se obtendrán los costos por materiales.
14. Con ambos datos finales (sumatorias en cada caso) se determinará, el costo total del proyecto.