



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



MANEJO DE SISTEMAS PEQUEÑOS Y DESCENTRALIZADOS DE AGUAS RESIDUALES

MIGUEL ANGEL OLGUIN MARTINEZ

DIRECTOR: ENRIQUE BARRANCO VITE



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

MANEJO DE SISTEMAS PEQUEÑOS Y DESCENTRALIZADOS DE AGUAS RESIDUALES

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Objetivos

Alcances

I. MANEJO DESCENTRALIZADO DE AGUAS RESIDUALES

Terminología

Descripción de los sistemas centralizados

Descripción de los sistemas descentralizados

II. CONSTITUYENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES

Características Físicas

Características químicas

Características biológicas

III. TRATAMIENTO PRELIMINAR

Cribado

Dilaceración

Remoción de arenas

IV. TANQUES SÉPTICOS

Biología del proceso

Elementos del sistema

Diseño de elementos

Ejemplo

V. TANQUES IMHOFF

Biología del proceso

Elementos del sistema

Diseño de elementos

Ejemplo

VI. LETRINAS

Biología del proceso

Elementos del sistema

Diseño de elementos

Ejemplo

VII. NUEVAS TECNOLOGIAS EN SECO

Descripción

Generalidades

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El creciente desarrollo de la población mundial a traído consigo grandes retos para la ingeniería ya que implica aglomeraciones que traen consigo contaminación de todo tipo, quizás uno de los principales problemas ha sido el de la contaminación de los cuerpos de agua.

Durante mucho tiempo el hombre se vio en la necesidad de realizar sus necesidades biológicas al aire libre, como es de esperarse esta acción fue causa de contaminación del aire y suelo lo cual le acarreo problemas de salud que en ocasiones llegaron a convertirse en verdaderas epidemias, ya que generalmente se contaminaban los cuerpos de agua de los cuales obtenía el agua para tomar y satisfacer sus necesidades, incluso en las ciudades europeas de la edad media con una población creciente no existía un sistema para disponer las excretas y después de depositarlas en una bacinica, generalmente eran lanzadas por las ventanas con el popular grito de ¡aguas! con las consecuentes molestias para la población, ya que las enfermedades de tipo gastrointestinales y el mal olor estaban a la orden del día, en esa época se intento un sistema de recolección a base de carretas las cuales tomaban los desechos y los transportaban lo más lejos posible para después depositarlos a cielo abierto. Esta práctica fue tal vez en conjunto con los grandes acueductos romanos los que de alguna u otra forma dieron origen a los sistemas de drenaje actual y que usan como medio de transporte el agua.

En realidad la información acerca del drenaje moderno toma como parteaguas el trabajo fundamental del ingeniero francés Henry Darcy desarrollado en el siglo XIX, el cual se basa principalmente en la mecánica de fluidos y la posibilidad de utilizar al agua como medio de transporte, para las excretas, lo cual es considerado como el principio fundamental del drenaje moderno que se ha difundido por todo el mundo.

Este sistema puede ser considerado como una práctica que por muchos años ha atentado contra los ecosistemas acuáticos y que afecta al medio ambiente, ya que contamina los cuerpos de agua de todo el mundo, y aunque hoy en día se ha tratado de minimizar los daños al tratar el agua residual, para hacerla reutilizable la verdad es que solo en algunos países se lleva a cabo este procedimiento, debido al costo que implica.

El rápido crecimiento de la población de los países en desarrollo, aunado a lo limitado de sus recursos económicos ha provocado que servicios básicos como el abastecimiento de agua potable y la evacuación de las aguas residuales domésticas se encuentra muy rezagada, sobre todo si se compara con lo realizado para el suministro de agua potable.

Así no sólo las zonas rurales, sino también zonas densamente pobladas, carecen de servicios elementales para el saneamiento de sus aguas de desecho.

Las aguas residuales plantearán el mayor problema con que se enfrentará la humanidad en los próximos años.

En los países con escasas disponibilidades de agua dulce, la cuestión será más aguda.

Las aguas residuales urbanas producen una serie de alteraciones en los cuerpos de agua debido a los diversos productos que contienen, y a que las áreas receptoras reducen su capacidad de asimilar. La capacidad de autodepuración de una masa de agua es siempre limitada, mientras que el vertido de residuos a ella no tiene freno en el momento actual. Es decir, el volumen de aguas residuales depuradas no alcanza en ningún punto el nivel que debería tener hasta compensar la diferencia que existe con la capacidad de autodepuración de los ríos.

Por lo que se refiere a los vertidos a zonas marinas, el problema es similar. El mar tiene una capacidad de autodepuración limitada, que hace que las costas lleguen a saturarse en lo que se refiere a contaminantes, el problema entonces se hace similar tanto en las aguas continentales como en las marinas próximas a la costa en todo el país.

La implantación de industrias y la concentración de la población en grandes núcleos urbanos por un lado, y la creación de zonas habitacionales ubicadas de modo anárquico por otro, como es el caso de la mayoría de los países de América Latina, provocan una situación tecnológicamente resoluble, pero que, económicamente, necesitaría de estudios bastante profundos, de forma que las nuevas actuaciones fueran escalonadas y al mismo tiempo se corrigiera la situación en las antiguas actuaciones.

Un ejemplo de contaminación es el de las aguas usadas de una comunidad, sin residuos industriales, es decir el de las aguas puramente domésticas. La perturbación que provocan se manifiesta principalmente por la disminución del contenido en oxígeno de la materia orgánica que agregan. Estas aguas se originan mediante el aporte, a las aguas de abastecimiento, de desechos humanos y animales, de residuos domésticos, de restos vegetales, aguas de lluvia, aguas de lavado, etc. Este tipo de vertidos presenta gran porvenir ante las posibilidades de ser utilizados como fertilizantes del suelo, como elementos de mejora de ciertas zonas de cultivo o simplemente aportándolos al suelo de manera que, mediante sistemas de infiltración-percolación o similares, este suelo depure y trate el agua residual.

En la gestión de las aguas residuales urbanas se deben tener en cuenta tres factores o elementos fundamentales. El primero está relacionado con la calidad del medio ambiente. Las aguas residuales deben ser manejadas de forma que no contaminen el aire, el suelo o los cursos o masas de agua. Así pues, no deben ser utilizadas de cualquier forma que introduzca productos tóxicos o que pueda plantear problemas patológicos, sobre todo en lo que se refiere a las cadenas alimentarias.

El segundo elemento está relacionado con la crisis de la energía. Hasta ahora prácticamente se había mirado muy poco el residuo orgánico como una fuente potencial de energía. Ahora, la gestión de las aguas residuales se puede observar, o se puede estudiar, en términos de consumo de energía, tanto bajo aspectos industriales como económicos o sociales.

El tercer elemento es la crisis alimentaria. El mundo se está planteando el desequilibrio y la crisis de producción de alimentos en amplias zonas habitadas, lo que hace necesaria la ubicación de áreas productivas en esas zonas. Así, pues, todo lo que sea aportar materia orgánica a los vegetales, implica una mayor producción de alimentos y una mayor posibilidad de conservar los recursos del suelo, producir tanto alimentos como energía. En lo que se refiere a este último proceso, es típica la mentalización creciente que existe en muchos países, la aplicación de la biomasa como fuente de energía.

Conocemos todos los factores implicados en los sistemas biológicos de tratamiento y depuración de las aguas residuales urbanas. Lo que se debe hacer ahora es utilizar todos estos elementos de trabajo de forma adecuada y razonada, adaptándolos a las acciones que paralelamente puede ejercer la naturaleza, de forma que se consiga un tratamiento, una depuración o, en su caso, una recuperación del agua, de sus recursos adecuados y útiles.

La ciudad de México es una prueba de eso; se estima que el 97% de su población, sin contar con la zona conurbana, cuenta con toma de agua domiciliaria, 18% no tiene servicio de drenaje. Es claro que en la capital Mexicana existe un volumen importante de aguas residuales de origen doméstico que se evacúan sin ningún control, por otro lado, de las aguas residuales captadas por el sistema de drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), alrededor de 45 m³/s son evacuados, en su mayoría, por canales a cielo abierto, hacia zona de riego de áreas verdes, también suele utilizarse para el llenado de lagos y en menor medida en la industria.

Naturalmente, en el resto del país, al igual que en la mayoría de los países en desarrollo, la situación se repite o se agrava. En efecto, si bien se ha realizado un gran esfuerzo para dotar de agua potable a un buen número de comunidades rurales, los problemas de la evacuación y el tratamiento se han ignorado, ya que el costo de la infraestructura de un sistema convencional es demasiado alto. De esta forma, al responder a una demanda legítima de la población, se han creado otro tipo de problemas sanitarios ambientales.

Por otra parte muy frecuentemente pueden presentarse o conflictos por el uso del agua, particularmente en zonas donde el recurso es escaso. Ante esta situación, es prácticamente común el rechazo en riego agrícola del agua residual bruta, con todos los riesgos sanitarios que implica. Indudablemente, la solución al problema de tratamiento de las aguas residuales domésticas debe ser una prioridad, no solo para proteger el ambiente, sino también por razones socioeconómicas, dado su alto costo en materia de salud y calidad de vida. Sin embargo, los escasos recursos económicos disponibles hacen prácticamente imposible resolver el problema social y ambiental cada vez más grandes.

La gravedad del problema exige entonces soluciones efectivas, a corto plazo, pero enmarcadas en un plan integral a mediano y largo plazo, que dé una salida más sustentable a este viejo problema. La elaboración de este plan requiere de trabajo multidisciplinario, creativo e innovador, con diagnósticos y soluciones integrales.

El manejo de aguas residuales en México, se ha enfocado en las descargas puntuales de aguas residuales en las comunidades. Aunque miles de personas viven en hogares conectados a sistemas descentralizados de recolección de aguas residuales, hasta ahora se reconoce que un completo sistema de alcantarillado para todo el país nunca será posible o conveniente por razones de tipo geográfico, económico y de operatividad.

En vista de que los sistemas de alcantarillado centralizados no son viables para todo el país, el manejo descentralizado de aguas residuales llega a ser de gran importancia para el manejo futuro de las aguas residuales y el mantenimiento y mejora del medio ambiente. Es claro, entonces, que existe la necesidad de un texto que exponga aspectos de ingeniería y científicos sobre los sistemas descentralizados para el manejo de aguas residuales; y este trabajo de tesis intenta responder a esa necesidad. Se han incluido principios de ingeniería, datos sobre sistemas de tratamiento, fórmulas científicas y de ingeniería, ejemplos de aplicación diaria relacionados con el manejo de aguas residuales en sistemas pequeños y locales.

Objetivo

La evolución industrial mundial de las pasadas décadas con sus efectos sobre la producción de bienes y el comportamiento de consumo e higiene de la población ha conducido a un considerable incremento de la generación de aguas residuales. Esta situación puede mejorar si se aplica una disposición apropiada de las aguas residuales que, tras cuidadoso análisis, tenga en cuenta tanto los aspectos ambientales, de instalación así como de las condiciones y locales.

Generalmente, éstas no solamente se referirán a medidas en el campo de la técnica de aguas residuales sino a ámbitos del derecho, administración pública, economía hídrica y organización.

El objetivo de este trabajo es abordar un tema que en un país como el nuestro con un territorio tan grande y una heterogénea distribución poblacional en conjunto con una geografía y topografía tan diversa, hace imposible el conectar a todos los hogares a una red de drenaje general, ya que en México existen millones de personas que se encuentran en poblaciones de tipo rural con poblaciones de 2000 habitantes o menos en las cuales el instalar un sistema de drenaje centralizado no es viable por los altos costos que implicaría para el gobierno y en general para un país como el nuestro en donde los recursos económicos son escasos, es por ello que los sistemas descentralizados son una gran opción para evitar o en su caso disminuir los problemas ocasionados por una mala disposición de los desechos humanos.

La correcta disposición de las aguas sucias y pluviales forma parte irrenunciable de una infraestructura de asentamientos humanos que se guía por principios de higiene, y por tanto por uno de los principios básicos para mejorar la calidad de vida.

Es además, parte esencial del manejo de la calidad del agua cuyo objetivo ha de ser el de conservar y en caso de deterioro restablecer el equilibrio ecológico de las aguas. Garantizar, en cantidad y calidad, el seguro suministro de agua a la población, así como al artesanado y la industria teniendo en cuenta específicamente la conservación y preservación permanente de los recursos, posibilitar de forma permanente todos los demás usos del agua que sirvan al bienestar general y al uso justificado por parte de determinados individuos.

Las cifras demuestran que en nuestro país existe un claro desequilibrio entre el suministro de agua y la disposición de las aguas residuales. Ello es debido a que se ha establecido una evidente prioridad en favor del suministro de agua, sin tomar medidas equivalentes, al menos en el mismo grado, para la disposición de las aguas residuales. Lo propio se puede decir de la relación suministro de agua y disposición de aguas residuales en el ámbito de la industria.

En el marco de este trabajo se da prioridad a las cuestiones de disposición de las aguas residuales comunales. Las cuestiones de disposición de aguas residuales industriales, sólo son tratadas de forma puntual debido a su complejidad y volumen.

Alcances

Los alcances de los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales descentralizados son en verdad muy amplios ya que incluyen no solo a comunidades pequeñas, sino que además pueden ser usados como complemento a los sistemas centralizados en casos en donde por factores de diversa índole no ha sido posible instalar un drenaje centralizado, como lo son grupos pertenecientes a las áreas conurbanas en donde en ocasiones como ya se menciono ni siquiera se cuenta con el servicio de agua potable, lo cual hace mucho mas viable el uso de tecnologías en seco que si bien es cierto requieren una inversión inicial bastante razonable, su costo de operación y mantenimiento es muy bajo, este punto se desarrollara mas adelante al abordar tanto letrinas como nuevas tecnologías en seco, este trabajo de tesis intenta no solo abordar el problema social que implica la correcta disposición de las excretas, sino también pretende abordar el problema desde un punto de vista ecológico, desde luego tomando en cuenta los aspectos técnicos, económicos, políticos, y culturales que lleva consigo el implementar un sistema descentralizado cualquiera que este sea, ya que cabe mencionar existen gran variedad de técnicas que nos permiten elegir de acuerdo a las necesidades, recursos y el entorno en donde se desea instalar.

A pesar que la disposición de aguas residuales persigue objetivos principalmente sociales, puede generar diferentes factores problemáticos no controlables o difíciles de controlar:

- Emisiones técnica y/o económicamente inevitables (emisiones residuales), que actúan desde las plantas de tratamiento de aguas residuales sobre el medio ambiente aire, suelo y agua, sobre los seres humanos y sobre los ecosistemas en su conjunto.
- Mayor cantidad de aguas sucias, no pronosticada, en los hogares (por el cambio en los hábitos de vida).

- Mayor cantidad de aguas sucias, no pronosticada, en las empresas artesanales e industriales (por aumentos de producción, oscilaciones, servicio de temporada).
- Fenómenos de eutrofización en el sistema de los cauces de evacuación que deben absorber las aguas residuales tratadas en períodos prolongados de escasez de precipitaciones.
- Consecuencias negativas del uso agrícola de lodos de depuración o composta de lodos de depuración de basuras con fines de explotación.

Los factores problemáticos citados deben ser tomados en cuenta, de forma adecuada y desde el principio, en cualquier proyecto, a fin de minimizar de entrada cualquier posible impacto mediante las oportunas medidas de organización, construcción y operación, eventualmente recurriendo a medidas de emergencia. Por lo demás, las medidas de disposición de aguas residuales deben planificarse teniendo en cuenta las condiciones locales, de manera que cumplan las reglas técnicas universalmente aceptadas en tecnología de aguas residuales, los conocimientos técnicos actuales.

Seguidamente se señalan los posibles impactos sobre el medio ambiente de las medidas de disposición de aguas residuales, clasificados según las principales etapas. El fundamento prioritario de cualquier proyecto de disposición de aguas residuales es el estudio y/o decisión sobre si procede llevar a cabo:

- Un saneamiento descentralizado (saneamiento individual por propiedad, con fosas sépticas, fosas y/o plantas depuradoras, letrinas, etc.)
- Un saneamiento comunal centralizado (saneamiento colectivo en forma de una red de canalización con las construcciones necesarias, que capte las aguas residuales que se generen en la finca, las evacue y las conduzca a una o varias plantas (centrales) de tratamiento de aguas residuales).

- Un sistema descentralizado de disposición de aguas residuales tiene los siguientes efectos positivos sobre el medio ambiente:
- El circuito natural del agua apenas se interrumpe y/o perturba, por ejemplo mediante la captación y evacuación específica de las aguas pluviales (lo que reduciría considerablemente la parte de agua de infiltración de las precipitaciones).
- Se incrementa la motivación para reducir el consumo de agua (en caso de mayor consumo se generan mayores gastos, claramente apreciables, por la evacuación del contenido de los pozos).
- No se producen descargas puntuales o intermitentes de partículas de suciedad en los cauces de vertido, en los desagües de aguas pluviales ni en las construcciones de rebosamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Se eliminan en gran medida los fenómenos de eutrofización y desertización en tramos de los cauces de vertido.

Una vez explicadas algunas de las razones que hacen viable a un sistema descentralizado de aguas residuales, debe aclararse además que en algunos casos deben ser instalados como medida correctiva a prácticas ambientalmente incorrectas que se han venido haciendo por décadas que ponen en riesgo la salud y el medio ambiente, como lo son las descargas a ríos e infiltraciones al subsuelo.

I. MANEJO DESCENTRALIZADO DE AGUAS RESIDUALES

Terminología

La terminología usada en tratamiento de aguas residuales no siempre es tan clara, los términos operaciones unitarias, procesos unitarios, reactores, sistemas y niveles de tratamiento primario, secundario y terciario, aparecen frecuentemente en la literatura, y su uso no es siempre el mismo en todas las referencias bibliográficas. En este capítulo se darán los significados de esos términos. Tal como se emplearán en este texto.

- **Aguas residuales:** son aquellas cuyas propiedades se encuentran alteradas por el uso doméstico, industrial, agrícola u otros, así como las aguas que se evacúan junto a éstas en tiempo seco (aguas sucias) y las aguas pluviales que fluyen y se recogen de áreas edificadas y superficies urbanizadas (aguas pluviales). Como aguas sucias se consideran también aquellos líquidos que fluyen y son recogidos de plantas para el tratamiento, almacenamiento y deposición de residuos.
- **Recolección de aguas residuales:** Captación de las aguas residuales en las fincas con ayuda de conducciones conectadas, bajantes y de subsuelo, así como fosas sépticas y plantas depuradoras, letrinas, etc.
- **Evacuación de aguas residuales:** Transporte de las aguas residuales a través de canalizaciones (en caso de aguas pluviales también mediante cauces abiertos) que trabajan por procesos de separación, mezcla o suciedad (esto último sin evacuación centralizada de aguas pluviales).
- **Tratamiento de aguas residuales:** Aplicación de procesos físicos, biológicos (aeróbicos o anaeróbicos) y químicos, a fin de reducir en la medida necesaria las sustancias de riesgo para el medio ambiente, especialmente para el agua, o al menos sus efectos nocivos.
- **Eliminación de aguas residuales:** Reconducción de las aguas residuales, al circuito natural del agua.
- **Tratamiento de lodos:** Reciclaje del lodo para su explotación o eliminación.

- Absorción: Concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.
- Afluente: Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.
- Aguas crudas: Aguas residuales que no han sido tratadas.
- Aguas residuales municipales: Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos.
- Aguas residuales: Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.
- Aguas servidas: Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales.
- Aireación: Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).
- Ambiente aerobio: Proceso que requiere o no es destruido por la presencia de oxígeno.
- Ambiente anaerobio: Proceso desarrollado en ausencia de oxígeno molecular.
- Análisis: Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio.
- Bacteria: Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación.
- Biodegradación: Degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.
- Cámara: Compartimiento con paredes, empleado para un propósito específico.

- **Carbón activado:** Forma altamente adsorbente del carbón usado para remover olores y sustancias tóxicas de líquidos o emisiones gaseosas. En el tratamiento del agua este carbón se utiliza para remover materia orgánica disuelta del agua residual.
- **Carga de diseño:** Producto del caudal por la concentración de un parámetro específico; se usa para dimensionar un proceso de tratamiento, en condiciones aceptables de operación. Tiene unidades de masa por unidad de tiempo, (M/T).
- **Carga orgánica:** Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).
- **Carga superficial:** Caudal o masa de un parámetro por unidad de área y por unidad de tiempo, que se emplea para dimensionar un proceso de tratamiento ($m^3/(m^2 \text{ día})$, kg DBO/(ha día).
- **Caudal máximo horario:** Caudal a la hora de máxima descarga.
- **Caudal medio:** Caudal medio anual.
- **Clarificador:** Tanque de sedimentación rectangular o circular usado para remover sólidos sedimentables del agua residual.
- **Cloración:** Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección ; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.
- **Coliformes:** Bacterias de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.
- **Combinado:** Sistema de alcantarillado que recibe aguas lluvias y aguas residuales de origen doméstico y/o industrial.
- **Compensación y homogeneización:** Operación unitaria usada para evitar las descargas violentas, aplicables a descargas de origen industrial en el cual se almacena el desecho para aplanar el histograma diario de descarga y para homogeneizar la calidad del desecho.

- **Concentración:** Denomínese concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.
- **Criterios de diseño:** 1. Normas o guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema. 2. Guías que especifican detalles de construcción y materiales.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno:** Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.
- **Desarenadores:** Cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de sólidos minerales (arena).
- **Descomposición anaerobia:** Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano.
- **Desechos industriales:** Desechos líquidos de la manufactura de un producto específico. Usualmente son más concentrados y tienen mayores variaciones de caudal que los desechos domésticos.
- **Desechos peligrosos:** Desechos potencialmente dañinos para el ambiente, debido a su toxicidad, alta capacidad de combustión, corrosividad, reactividad química u otra propiedad nociva.
- **Deshidratación de lodos:** Proceso de remoción del agua de lodos hasta formar una pasta.
- **Desinfección:** Destrucción de bacterias y virus de origen fecal en las aguas residuales, mediante un agente desinfectante.

- Disposición en el suelo: Reciclaje de agua residual o lodos parcialmente tratados en el terreno, bajo condiciones controladas.
- Disposición final: Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.
- Eficiencia de tratamiento: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.
- Efluente final: Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.
- Emisario: Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado y las lleva a una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento y las lleva hasta el punto de disposición final.
- Ensayos de infiltración: Pruebas realizadas en el suelo con el fin de determinar el área de absorción necesaria para el dimensionamiento de campos de infiltración.
- Filtración intermitente: Aplicación intermitente de agua residual, previamente sedimentada, a un lecho de material granular, que es drenado para recoger y descargar el efluente final.
- Filtro percolador: Tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas, de alta relación área/volumen, sobre el cual se aplican las aguas residuales por medio de brazos distribuidores fijos o móviles. Este es un sistema de tratamiento aerobio.
- Hidrólisis: Proceso químico en el cual la materia orgánica se desdobra en partículas más pequeñas por la acción del agua.
- Índice volumétrico de lodo: Indica las características de sedimentabilidad del lodo.

- Lodos activados: Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.
- Metales pesados: Son elementos tóxicos que tiene un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a 5,0 g/cm³ por ejemplo, plomo, plata, mercurio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel, zinc.
- Oxígeno disuelto: Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación normalmente se expresa en mg/L.
- pH: Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno, en moles por litro.
- Planta de tratamiento (de agua residual): Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.
- Población equivalente: Población estimada al relacionar la carga total o volumen total de un parámetro en un efluente (DBO, sólidos en suspensión, caudal) con el correspondiente aporte per capita (kgDBO/hab/día), L/hab/día.
- Pretratamiento: Procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario.
- Proceso biológico: Proceso en el cual las bacterias y otros microorganismos asimilan la materia orgánica del desecho, para estabilizar el desecho e incrementar la población de microorganismos (lodos activados, filtros percoladores, digestión, etc.).
- Reja gruesa: Por lo general, de barras paralelas de separación uniforme (4 a 10 cm), utilizado para remover sólidos flotantes de gran tamaño, aguas arriba de bombas de gran capacidad.
- Rejilla media: Artefacto de barras paralelas de separación uniforme (2 a 4 cm), utilizado para remover sólidos flotantes y en suspensión. Son las más empleadas en el tratamiento preliminar.

- Requisitos de oxígeno: Cantidad de oxígeno requerida en la estabilización aerobia de la materia orgánica para reproducción o síntesis celular y metabolismo endógeno.
- Sedimentación: Proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de la gravedad. Junto con los sólidos sedimentables precipita materia orgánica del tipo putrecible.
- Sólidos no sedimentables: Materia sólida que no sedimenta en un período de 1 hora, generalmente.
- Sólidos sedimentables: Materia sólida que sedimenta en un periodo de 1 hora.
- Tanque Imhoff: Tanque compuesto de tres cámaras en el cual se realizan los procesos de sedimentación y digestión.
- Tanque séptico: Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas ; combina la sedimentación y la digestión. Los sólidos sedimentados acumulados se remueven periódicamente y se descargan normalmente en una instalación de tratamiento.
- Tasa de carga volumétrica: Corresponde a los kilogramos de sólidos volátiles adicionados por día y por metro cúbico de capacidad de digestor.
- Tiempo de retención hidráulica: Tiempo medio teórico que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil.
- Tratamiento anaerobio: Estabilización de un desecho por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.
- Tratamiento biológico: Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción e material orgánico disuelto.
- Tratamiento convencional: Procesos de tratamiento bien conocidos y utilizados en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado.

- Tratamiento preparatorio: 1.Acondicionamiento de un desecho antes de ser descargado en el sistema de alcantarillado. 2.Procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario (cribas, desarenadores, etc.). Preparan el agua para el tratamiento posterior.
- Tratamiento primario: Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO.
- Tratamiento secundario: Es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos.
- Volumétrico: El aforo volumétrico consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se esta aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este. Es útil para el aforo de vertimientos puntuales de pequeño tamaño.

Los métodos usados para el tratamiento de aguas residuales municipales se denominan operaciones unitarias y procesos unitarios. Las operaciones unitarias incluyen remoción de contaminantes por fuerzas físicas, mientras que los procesos unitarios consisten en reacciones biológicas y/o químicas.

El termino reactor se refiere al deposito o estructura de contención, junto con todos sus accesorios, en el que tiene lugar la operación unitaria o proceso unitario. No obstante que las operaciones y procesos unitarios son fenómenos naturales, pueden ser iniciados, exacerbados, o controlados alterando el ambiente del reactor. El diseño del reactor es muy importante y requiere un entendimiento completo del proceso unitario u operación unitaria involucrada.

Un sistema de tratamiento esta compuesto por un combinación de operaciones y procesos unitarios diseñados para reducir ciertos constituyentes del agua residual a un nivel aceptable. Se pueden hacer muchas combinaciones de operaciones y procesos unitarios.

No obstante que prácticamente todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales son únicos en algunos aspectos, a través de los años ha evolucionado un agrupamiento general de operaciones y procesos unitarios de acuerdo con los contaminantes que constituyen “el blanco” del tratamiento. En el cuadro mostrado a continuación se listan las operaciones y procesos unitarios usados comúnmente, y están ordenados de acuerdo a su agrupamiento convencional.

Operaciones y procesos unitarios utilizados para eliminar la mayoría de los contaminantes presentes en el agua residual:

Contaminante	Operación unitaria proceso Sistema de tratamiento
Sólidos en suspensión	Sedimentación Desbaste y aireación Flotación Adición de polímeros o reactivos químicos Coagulación Sedimentación Sistemas de tratamiento por evacuación a terreno
Materia orgánica biodegradable	Variaciones de lodos activados Película fija: filtros percoladores Película fija: discos biológicos Variaciones de lagunaje Filtración intermitente de arena Sistemas de tratamiento por evacuación a terreno Sistemas fisicoquímicos
Patógenos	Cloración Hipocloración Ozonación Sistemas de tratamiento pro evacuación a terreno

Nutrientes	Nitrógeno	<p>Variaciones de sistemas de cultivo suspendido con nitrificación y desnitrificación</p> <p>Variaciones de película fija con nitrificación y desnitrificación</p> <p>Arrastre de amoníaco</p> <p>Intercambio de iones</p> <p>Cloración en el punto crítico</p> <p>Sistemas de tratamiento por evacuación a terreno</p>
	Fósforo	<p>Adición de sales metálicas</p> <p>Coagulación y sedimentación con cal</p> <p>Eliminación biológica y química del fósforo</p> <p>Sistemas de tratamiento por evacuación a terreno</p>
Materia orgánica refractaria		<p>Adsorción en carbón</p> <p>Ozonación terciaria</p> <p>Sistemas de tratamiento por evacuación a terreno</p>
Metales pesados		<p>Precipitación química</p> <p>Intercambio de iones</p> <p>Sistemas de tratamiento por evacuación a terreno</p>
Sólidos inorgánicos disueltos		<p>Intercambio de iones</p> <p>Ósmosis inversa</p> <p>Electrodialisis</p>

Los sistemas de tratamiento de agua residual se dividen frecuentemente en subsistemas primario, secundario y terciario. El propósito del tratamiento primario es remover materiales sólidos del influente a la planta.

Los despojos grandes pueden retirarse mediante rejas o pueden reducirse de tamaño utilizando dispositivos de molienda o desbaste. Los sólidos inorgánicos se remueven en canales desarenadores, y buena parte de los sólidos suspendidos orgánicos se remueve por sedimentación. Un sistema primario típico, remueve aproximadamente la mitad de los sólidos suspendidos del influente a la planta, la DBO asociada con estos sólidos es de aproximadamente 30% de la DBO del influente.

Descripción de los sistemas centralizados

El crecimiento de las comunidades industrializadas ha estado estrechamente vinculado al creciente suministro de grandes cantidades de agua para los diferentes usos: doméstico, industrial, servicios y agrícolas. Todo este proceso ha necesitado del avance de la tecnología asociada y de la creación de infraestructuras. La mayor parte de esta agua es utilizada, sobre todo en el sector urbano e industrial, como medio de evacuación de residuos.

Estas aguas residuales cargadas principalmente de materia orgánica y nutrientes, requieren otra enorme red de saneamiento que las recoja y transporte hasta los centros de tratamiento para conseguir la separación del agua regenerada y los residuos incorporados (todo ello para su posterior vertido). En el caso de existir la intención de reutilizar o gestionar estos subproductos, se hace necesario invertir en nuevas infraestructuras y tecnologías que permitan distribuir de nuevo a los potenciales usuarios, lo que previamente habíamos concentrado en los complejos de tratamiento. Así, los sistemas de gestión municipal del ciclo integral del agua, desarrollados a lo largo de años en los países industrializados, se caracterizan por:

- Adquisición o producción de agua potable a partir de los recursos naturales (aguas subterráneas, superficiales) o a partir del agua de mar mediante procesos de desalación. Todo ello con los correspondientes costos económicos, ambientales y energéticos.
- Potabilización y distribución en las condiciones de calidad y cantidad suficientes.
- Recolección de las aguas residuales y de lluvia por medio de la red de drenaje y alcantarillado.
- Transporte del agua recogida fuera del área urbana.
- Tratamiento del agua residual y conjuntamente en menor medida del agua de lluvia.
- Vertido controlado del agua depurada o, en su caso, almacenamiento para el bombeo a un sistema de reutilización.

- Tratamiento, distribución y utilización de los fangos residuales extraídos o simplemente transporte a un lugar de vertido controlado.

Este proceso es el que denominamos sistema centralizado de aguas residuales, ya que el agua es recolectada desde diferentes fuentes de producción hasta puntos concretos para su posterior distribución y una vez usada se vuelve a concentrar para su tratamiento, volviendo a ser distribuida en caso de existir una red de reutilización. Este sistema tiene, aparentemente, numerosas ventajas. En particular, las grandes plantas de tratamiento pueden ser gestionadas y controladas eficientemente, además de que se admite como algo general que son menos costosas en cuanto al costo de inversión y operación, si las comparamos con multitud de pequeñas instalaciones sirviendo a la misma área urbana se tienen los siguientes beneficios:.

- Reducción de los riesgos
- Medidas higiénicas
- Vigilancia de la salud de los trabajadores (la vacunación de los mismos se debe realizar según las recomendaciones de la CNA)
- Documentación a mantener
- Información a las autoridades competentes
- Información y formación de los trabajadores
- Consulta y participación de los trabajadores se incluyen las indicaciones relativas a las medidas de contención y a los niveles de contención para procesos industriales, que serían los aplicables a una depuradora de aguas residuales urbanas.

Los beneficios de los sistemas centralizados empiezan a disminuir cuando se incorporan los costos de construcción y mantenimiento de toda la red de distribución y recolección de aguas. A su vez estas redes, con el paso del tiempo, suelen tener pérdidas que en el caso de la red de alcantarillado, se convierten en fuentes difusas de contaminación del suelo y las aguas subterráneas, por lo que los costos de rehabilitación de estas redes pueden ser muy importantes.

Dadas las enormes inversiones que requieren los sistemas centralizados y sus costos asociados, es ingenuo pensar que sea la única solución posible a la gestión del agua, aun cuando pensamos en zonas sin conexión al alcantarillado tales como áreas rurales con población dispersa o países en vías de desarrollo.

Descripción de los sistemas descentralizados

Dadas las enormes inversiones que requieren los sistemas centralizados y sus costos asociados, es ingenuo pensar que sea la única solución posible a la gestión del agua, aun cuando pensamos en zonas sin conexión al alcantarillado tales como áreas rurales con población dispersa o países en vías de desarrollo.

En este sentido, surgen nuevos conceptos como la creación de sistemas descentralizados o la combinación de ambos métodos como alternativas viables y sostenibles a la gestión del agua.

La idea básica es aprovechar las aguas captadas localmente y tratar el agua residual in situ por medio de pequeños sistemas, reutilizando directamente los subproductos obtenidos. Estos sistemas de gestión se han de caracterizar por:

- Una integración de la gestión del agua en cada punto (agua potable, agua de lluvia, aguas residuales)
- Recolección separada y tratamiento de los diferentes tipos de aguas residuales generados en el área de captación.
- Recuperación y reutilización local de las sustancias valorizables (agua, composta, biogás, nutrientes...)

A todo ello hay que añadir las ventajas que tienen los sistemas descentralizados, como incluir procesos de nulo o bajo costo energético, empleo de tecnologías sencillas y efectivas que pueden ser creadas y mantenidas con personal local debidamente capacitado, la utilización de materiales del entorno, integración ecológica de los sistemas, mayor autonomía de funcionamiento, la posibilidad de reutilización local de subproductos y un largo etcétera de posibilidades.

Es por ello que no debe ser nada desdeñable a la hora de diseñar nuevos sistemas de gestión de aguas, el analizar el entorno y decidir que métodos, tecnologías y formas de trabajo son los más idóneos a cada situación, generando en cada caso el modelo más adecuado y sustentable.

Recientemente se han propuesto algunas alternativas a los sistemas centralizados convencionales de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas. Según el método de saneamiento ecológico, las heces humanas son procesadas en el sitio para liberarlas de patógenos, luego los nutrientes son reciclados mediante su uso para fines agrícolas. Se han desarrollado tecnologías para separar las heces (que contienen los patógenos) de la orina (que no contiene patógenos pero sí la mayoría de los nutrientes), y las aguas negras (de los excusados) de las aguas grises (aguas de desecho domésticas que no contienen aguas negras). Existen otros métodos para el manejo descentralizado del saneamiento y de las aguas de desecho que son atractivos, gracias a las bajas inversiones de capital que son necesarias. Sin embargo, poco se sabe sobre la idoneidad de los sistemas descentralizados en otras situaciones, incluyendo los requerimientos de manejo y los costos de operación. Una restricción clave de todos estos métodos es la limitada demanda de un mejor sistema de manejo de aguas servidas. La demanda de nuevos sistemas solo se crearía si hubiera beneficios financieros y mejoras visibles en el medio ambiente local y para los hogares que usan el sistema.

Si los procesos naturales generaran desechos no utilizables, entonces no sería, posible la existencia de formas superiores de vida. Nosotros podemos contribuir al continuo cambio de la tecnología actual caracterizada por una excesiva generación de desechos, hacia una futura tecnología libre de residuos. Los recursos renovables lo son mediante el sol y son proveídos por el suelo fértil y las aguas superficiales (además del uso directo de la energía). El manejo ecológico de las aguas residuales jugará un papel preponderante en la búsqueda de la utilización y reutilización eficientes del agua, la fertilidad del suelo a largo plazo y la protección de las aguas naturales.

Una tecnología con “cero emisiones” tiene como objetivo la reutilización al 100% de todos los materiales. Este concepto fue desarrollado por la Universidad de la ONU en Tokio, Japón, aplicado a producción industrial. Los mismos principios pueden ser aplicados al manejo de aguas residuales municipales, terminando así con el concepto mismo de “aguas residuales”. Los sistemas de sanidad pueden ser diseñados para ser más eficientes; tanto tecnologías convencionales como innovadoras pueden ser aplicadas en sistemas de control de fuente. Podemos considerar a un sistema de sanidad como una unidad de producción que puede producir agua de rehusó de alta calidad, fertilizantes seguros, y materiales para mejora de suelos (incluyendo residuos biológicos procesados cuando sea conveniente). Esto puede ser llamado “administración de residuos”, ya que no habrá más aguas residuales.

Hoy en día, estos enfoques existen y pueden ser aplicados. Nos encontramos actualmente en una fase de rápido desarrollo y muchos sistemas pilotos están siendo planeados, construidos y operados, siendo estos más económicos y amigables al medio ambiente que los sistemas de control de efluentes.

El concepto tradicional de sanidad es la tecnología de control de efluentes. Los problemas agudos (no los de largo plazo) son resueltos con sistemas oportunos en lugar de ser evitados. Esta es ahora la pauta seguida en el tratamiento de aguas residuales industriales y ha resultado en tecnologías de control de fuente con tecnologías de rehusó adecuadas. En el campo del tratamiento de aguas residuales municipales la discusión apenas ha comenzado. Las primeras instalaciones de sistemas utilizando sanitarios WC y drenaje con aguas y nutrientes residuales fueron criticadas, pero no existían sistemas alternativos suficientemente confiables en aquella época. Los sistemas de sanidad orientados al rehusó tuvieron su fin con la barata disponibilidad de energía y nutrientes que había en los recursos fósiles.

Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente los conceptos de sanidad deben tomar responsabilidad también por el medio ambiente así como por la salud humana. Los hechos básicos para sistemas sustentables son obvios, sin embargo son necesarios proyectos pilotos para los nuevos enfoques. Una planeación más extensiva y profunda podría dar fin a la instalación automática de los sistemas que involucran sanitarios, drenaje y planta de tratamiento de aguas residuales sin considerar otras alternativas.

Al planear un sistema de sanidad, se deben considerar las consecuencias que hay alrededor del mundo de la implantación de un sistema convencional. Muchos expertos en sanidad concuerdan en la posibilidad de resultados desastrosos aún en el corto plazo en países en vías de desarrollo.

Será necesaria una evaluación de la asombrosa variedad de opciones técnicas y sus respectivas implicaciones económicas y sociales, con el fin de desarrollar futuros sistemas de sanidad.

Los conceptos de sanidad eficientes tendrán que cooperar con la agricultura con el fin de evitar emisiones y permitir el rehusó de agua y nutrientes. Una agricultura sustentable tiene que ser amigable desde el punto de vista de uso de agua y debe mejorar o al menos mantener la calidad del suelo. La agricultura industrializada regularmente resulta en la rápida degradación de la capa superior fértil del suelo. Los fertilizantes orgánicos producidos a partir de un sistema de sanidad y el manejo de residuos sólidos pueden ayudar a cuidar y mejorar la capa superior fértil del suelo. Si las heces fecales son mezcladas con las aguas residuales mediante el uso de sanitarios convencionales que utilizan agua, el resultado es una gran demanda de agua, la dispersión en un gran volumen de agua de patógenos y micro contaminantes (residuos farmacéuticos) potencialmente peligrosos, y además se pierde la opción de reutilizar económicamente las aguas grises y de producir fertilizante. La pequeña cantidad original de heces fecales podría ser higienizada fácil y baratamente. Para esta mezcla, conocida como aguas residuales municipales, el proceso de higienización es un paso costoso de tratamiento avanzado.

Los sistemas convencionales de drenaje tiene serias desventajas: representan una parte muy costosa de la infraestructura (si se lleva a cabo rehabilitación). Los sistemas combinados descargan aguas residuales crudas en las aguas recipientes cuando hay sobreflujos; los tanques de retención son muy costosos si hay pocos sobreflujos. Los sistemas de drenaje regularmente utilizan mucho agua; aún en los países industrializados el desagüe de agua de lluvia asciende regularmente a la misma cantidad de aguas residuales.

La planeación regional tiene un efecto importante en la economía del sistema de aguas residuales, por algunos años, los sistemas descentralizados de tratamiento en el sitio han sido aceptados como una solución a largo plazo en muchos países. Sin embargo, los requerimientos legales son menores comparados con aquellos para las plantas de tratamiento de aguas residuales más grandes. Puede ser fácilmente deducido que las plantas que operan localmente pueden contribuir por muy arriba de la proporción de su población en las cargas de contaminantes que son emitidos. Por otra parte sería relativamente simple implantar nuevos sistemas de sanidad locales que reutilizarían completamente los nutrientes.

Decisiones apropiadas en cuanto a donde conectar las casas al sistema de drenaje y donde construir instalaciones que operen localmente o pequeñas plantas descentralizadas son importantes. Una buena planeación regional puede evitar el malgasto de dinero y puede proporcionar sistemas altamente eficientes.

Deben llevarse a cabo procedimientos de cálculo de costos que incluya el desarrollo a largo plazo y el balance de los costos de operación e inversión y los productos resultantes (el rehusó de agua, fertilizante, mejorador de suelos). El precio de los subproductos puede ser muy importante en países en vías de desarrollo y/o con escasez de agua donde el agua y los fertilizantes industriales no son subsidiados. Un sistema de sanidad con control de fuente puede exceder en desempeño a la mayoría de las grandes plantas avanzadas, frecuentemente con costos mucho más bajos.

Un principal inconveniente de las plantas tecnológicas descentralizadas es la falta de mantenimiento. Es esencial la responsabilidad legal así como los acuerdos de mantenimiento y estos deben ser organizados de manera eficiente en cuanto a costos. El diseño de sistemas descentralizados debe ser de tal manera que el mantenimiento y la recolección de fertilizante puedan ser hechos combinadamente y tener lugar en intervalos regulares, tales como cada seis o doce meses. Los granjeros locales pueden ser oportunos colaboradores.

El diseño de un sistema de sanidad con control de fuente tiene como objetivo un alto estándar de higiene y la completa reutilización de los recursos. Un paso fundamental es la identificación de las diversas características de las aguas residuales domésticas. La mayor parte de los nutrientes solubles se encuentran en la orina. Si la orina es separada y convertida para su uso en agricultura, el más grande paso hacia el rehusó de nutrientes y una protección altamente eficiente del agua habrá sido tomado.

El peligro en cuanto a salud de las aguas residuales es debido casi exclusivamente a la materia fecal. Su separación y minimización o ausencia de dilución dan la pauta hacia una excelente higienización teniendo como producto final un “mejorador de suelos orgánico”. Las aguas residuales que no están mezcladas con desechos humanos (heces fecales y orina) es un grandioso recurso para la reutilización de alta calidad del agua. Los filtros biológicos de arena y la tecnología de membranas son formas económicas de producir agua secundaria. Un control de fuente debe incluir la evaluación de todos los productos que terminan en el agua. La reutilización de alta calidad del agua será mucho más fácil cuando los químicos domésticos sean no solo degradables sino también mineralizables con la tecnología disponible. La tubería para agua potable no debe emitir contaminantes (incluyendo cobre o zinc) el flujo de agua de lluvia es una de las razones principales para construir sistemas de drenaje. Si se construyen sistemas descentralizados, se debe tener cuidado del flujo de agua de lluvia. La construcción de drenaje pluvial será prohibida frecuentemente por razones económicas en el caso de que sean instalados sistemas de sanidad descentralizados.

Son factibles la infiltración local y la construcción de acequias que conduzcan hacia aguas superficiales, para el caso de agua de lluvia relativamente limpia y se pueden combinar con utilización de la misma. La prevención de su contaminación involucra evitar canalización o tubería pluviales que contengan zinc o cobre, ya que estas pueden causar contaminación con metales pesados.

II. CONSTITUYENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES

El agua residual como ya se ha explicado es el resultado de diversas calidades de agua que por lo general son el resultado de la actividad humana y es tan diversa su calidad, como diversas son las actividades humanas, pero en general se pueden utilizar parámetros que nos indiquen el mejor método a seguir para su tratamiento, para su estudio se ha aceptado que a las características que posee se las clasifique en características físicas, químicas y biológicas.

Características Físicas

Estas propiedades son adquiridas en su mayor parte, según sea el contenido total de sólidos en sus diferentes variantes de materiales flotantes, sustancias coloidales y productos disueltos.

Los sólidos pueden plantear problemas cuando las aguas residuales son tratadas mediante sistemas agrarios, debido a su capacidad de bloquear los poros del suelo y de poder llegar a establecer costras impermeables sobre la superficie de los terrenos.

El color de los efluentes urbanos produce ciertos efectos sobre las aguas de aplicación cuando se siguen sistemas agrarios de tratamiento de las aguas residuales. Generalmente, la coloración es indicadora de la concentración y composición de las aguas contaminadas, y puede variar del gris al negro. En la medida que éste es más intenso, la capacidad de absorción de energía solar es mayor, y ello redundará en una ligera elevación de la temperatura del suelo.

La temperatura de los efluentes urbanos no plantea graves problemas, ya que oscila entre 10 y 20° C; facilita así el desarrollo de una fauna bacteriana y una flora autóctona, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente, tanto en verano como en invierno, y en cualquier tipo de tratamiento biológico.

El olor causado por la descomposición anaerobia de la materia orgánica es debido, sobre todo, a la presencia de ácido sulfhídrico, indol, escatoles, mercaptanos y otras sustancias volátiles, y es eliminado por aireación o por aspersión del agua en los diferentes sistemas biológicos que se están tratando. Tal y como se señaló anteriormente la principal causa de contaminación de las aguas son los vertidos que se realizan a éstas. En este sentido se define vertido como toda aquella actividad de dispersión o liberación de aguas residuales y/o residuos al alcantarillado, ríos, lagos, mar, aguas subterráneas provocando con ello una degradación de su calidad. Los vertidos pueden ser de varios tipos en función de cómo se realicen: Directos. Sobre cursos de agua, canales de riego o aguas marinas, inyección en las aguas subterráneas, etc. Indirectos. A través de la red de alcantarillado, canales de desagüe o de pluviales, vertido en el terreno y posterior filtración hasta alcanzar las aguas subterráneas, etc.

La contaminación del agua se define como una alteración de su calidad natural provocada, directa o indirectamente, por la acción del hombre y que tiene como consecuencia impedir o dificultar sus usos actuales y/o futuros. Por lo tanto la consideración de agua contaminada incluye tres elementos: Alteración de la calidad, entendida ésta como el conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que presenta un agua en su estado natural.

Las características físicas del agua son: temperatura, color, olor, sólidos en suspensión, así como la turbiedad que esta presenta, la contaminación del agua provoca un cambio en sus propiedades físicas el cual es necesario medir, al igual que los parámetros que modifican sus características químicas o biológicas.

En lo que se refiere a la temperatura: la temperatura de las aguas residuales son mayores que las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica, las descargas calientes son otra causa de éste aumento de temperatura, de tal manera que la temperatura es un parámetro importante para medir el grado de contaminación del agua, además de que es factor predominante para poder tratarlas, ya que la temperatura influye en las reacciones de tipo biológico que se llevan a cabo para purificarla.

En lo que se refiere al color: el color es un indicativo de la edad de las aguas residuales, cuando estas son frescas el color es grisáceo, pero a medida que avanza la descomposición de la materia orgánica y las condiciones se tornan anaerobias y el color de las aguas cambia a negro. Se utiliza el método colorimétrico utilizando soluciones estándar, elaboradas a partir de cloroplatinato de potasio. Se considera que una unidad de color (uc) es igual al color producido por 1 mg / l de platino.

En lo que se refiere al olor de las aguas residuales: el olor es muy característico y ligeramente desagradable cuando están frescas, a medida que la descomposición avanza los sulfatos se reducen a sulfuros y se desprenden olores muy desagradables, el color es un indicativo de la edad de las aguas residuales, cuando estas son frescas el color es grisáceo, pero a medida que avanza la descomposición de la materia orgánica y las condiciones se tornan anaerobias y el color de las aguas cambia a negro. Se utiliza el método colorimétrico utilizando soluciones estándar, elaboradas a partir de cloroplatinato de potasio. Se considera que una unidad de color (uc) es igual al color producido por 1 mg / l de platino..

Por lo que toca a los sólidos suspendidos: los sólidos que se presentan en las aguas residuales son de tipo doméstico o de tipo industrial. Se considera materia sólida que toda aquella diferente al agua. Los métodos existentes para la determinación de sólidos son empíricos, fáciles de determinar y están diseñados para obtener información sobre los diferentes sólidos presentes, la prueba más común es la del llamado cono Imhoff, que consiste en un cono en el cual se sedimentan los sólidos y se mide en ml/l.

La turbiedad, la cual es causada por partículas suspendidas que interfieren con el paso de la luz a través del agua. Estas partículas difieren de tamaño y van desde tamaño coloidal hasta granulares.

La presencia de alta turbiedad hace más difícil la filtración de las aguas, disminuye los tiempos de filtración de los filtros lentos de arena y aumenta los costos de operación. Cuando se tiene una alta turbiedad se recomienda realizar coagulación química antes de que el agua sea admitida a los filtros con el fin de aumentar la eficiencia de éstos, unidades de medición UTN (unidades de turbidez Nefelométricas).

Para caracterizar un caudal es necesario realizar pruebas extensas. El muestreo de un caudal que será estratificado o caracterizado requiere que las muestras sean tomadas a través de la profundidad en proporción al perfil de la velocidad y al área si es que se quiere una muestra representativa.

Al analizar un caudal variable en el tiempo es necesario que se tome un número grande de muestras para definir el rango de concentraciones que se esperan.

Los estudios de caracterización de aguas residuales son raramente lo suficientemente detallados para establecer la variabilidad con mucha certeza, por tanto, los ingenieros deben ser muy cautelosos en el diseño de sistemas proyectados para tratar residuos domésticos.

Las diferentes pruebas usadas en la caracterización de agua y de agua residual están descritas con respecto a su precisión y exactitud. La precisión se refiere a la reproducibilidad de una técnica analítica cuando es repetida sobre una muestra homogénea bajo condiciones controladas, sin considerar si el valor medido corresponde al valor real. La precisión es estimada por la desviación normal de los resultados de la prueba.

La exactitud hace referencia a la correspondencia entre el valor medido y el valor real. El error relativo es la diferencia entre el valor real y el valor medido como un porcentaje del valor real. Un método puede ser preciso (es decir, reproducible) pero inexacto, cuando todas las medidas se agrupan muy cerca del valor incorrecto, mientras otro puede ser seguro pero impreciso, cuando todas las medidas se dispersan ampliamente alrededor del valor correcto.

Las pruebas para medir las características de las aguas residuales están ampliamente difundidas y son bastante conocidas, por lo cual se decidió no profundizar mucho en lo que se refiere a las pruebas y procedimientos ya que se considera no es la prioridad de este trabajo de tesis, solo se mencionan para dar un panorama general de lo que es el problema central de esta investigación los sistemas de tratamiento de aguas residuales descentralizados.

A continuación se presenta en forma general cuales son los parámetros para la caracterización de las aguas residuales, aunque en esta parte solo se hayan se analizaran mas adelante con mayor detenimiento cada uno de ellos de cuerdo a su caracterización.

Características físicas químicas y biológicas mas comunes de las aguas residuales.

- Acidez	- Grasas aceites	
- Alcalinidad	- Materia orgánica	
- Metales pesados	- Metano	
- Algas	- Bacterias	
- Nitrógeno	- Carbohidratos	Parámetros más usados:
- Carbono orgánico total	- Olor	
- Cloruros	- Oxígeno disuelto	
- Coliformes	- Pesticidas	Turbiedad
- Color	- PH	
- Compuestos orgánicos volátiles	- Proteínas	Temperatura
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	- Protozoos	Color
- Demanda química de oxígeno (DQO)	- Sólidos	Olor
- Sulfatos	- Sulfuros	Sólidos
- Detergentes	- Temperatura	
- Dióxido de carbono	- Turbiedad	Oxígeno Disuelto
- Fenoles	- Virus	Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Fósforo		

Características Químicas

Las propiedades químicas del agua tienen gran importancia debido a que interactúan con las del suelo, variando el valor de cada parámetro. Esto nos obliga a considerar que las modificaciones a provocar en el agua residual tienen que poseer un sentido de equilibrio que evite, en cualquier forma, que un componente se convierta en factor limitante del crecimiento del sistema natural que queremos aplicar.

Las propiedades químicas de las aguas residuales son proporcionadas por componentes que podemos agrupar en tres categorías, según su naturaleza: Materia orgánica, compuestos inorgánicos y componentes gaseosos, conjunto que podemos reunir, a su vez, en dos grandes grupos:

- Sólidos en suspensión
- Compuestos en disolución

Ya hemos tratado ampliamente de los problemas que causa la materia orgánica. Esta, tanto en disolución como en suspensión, presenta una composición más o menos homogénea, en la que se encuentran, en forma predominante, las proteínas, los hidratos de carbono y algunos aceites y grasas. En esta distribución no podemos olvidar los compuestos citados como fenoles, plaguicidas, etc.

Si la distribución de esta materia orgánica es importante respecto a las características organolépticas del agua y algunas propiedades físicas, como la densidad y turbidez, o químicas como el pH, generalmente no hay correlación entre la concentración y el efecto.

De este modo, podemos comprender que a bajas concentraciones de un determinado compuesto orgánico, pueden manifestarse toxicidades en un suelo si se aplican sistemas de vertidos agrarios.

Existen elementos, como el nitrógeno, que se encuentran bajo diferentes formas: El nitrógeno orgánico puede aparecer como amonio, en los nitratos orgánicos y en los nitritos, siendo las dos primeras formas mayoritarias. La presencia de nitratos es muy importante cuando se aplican sistemas de vertidos a suelos y además, por la capacidad de eutrofización que desarrollan estos compuestos cuando aparecen en concentraciones elevadas en la parte superficial de los suelos.

Un elemento integrado en los compuestos orgánicos de los efluentes, y de gran importancia, es el fósforo, que pasa rápidamente a fosfato.

Los elementos pesados y los elementos traza son, en algunos casos, esenciales para el desarrollo y el crecimiento de las plantas y microorganismos de los sistemas biológicos de tratamiento de aguas. Sin embargo, a determinados niveles estos elementos esenciales se pueden convertir en tóxicos.

El zinc, el cobre y el níquel son los metales que más contribuyen a acrecentar las cifras de elementos pesados, siendo el zinc el metal usado como referencia de toxicidad.

El boro es otro elemento que puede afectar mucho a los sistemas biológicos de tratamiento de aguas. Es esencial en la micronutrición vegetal, pero puede ser tóxico para muchos sistemas de fauna y flora que están presentes en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

En este capítulo comentaremos algunas de las características químicas del agua tales como el pH, el potencial redox, el oxígeno disuelto, la DBO, el dióxido de carbono, la medida de nitrógeno mediante el método Kjeldhal y el fósforo.

Antes es necesario definir el concepto de concepto de calidad del agua debido a la necesidad de conocer la composición del agua con distintos fines como son:

- Evaluar la calidad para un uso concreto y establecer el grado de tratamiento necesario antes de dicho uso.
- Caracterizar y estimar los efectos contaminantes de efluentes residuales (vertidos) sobre la calidad de un agua receptora que ha de usarse aguas abajo.
- Evaluar los requerimientos del tratamiento necesario con vistas a volver a usar el agua.
- Determinar las cantidades de subproductos de interés comercial que pueden recuperarse de un efluente residual.
- Evaluar y optimizar procesos industriales
- Proporcionar información histórica sobre la calidad de sistemas hídricos.

La calidad del agua esta en función de:

- . Requerimientos físico, químicos y biológicos para cada uso, calidad física, química y biológica
- Calidad ecológica
- . Índices de calidad: concepto y tipos (índices no estadísticos como el ICG e índices estadísticos)
- Normativas y criterios de calidad de las aguas, en nuestro país rigen las normas establecidas por la CNA.
- Normativas legales para vertidos de aguas residuales y para calidad de aguas para consumo humano, producción de agua potable, vida piscícola, cría de molusco y baños.
- Criterios de calidad para otros usos: riego, industria, etc.
- Clasificación de los parámetros indicadores de la calidad de las aguas
- Objetivos del análisis → parámetros o características de calidad a medir en base a las normativas y criterios

- Parámetros, normativas y criterios de la calidad de las aguas.
- Parámetros físicos, químicos y biológicos
- Clasificación de parámetros químicos en base a: naturaleza: inorgánicos y orgánicos (parámetros indicadores de contaminación orgánica, familias de compuestos y sustancias específicas concentración: mayoritarios, minoritarios y trazas. Especificidad de la determinación (tabla): no específicos y Específicos.

Los parámetros químicos del agua residual pueden ser los siguientes:

PH

Conductividad eléctrica

Potencial redox (PRO)

Densidad

Materia carbonosa oxidable (residuos con requerimiento de oxígeno)

Radioactividad

Acidez / Alcalinidad

Dureza

Otros cationes y aniones: cloruros, sulfatos, sodio, potasio, nitratos, sílice.

Componentes minoritarios y trazas

Nutrientes (compuestos de nitrógeno y de fósforo)

Compuestos de azufre

Grasas y Aceites

Detergentes

Compuestos fenólicos

Cianuros.

Plaguicidas

Metales pesados

Hidrocarburos clorados

Hidrocarburos policíclicos aromáticos

PCB (policloruros de bifenilo)

Pentaclorofenol y derivados.

Trihalometanos

Gases disueltos

Control de la desinfección

Ensayos sobre fangos de estaciones depuradoras de aguas residuales, (lodos)

Ensayos de biotoxicidad

Hidrocarburos

Nutrientes

Compuestos tóxicos

Sustancias peligrosas (mercurio, cadmio, HCH, DDT, organohalogenados,

Plaguicidas, etc.)

Oxígeno Disuelto es uno de los parámetros más representativos del grado de contaminación del agua: determina si la descomposición de la materia orgánica se realiza por organismos aeróbicos o anaerobios.

Demanda Bioquímica de oxígeno: se define como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias para estabilizar la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. El ensayo de DBO es utilizado para medir el grado de contaminación del agua, así como para determinar la cantidad de oxígeno requerida para oxidar y estabilizar las aguas residuales por medio de tratamiento biológico.

Los organismos aeróbicos usan oxígeno para la descomposición de la materia orgánica e inorgánica, los organismos anaerobios realizan su oxidación a través de la reducción de ciertas sales inorgánicas, como sulfatos, siendo los productos finales de carácter ofensivo. Tanto los organismos aeróbicos como los anaerobios se encuentran en la naturaleza y forman parte de las A.R.

El pH indica la medida de la concentración de los cationes hidronios, H⁺, libres en el agua. En función de las sustancias presentes y de su afinidad por los H⁺, el agua tendrá un pH u otro. El pH del agua en su estado natural de los ríos está entre 6,5 y 8, aunque en la región centro del país prácticamente no los haya.

El PH es importante ya que influye en los procesos de potabilización. El potencial redox únicamente se emplea cuando se quiere saber el estado de oxidación de las especies que contiene el agua. En análisis de agua no se suele emplear el potencial redox, pues para evaluar la calidad se utilizan otros parámetros indicadores. Únicamente se emplea cuando se quiere saber el estado de oxidación de las especies que contiene el agua.

El oxígeno disuelto es el más importante, y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. Es otra de las características del agua. La solubilidad de oxígeno en el agua varía según la temperatura, presión atmosférica y salinidad. El valor de oxígeno disuelto es distinto según el tipo de agua, siendo muy bajo en aguas contaminadas y de pozos profundos, y alta en aguas superficiales y aireadas. El oxígeno disuelto depende de muchos factores, como temperatura, altitud, movimientos del curso receptor, actividad biológica, actividad química, etc.

Su análisis se puede realizar por varios métodos, pero los más característicos son el de Winkler, el de Winkler-Alsterbergo la polarografía. El control del oxígeno disuelto a lo largo del tiempo, nos suministra una serie de datos fundamentales para el conocimiento del estado de un agua residual, otros gases presentes en el agua son:

- **Ácido sulfhídrico** Es un gas que se forma al descomponerse en medio aerobio ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre. Su presencia, que se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, es un indicativo de la evolución estado de un agua residual, es poco estable al calor, descomponiéndose en azufre e hidrógeno.

- **Anhídrido carbónico** : El gas que Helmut llamó en 1630 "gas silvestre", se produce en las fermentaciones de los compuestos orgánicos de las aguas residuales negras. Su presencia en el agua puede estudiarse por infinidad de métodos (van Slyke, volumetría, analizador específico IR, etc.)

- El CO₂ del agua se presenta libre o como componente de bicarbonatos; la parte libre puede tener una fracción activa que puede destruir carbonatos y ejercer diversas acciones químico-biológicas en el seno del agua residual.
- Metano: Se forma en la descomposición anaerobia de la materia orgánica al reducir ciertas bacterias el CO₂, utilizando hidrógeno de fermentaciones butíricas y apareciendo sobre todo en cierto tipo de estaciones depuradoras, dando algunas posibilidades de aprovechamiento como combustible.
- Otros gases: Se producen además gases malolientes, como ácidos grasos volátiles, indol, escatol y otros derivados del nitrógeno.

El nitrógeno orgánico y amoniacal constituye el llamado "nitrógeno Kjeldal", que se origina como resultado de los procesos biológicos. Los métodos de eliminación del nitrógeno son de tipo biológico, o cuando se trata de especies iónicas, por vía del intercambio iónico. Si se quiere determinar el nitrógeno total se ha de sumar los aniones nitratos, NO₃, y nitritos, NO₂, expresados en N. Con este parámetro se determina el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno orgánico, esto es, el nitrógeno contenido en la materia orgánica, proteínas, etc.

Los compuestos de fósforo proceden, en pequeñas cantidades, de los terrenos que atraviesan las aguas naturales, o bien, de contaminación orgánica. Un contenido elevado suele modificar las características organolépticas.

A continuación se presenta una tabla con la concentración máxima de algunos de los parámetros mencionados:

Parámetros	Nivel guía	Cma*
Conc. H+(pH)	6.5<pH<8.5	9.5
Oxígeno disuelto	-	-
Nitrógeno Kjeldhal	-	1 mg/l
Fósforo	0.4	5

* Concentración máxima admisible

La DQO y DBO son dos parámetros utilizados para medir la cantidad de materia orgánica existente en el agua y en cierta manera son quizás los mas importantes para la caracterización de un agua residual.

Características Biológicas

El componente biológico es básico en las aguas residuales, habida cuenta de su capacidad metabólica y, en consecuencia, de su potencialidad de transformación de los restos químicos, orgánicos y físicos.

Ya hemos indicado reiteradamente la presencia de fauna y flora en las aguas residuales, hemos hablado de bacterias, actinomicetos, hongos y algas, y hemos hablado de la fauna que compone las pirámides de detritívoros que sirven para conseguir reciclar determinados elementos que son fundamentales para los sistemas biológicos de tratamiento de las aguas residuales.

Es claro que el componente orgánico de las aguas residuales es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el azufre, el carbono, el nitrógeno o el fósforo, entrando frecuentemente en competencia y eliminando los elementos microbianos patógenos que se pueden encontrar en el medio.

Este componente biológico se manifiesta fundamentalmente en 5 áreas diferentes:

- a) Descomposición de los compuestos orgánicos contenidos en las aguas residuales.
- b) Eliminación de determinados compuestos orgánicos que sean tóxicos para los vegetales y microorganismos del suelo.
- c) Desaparición de microorganismos patógenos.
- d) Participación en los ciclos biogeoquímicos del Nitrógeno, del Fósforo, y del Azufre, elementos fundamentales cuando se presentan como nitratos, fosfatos o sulfatos en el movimiento y asimilación por el suelo y los vegetales.

- e) Reacciones de la materia orgánica transformada y del componente microorgánico frente a los constituyentes minerales del suelo, participando en la promoción de micro agregados minerales, variando la solubilidad de determinados iones y la solubilidad a lo largo de los diferentes horizontes del perfil, etc.

Un último aspecto del componente biológico de las aguas residuales, es la presencia de determinados virus ya citados, quienes, aún en muy baja proporción respecto a bacterias y microorganismos en general, manifiestan enorme peligrosidad desde el punto de vista sanitario.

Los virus presentes en estas aguas residuales provienen de las excretas intestinales del hombre y los animales domésticos. Se han detectado unos 100 serotipos diferentes en las excretas humanas y su actuación depende del tipo de virus. Muchos son resistentes a casi cualquier tipo de tratamiento. El mayor problema lo plantean por su capacidad de detección con pequeñísima presencia de inóculo.

A pesar de todo, si no se ingieren aguas residuales urbanas, si se tratan y si su uso se restringe a aplicaciones adecuadas, el peligro desde el punto de vista sanitario se reduce al mínimo. A ello ayuda, además, la acción del medio, pues hay que tener en cuenta que los virus siempre necesitan un elemento vivo para poder desarrollar su ciclo vital y si el líquido se aplica de forma apropiada, esa fase queda muy marginada y así se minimiza el riesgo.

Las aguas residuales urbanas contienen gran número de organismos vivos que son los que mantienen la actividad biológica, produciendo fermentaciones y descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica. Estos organismos pueden ser vegetales o animales, situándose así entre los seres vivos:

Vegetales

- Espermatofitos
- Micofitos
- Eumicofitos
- Mixomicofitos
- Euglenofitos
- Ficofitos
- Bacteriofitos
- Virus

Animales

- Cordados
- Metazoarios triblásticos
 - Artrópodos
 - Anélidos
 - Rotíferos
- Protozoarios
- Rizópodos
- Flagelados
 - Ciliados

Mohos

Son hongos que se implantan en la materia orgánica en descomposición. Atacan a los hidratos de carbono y a los productos nitrogenados (en la leche oxidan la caseína, produciendo urea, leucina, etc.) Los más importantes son: Mucor, Oidium, Aspergillus, Penicillium, etc.

Bacterias.

Son organismos unicelulares móviles o inmóviles de formas diversas (cocos, bacilos, espirilos, filamentosas) y de tamaño y modo de vida diferentes según la especie y el medio. Se multiplican por división celular y su velocidad de reproducción puede ser frenada por varias causas, como por ejemplo:

- Naturaleza de la bacteria.
- Temperatura ($0^{\circ}\text{C} < T < 45^{\circ}\text{C}$).
- Medio.
- Disminución de alimentos y del oxígeno disuelto.
- Acumulación de productos metabólicos tóxicos.
- Variaciones del pH al aparecer ácidos, productos amoniacales. etc.
- Competencia vital.

En ciertos casos, aunque se cumplan estas condiciones limitantes, las bacterias viven y se multiplican, como ocurre con las bacterias termófilas (viven bien a 50°C), o con las anaerobias estrictas.

Podemos clasificar las bacterias de las aguas residuales urbanas según su nutrición, en dos grandes grupos:

- 1) Bacterias parásitas: Son las que han tenido como huésped al hombre o a los animales; suelen ser patógenas y producir graves enfermedades (tifus, cólera, disentería, etc.), y en el tratamiento de las aguas residuales son uno de los factores más importantes a tener en cuenta.
- 2) Bacterias saprofitas: Son las que se nutren de los sólidos orgánicos residuales y provocan descomposiciones fundamentales en los procesos de depuración.

Según el medio, las bacterias de las aguas residuales urbanas se pueden clasificar en: Aerobias, anaerobias, facultativas y autótrofas.

- Bacterias aerobias: Son aquellas que necesitan oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica serán procesos aerobios, estos procesos se caracterizan por falta de malos olores.
- Bacterias anaerobias: Son las que consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan son anaerobios y se caracterizan por la presencia de malos olores.
- Bacterias facultativas: Algunas bacterias aerobias y anaerobias pueden llegar a adaptarse al medio opuesto, es decir, las aerobias a medio sin oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.
- Bacterias autótrofas: Son aquellas que pueden sustentar su protoplasma a partir de sustancias minerales como anhídrido carbónico, sulfatos, fosfatos, carbonatos, etc. tomando la energía necesaria para sus biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas).

Citaremos aquí las más importantes dentro de las aguas residuales urbanas según los procesos que en ellas se efectúan:

- Bacterias nitrificantes. Son las Nitrobacter y Nitrosomonas, que necesitan como fuente de energía reacciones químicas determinadas. Son aerobias. Las primeras oxidan el ácido nítrico y las segundas el amoníaco.

- Bacterias ferruginosas y manganosas. Son las que extraen su energía de procesos de oxidación de sales ferrosas o manganosas, y pertenecen a ella los géneros *Clonothrix*, *Leptothrix*, etc.
- Tiobacterias. Las Thiotrix, Beggiatoas y otras oxidan el SH₂, y al agotar el gas oxidan el azufre producido a ácido sulfúrico.
- Bacterias oxidantes del hidrógeno. Las *Hydrogenomonas* oxidan el hidrógeno producido por las bacterias heterótrofas en las fermentaciones de los glúcidos, produciendo agua.

Virus.

El interés que tiene el conocer la gran variedad de virus que pueden aparecer en las aguas residuales, es por su acción nociva como agentes productores de enfermedades cosa a tener en cuenta en los tratamientos en estaciones depuradoras pues pueden infectar el tracto intestinal y pasar a las heces. En un gramo de heces podemos encontrar hasta 10⁹ panículas de virus infecciosos.

Los virus más comunes en las aguas residuales urbanas son:

- Adenovirus.
 - Enterovirus.
 - Poliovirus.
 - Echovirus.
 - Coxsackievirus.
- Hepatitis A.
- Reovirus.
- Rotavirus.

Animales.

Protozoarios. Aparecen rizópodos (amibas) flagelados y ciliados (*Paramecium*, *Colpidium*, *Vorticela*), etc.

Metazoarios. Rotíferos, anélidos (*Tubifex*), larvas, etc.

Para conocer las posibilidades de uso de las aguas residuales urbanas, su peligrosidad potencial, sus posibles aplicaciones en recuperación de suelos, en reciclado de materias, en recuperación de productos, etc., etc., es preciso conocer con detalle las características de la composición y demás factores que conforman los efluentes.

Verdaderamente éstos varían mucho ante la presencia o ausencia de industrias y ante las costumbres higiénicas que siga la población objeto de estudio. A continuación se presentan tablas resumen de lo antes mencionado en cuanto a las características de las aguas residuales:

Nutrientes contenidos en las aguas residuales urbanas

Características	Contenido normal	Máximo	Mínimo
Sólidos disueltos (ppm)	100-300	1200	Trazas
Conductividad (K 10~)	30-60	240	30
B(ppm)	0,1-0.4	3,8	0.1
Na(%)	5-15	42	1
Na (ppm)	40-70	290	30
K(ppm)	7-15	22	
Mg(ppm)	15-40	110	
Ca (ppm)	15-40	250	
N total (ppm)	20-40	42	12
Fosfato (PO ₄ en ppm)	20-40	50	9
Sulfato(SO ₄ enppm)	15-30	75	
Cl(ppm)	200-50	550	20
Alcalinidad (CO ₃ Ca en ppm)	100-150	230	

Características comunes de las aguas residuales urbanas

Parámetro	Concentración
Sólidos totales	350-1200
Sólidos en suspensión	100-350
DBO ₅ .	100-300
DQO.	250-1000
Nitrógeno total	20-85
Amoniaco	12-50
Fósforo	6-20
Grasa	50-150

Otra clasificación de las aguas residuales se suele hacer de acuerdo a su origen de las aguas residuales urbanas.

Llamamos aguas residuales a los líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua, y que generalmente son vertidos a cursos o a masas de agua continentales o marinas.

Su origen puede ser muy diverso: G. Brebion las agrupa en 5 categorías de origen:

- Mecánico y físico.
- Inorgánico y mineral.
- Orgánico.
- Urbano.
- Colectivo.

Las aguas residuales urbanas se originan a causa de:

- Excretas.
- Residuos domésticos.
- Arrastres de lluvia.
- Infiltraciones.
- Residuos industriales.

Excretas: Son las que contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen las heces humanas fundamentalmente. Cuando son expulsadas las heces aparece un principio de putrefacción, que tiene lugar sobre las proteínas, restos de la mucosa intestinal.

Al formarse escatol, fenol, indol, paracresol y otros compuestos, aparecen olores desagradables, y lo mismo ocurre al descomponerse ciertas proteínas, como la cisteína, que producen SH₂ y mercaptanos.

Vertidos líquidos. La orina tiene la composición media indicada en la tabla adjunta:

Cationes	Aniones	Pigmentos	pH---6	Compuestos orgánicos
Na 6	Cl 8,6	Urocromo	ClNa	Urea [CO(NH ₂) ₂] 30
K 2,7	SO ₄ 2,2	Urobilina	13 gr/24h	Ácido hipúrico 1,3
NH ₄ 0,8	PO ₄ 3,8	Uroponirina	ClK	Creatinina 1,8
Ca 5,3		Etc.		Ácido úrico 0,7
Mg 0,15				Bases púricas 0,3
				Aminoácidos 0,5
				Alcoholes
				Glúcidos
				Ácidos grasos 0,5

Composición media de la orina de origen humano (en gr/l). Diariamente, un hombre elimina 1,3 litros de orina. Anualmente, cada individuo produce unos 28 Kg de materia orgánica, que en forma de elementos y compuestos de interés agrario corresponden (en Kg/año) a:

Excreta Composición	P₂O₂	K₂O	N
Vertidos líquidos (Orina)	0,7	0,7	1
Deyecciones sólidas	0,2	0,1	0,4

Los sistemas hidráulicos de los WC escurren por las instalaciones de las casas hasta las alcantarillas y la red urbana de evacuación.

Este tipo de vertidos es el más importante por sus características de composición y concentración, que hacen que sean los puntos principales a tener en cuenta en la construcción de sistemas de depuración de aguas residuales. Residuos domésticos: Son los que proceden residuos y manipulaciones de cocinas (desperdicios, arenas de lavado, residuos animales y vegetales, detergentes y partículas), de los lavados domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes, sales, etc.), y de la actividad general de las viviendas (celulosa, almidón, glucógeno, insecticidas, partículas orgánicas, etc.).

Arrastres de lluvia: Al caer 1ª lluvia sobre una ciudad, arrastrara 1as partículas y fluidos presentes en las superficies expuestas, es decir: hollín, polvo de ladrillo y cemento esporas polvo orgánico e inorgánico de los tejados, partículas sólidas polvo, hidrocarburos de las vías públicas, restos de vegetales y animales y partículas sólidas (tierras) de los parques y zonas verdes.

Si la precipitación es suficiente, los arrastres se efectuaran hasta la red de evacuación y aparte de los componentes extraños, el volumen de agua es tal que produce diluciones a tener en cuenta en los procesos de depuración.

Infiltraciones.

A veces las zonas verdes urbanas, por la composición de su suelo, permiten el paso de las aguas de arrastre hacia los acuíferos, con el consiguiente peligro de contaminación.

Normalmente, las redes de evacuación de las aguas residuales en subterráneas, y en aquellos casos en que los acuíferos están próximos a la superficie por lluvias u otras causas existe peligro de infiltraciones y fugas a través de tuberías en mal estado o con conexiones defectuosas, o simplemente por paso gravitatorio normal.

Sólidos: Generalmente, las aguas residuales contienen sólidos disueltos, sólidos en suspensión y sólidos en flotación, que normalmente no pasan de 1.000 ppm del total, aunque su tratamiento en estaciones depuradoras necesita de instalaciones especiales.

Otra clasificación es según su composición. Según su composición los dividiremos en:

- Sólidos orgánicos
- Sólidos inorgánicos

Ya se ha indicado el origen vegetal o animal de los sólidos orgánicos. A veces contienen, además, compuestos orgánicos sintéticos. Los glúcidos, lípidos, proteínas y sus derivados son los grandes grupos de esta clase: son biodegradables y su eliminación por combustión es relativamente sencilla.

En lo que se refiere a los sólidos inorgánicos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables, y ciertos compuestos como sulfatos, carbonatos, etc., que pueden sufrir algunas transformaciones (fenómenos de óxido-reducción y otros).

Clasificación según su presentación. Los clasificaremos en cuatro grupos:

- Sólidos sedimentables.
 - Sólidos en suspensión.
 - Disoluciones coloidales.
 - Sólidos disueltos.
- a) Sólidos sedimentables. Son aquellas partículas más gruesas que se depositarán, por gravedad, en los fondos de los receptores; su análisis se realiza por volumetría y gravimetría, previa decantación y tamizado. Se componen de un 70 por 100 de sólidos orgánicos y de un 30 por 100 de sólidos inorgánicos.
- b) Sólidos en suspensión. Son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc., y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos, como arcillas, arenas, etc. Generalmente se componen de un 68 por 100 de sólidos orgánicos y de un 32 por 100 de sólidos inorgánicos.
- c) Disoluciones coloidales. Están formadas por partículas de tamaño intermedio entre el de las disoluciones verdaderas y el de las partículas de las suspensiones groseras:

La fase dispersa puede comprender hasta el 40 por 100 de los sólidos totales y suele estar formada por coloides liófilos, es decir, por soles bastante estables. Una pequeña parte la constituyen elementos casi sedimentables, pero la mayoría sólo puede ser detenidos por crisol de Gooch.

Se calcula que están constituidos por un 75 por 100 de componentes orgánicos y un 25 por 100 de componentes inorgánicos. Son fácilmente degradables y tienen gran capacidad de absorción, circunstancia a tener en cuenta en las estaciones de tratamiento de aguas residuales.

- d) Sólidos disueltos. Se incluyen en este grupo todos aquellos sólidos que pasan por el crisol de Gooch, aunque una pequeña parte está constituida por coloides (un 10 por ciento). Su proporción es de un 40 por ciento de productos orgánicos y un 60 por 100 de sólidos inorgánicos.

Características	Concentración (en mg/l)
Conductividad	1792
Sólidos totales	1590
MES	1150
Coliformes	63×10^7
DBO	220
DQO	500
NH ₃	0,2
P ₀₄	23
Cl	182
S ₀₄	147
Dureza total	483
Alcalinidad (total)	433
pH	7,7
Hg	0,0015
Cd	0,027
Zn	0,54
Cu	0,09
Ni	0,1
Fe	2,4
Mn	0,17
Na	308
K	50
Pb	0,09

Nutrientes oligoelementos y agentes contaminantes de las aguas residuales de las aguas residuales de México D.F.

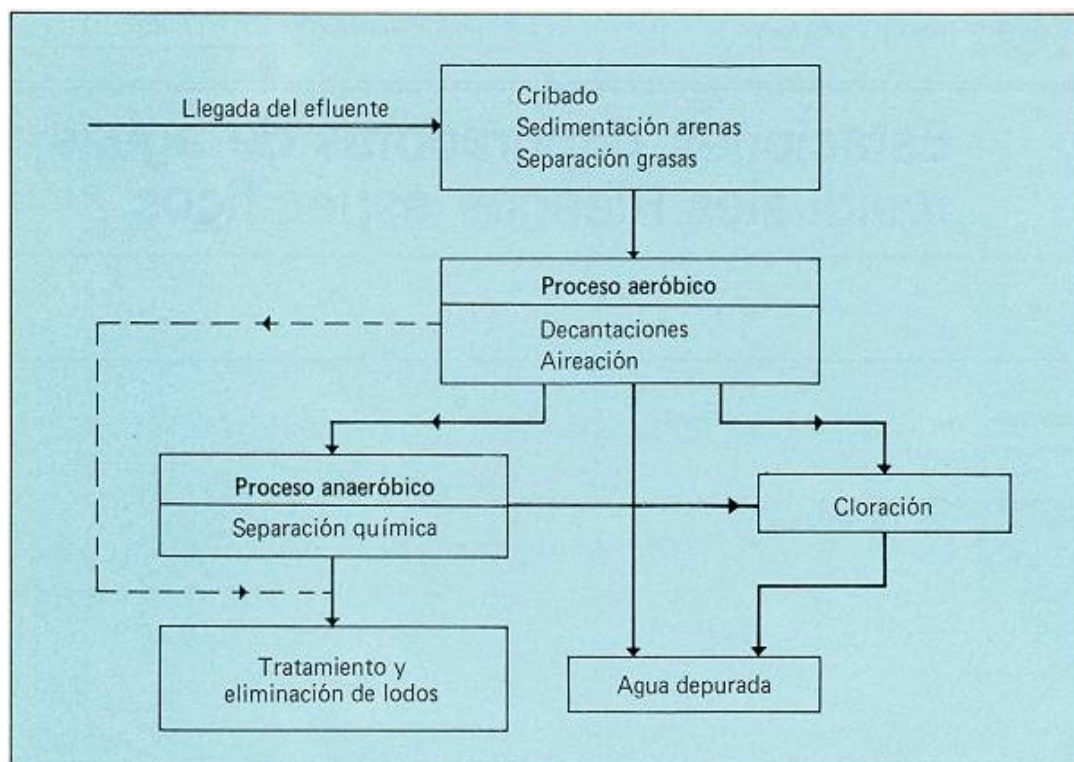
III. TRATAMIENTO PRELIMINAR

El tratamiento preliminar se refiere a los procedimientos físicos que se llevan a cabo para eliminar materia de tipo sólida que pueda interferir con nuestros sistemas de bombeo principalmente o bien que interfieran con los tratamientos de orden secundario.

Cribado

En el cribado se retienen los grandes sólidos mediante rejas adecuadas, la separación entre barrotes varia según el uso y hay desde 100 mm a 3 mm entre barrote y barrote. Pueden poseer sistemas de limpieza automática o manual.

La figura muestra un somero esquema del proceso de depuración. El proceso comienza con el cribado de los materiales sólidos gruesos, haciendo pasar el efluente a través de una rejilla. A continuación se separan los productos pesados (arenas) y las sustancias ligeras (grasas) sometiendo las aguas a reposo.



La línea de tratamiento se inicia en el cribado, que en determinadas circunstancias es fundamental para eliminar fuertes aportaciones de arena y grandes sólidos, tras él, se procede a la elevación del agua bruta, para que toda la denominada “línea de agua” sea por gravedad, de forma que permita el vertido al cauce natural en la mayoría de las circunstancias.

Este cribado, es aconsejable dotarlo de elementos eléctricos de manipulación, para la extracción de residuos.

La elevación, se puede efectuar mediante bombas ó mediante tornillos de Arquímedes, la experiencia nos dicta, que esta segunda forma es mejor, pues al tener esta máquina la singularidad de elevar el caudal que le llega, introduce menor variabilidad en la carga contaminante a tratar. Para conseguir este mismo efecto mediante bombas, sería necesario ir a un gran número de unidades de poco caudal, aparte de requerir un diseño más delicado del pozo de bombeo, para evitar septicidades.

A continuación, el agua bruta es sometida a una serie de procesos físicos. Para la eliminación de los residuos sólidos se utiliza un conjunto de rejillas en cascada, normalmente rectas y con limpieza automática. La eliminación de grasas y aceites se consigue mediante la insuflación de aire, que produce la flotación de los mismos. Las arenas se eliminan al disminuir la velocidad de la vena líquida, lo que produce la decantación de la misma.

Las operaciones de pretratamiento son las siguientes: cribado, dilaceración, desarenado, pre-decantación, desaceitado, desengrase, tamizado, tratamiento de arenas y de desechos.

El cribado tiene por objeto proteger a la estación de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación, separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua bruta, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos siguientes, o complicar la realización de los mismos.

La operación puede ser más o menos eficaz, según la separación entre los barrotes de la rejilla, también se le conoce como desbaste.

Pueden distinguirse:

cribado fino, con una separación de 3 a 10 mm,

cribado medio, con una separación de 10 a 25 mm,

pre-cribado, con una separación de 50 a 100 mm.

Las rejas utilizadas en el cribado pueden ser de limpieza manual, o de limpieza automática. Una reja mecánica va normalmente protegida por una pre-reja de barrotes más espaciados (separación de 50 a 100 mm), prevista, generalmente, para limpieza manual, pero que deberá ser igualmente automática en el caso de instalaciones importantes, o si el agua bruta llega muy cargada de materias gruesas.

En caso de limpieza manual, debe calcularse ampliamente la superficie de la reja, para evitar la necesidad de intervenciones demasiado frecuentes, especialmente si la separación entre barrotes es inferior a 20 mm.

Rejas Manuales: Están constituidas por barrotes rectos, de acero, a veces verticales y a veces inclinados con ángulos de 60 a 80 sobre la horizontal. En instalaciones de tratamientos de aguas potables, de importancia pequeña o media, las coladeras perforadas de las bombas de agua bruta, pueden hacer, a veces, de reja. Algunas coladeras se limpian automáticamente, por caída brusca de agua a contracorriente, mediante distintos dispositivos, uno de los cuales consiste en un sifón de descarga automática, incorporado en el circuito.

Rejas mecánicas de limpieza por el lado de llegada del agua:

Rejas curvas: este tipo de reja está indicado especialmente en instalaciones de importancia media, cuando las aguas, a su vez, se encuentran medianamente cargadas se adaptan, sobre todo, a instalaciones relativamente poco profundas, y tienen la ventaja de presentar una gran superficie útil. La limpieza se realiza por uno o dos peines montados en el extremo de un brazo que gira alrededor de un eje horizontal.

Rejas rectas de limpieza alternativa: la zona enrejada se realiza con barrotes de sección rectangular o trapezoidal (que reduce el riesgo de atascamiento de las materias sólidas), y, generalmente, inclinada unos 80 sobre la horizontal, deteniéndose un poco por encima del nivel líquido máximo y prolongándose por un tablero.

Reja de cables, con garfio. Rejas rectas de limpieza continua: Este tipo de reja se utiliza en un desbaste fino, y debe emplearse con agua poco cargada en materias gruesas (o que se haya sometido previamente a un desbaste medio).

Caudales muy grandes:

Si el caudal es muy grande (superior a 30000 m³/h, por ejemplo) y el agua es poco cargada, puede efectuarse el desbaste mediante una reja móvil, de la que sólo se utiliza una parte, y que se desplaza lateralmente después de cada operación. Pueden servir, para ello, las rejas de cables, de rastrillo o de

Rejas mecánicas e limpieza por el lado de salida.

Este tipo de reja se utiliza generalmente con aguas residuales, y es capaz de eliminar grandes cantidades de materias sólidas, por medio de varios rastrillos-peines movidos por un mecanismo de cadenas sin fin, montado aguas abajo del campo de reja.

El campo de reja, vertical o inclinado (60 a 80° sobre la horizontal), se prolonga necesariamente hasta el punto de vertido de los residuos; la necesidad de darle una rigidez suficiente limita su profundidad de instalación. Según los modelos, los residuos se evacuan, aguas arriba o aguas abajo de la reja, a un recipiente amovible o a una cinta transportadora.

Velocidad de paso y pérdida de carga. Atascamiento, la velocidad de paso a través de la reja debe ser suficiente para que las materias en suspensión se apliquen sobre la reja, sin que se provoque una pérdida de carga demasiado fuerte, ni se produzca un atascamiento en la parte profunda de los barrotes. De acuerdo con ello, se establecerá una velocidad aceptable entre los caudales mínimo y máximo. Generalmente, se adopta una velocidad media de paso entre barrotes comprendida entre 0,60 y 1,00 m/s, pudiendo llegarse hasta 1,20 y 1,40 a caudal máximo.

Dilaceración

Una vez separados los objetos de gran tamaño, en caso de que el agua lo requiera se puede optar por la dilaceración que es un proceso físico mediante el cual se hacen mas pequeñas las partículas existentes en el agua con la finalidad de que no obstruyan el proceso, ya que continúan dentro del sistema de tratamiento.

La dilaceración Tiene por objeto desintegrar o triturar los sólidos arrastrados por el agua. Los equipos clásicos son cilindros giratorios verticales con ranuras horizontales en las cuales entran peines cortantes fijos.

El agua entra al tambor y los sólidos son triturados entre las ranuras y los peines. Estas materias en lugar de separarse del efluente bruto, se Trituran y continúan en el circuito del agua hacia las siguientes fases del tratamiento.

Remoción de arenas

El desarenado tiene por objeto extraer del agua bruta la grava, arena y partículas minerales más o menos finas con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguientes. El desarenado se refiere normalmente a las partículas superiores a 200 micras. Una granulometría inferior corresponde a los procesos de pre-decantación o decantación. Al estudiarse una toma de agua, debe evitarse al máximo el arrastre de arena. Si las condiciones locales no lo permiten, será preciso prever un desarenador, a menos que se admita la recuperación de la arena en otro elemento de la planta. En el caso particular de que se incluya en la instalación un predecantador, se podrán eliminar solamente las partículas de dimensiones superiores a 0,3 mm de diámetro, en un canal desarenador con vaciado por caída hidráulica.

Cálculo de las dimensiones de los desarenadores: son generalmente rectangulares, del tipo canal.

Su superficie horizontal se calcula en función de la velocidad de sedimentación V_c de las partículas de menor tamaño que deben retenerse, y del caudal máximo que circulará por el mismo:

Superficie horizontal = caudal máximo/Velocidad V_c de la partícula menor a retener

Su sección transversal es función de la velocidad horizontal de flujo deseada. Esta velocidad será superior a la velocidad crítica de arrastre de las partículas depositadas, si se desea efectuar una evacuación hidráulica de la arena, e inferior si se prevé una evacuación por barrido de fondo.

En este caso, se trata de separar la arena de otras materias presentes en el agua, en especial materias orgánicas, de forma que la arena retenida no arrastre materias contaminadas, lo que, generalmente, es muy difícil. La arena que se extrae contiene siempre una cierta proporción de materia orgánica, que sedimenta al mismo tiempo. La separación de estas materias se realiza adoptando una velocidad de barrido de 0,30 m/s aproximadamente.

Principales tipos de desarenadores.

Se utilizan, por orden creciente de importancia y de eficacia:

- Canales desarenadores simples en los cuales la velocidad de flujo varía con el caudal. Se utilizan en pequeñas instalaciones de depuración. La arena se extrae manualmente de un canal longitudinal, con una capacidad de almacenamiento de 4 a 5 días aproximadamente.

- Canales desarenadores con velocidad de flujo constante (del orden de 0,30 m/s) provistos de 1 o, mejor, 2 canales equipados con un vertedero de salida de ecuación lineal (altura de agua proporcional al caudal). Generalmente, van provistos de un canal de almacenamiento, de limpieza manual, pero pueden estudiarse con un transporte hidráulico de la arena hacia una tolva que lleva un dispositivo mecánico de extracción. Tiempo de permanencia: 1 a 2 minutos, aproximadamente.

- Desarenadores circulares, con alimentación tangencial, o agitación mecánica, o, mejor aún, inyección de aire, en los cuales la velocidad de barrido de fondo creada se mantiene sensiblemente constante, cualquiera que sea el caudal. La arena, almacenada en una tolva central, se extrae mediante una bomba o por un emulsor

de aire, y se envía a un compartimiento de secado por gravedad. Tiempo de permanencia: 2 a 3 minutos, aproximadamente.

- Desarenadores rectangulares aireados, en los cuales el aire que se inyecta provoca una rotación del líquido, y crea una velocidad constante de barrido de fondo, perpendicular a la velocidad de paso, la cual, mucho menor, puede entonces variar sin que provoque ningún inconveniente. El aire inyectado, además de su papel motor, favorece, por su efecto de agitación, la separación de las materias orgánicas que pueden quedar adheridas a las partículas de arena.

Es aconsejable disponer de un tanque desnatador para la concentración de grasas y aceites, pues no se deben enviar nunca a digestión. Para la eliminación y lavado de las arenas extraídas es conveniente instalar un clasificador de vaivén.

Como norma general, se debe procurar que la intervención humana en la manipulación de los residuos del pretratamiento sea mínima, limitándose al control del proceso y a la limpieza de los equipos instalados pues de otra forma es necesario emplear un gran número de horas en la explotación del pretratamiento.

Se debe normalizar el tipo de contenedor a utilizar, a fin de agilizar la retirada de todo tipo de residuos a un vertedero controlado.

Tras estos procesos físicos el agua es introducida en los decantadores primarios, donde se produce la separación del fango primario, el cual debe ser eliminado del interior de los mismos de una forma continua, para evitar su envejecimiento.

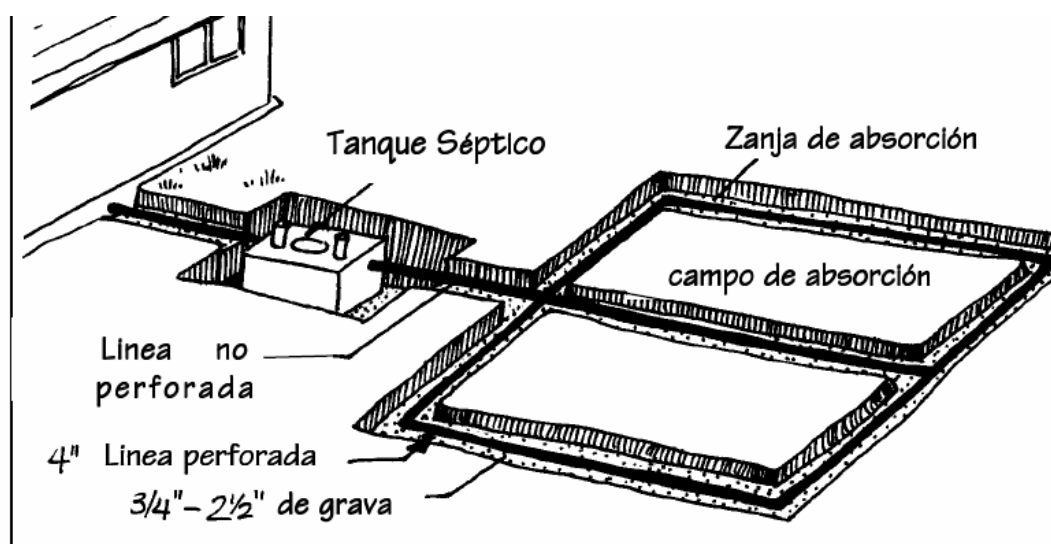
De los decantadores también son extraídos pequeños flotantes los cuales son eliminados de la superficie de los mismos mediante plaquetas superficiales. Es aconsejable enviarlos al desnatador de grasas y aceites para su posterior eliminación junto con ellos. El agua decantada es sometida a un proceso de lodos activados.

IV. TANQUE SEPTICO

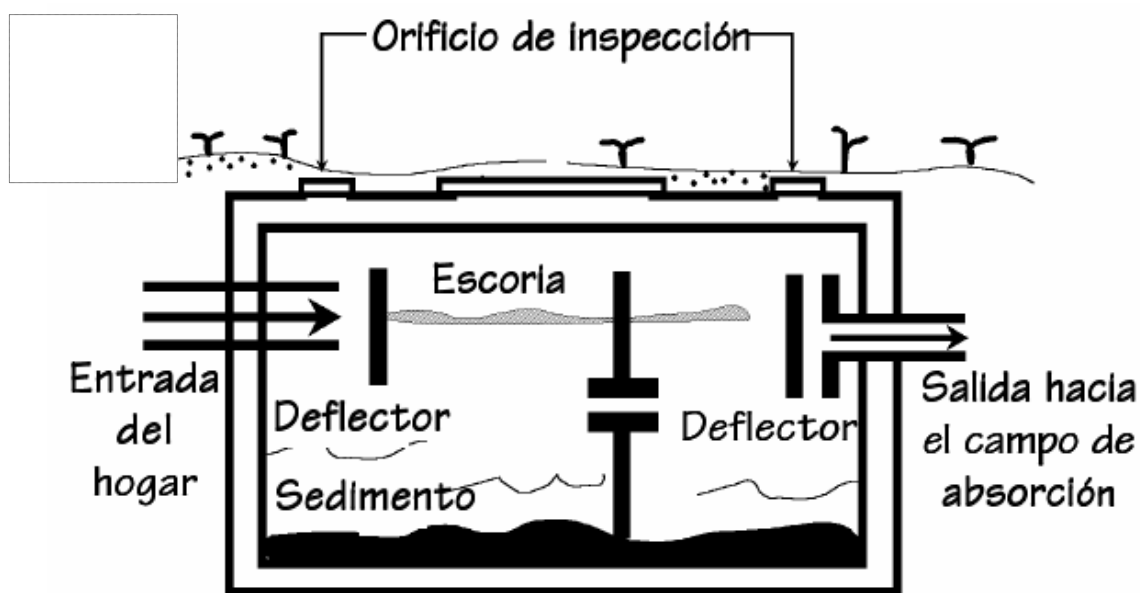
Biología del proceso

Un sistema de tanque séptico es una tecnología tradicional de tratamiento de aguas residuales que utiliza el tratamiento en un sistema de tanque, seguido por la absorción al suelo. Este es un sistema de flujo por gravedad que ha sido utilizado en áreas residenciales por décadas. Una modificación al sistema tradicional es su ampliación para acomodar diversas descargas de aguas residuales domésticas y/o comerciales. Esto se logra al operar tanques sépticos individuales seguidos ya sea por un sistema comunitario de recolección y un sistema de disposición subsuperficial, o por un sistema comunitario de recolección seguido por un sistema individual de tratamiento. Los establecimientos comerciales, tales como restaurantes, asilos de ancianos, hospitales y otras áreas de uso público, normalmente no utilizan sistemas de tanques sépticos debido a los problemas asociados con los aceites y grasas, los olores y el flujo.

Elementos del sistema



El dispositivo principal en el sistema de tratamiento es un tanque séptico encerrado en un envase hermético que recolecta el agua residual y le proporciona tratamiento primario mediante la separación de los sólidos presentes.



El tanque remueve los sólidos al retener el agua residual y permitir la sedimentación de los sólidos en el fondo del tanque, mientras que los sólidos flotantes (aceites y grasas) suben a la superficie. En sistemas comerciales grandes, un sistema individual separado de remoción de aceites y grasas se aplica a los residuos comerciales antes de que estos sean introducidos al tanque séptico. El tanque debe tener un tiempo mínimo de retención de 24 horas para tener el tiempo suficiente para la sedimentación de los sólidos. Algunos sólidos son removidos del agua y quedan almacenados en el tanque mientras que otros son digeridos. Una cantidad no mayor al 50 por ciento de los sólidos retenidos en el tanque se descompone, mientras que la cantidad restante se acumula en el fondo del tanque en forma de lodos que deben ser removidos periódicamente mediante el bombeo. Tres tipos principales de tanques sépticos se utilizan para el tratamiento de aguas residuales:

- De concreto.
- De fibra de vidrio.
- De polietileno/plástico.

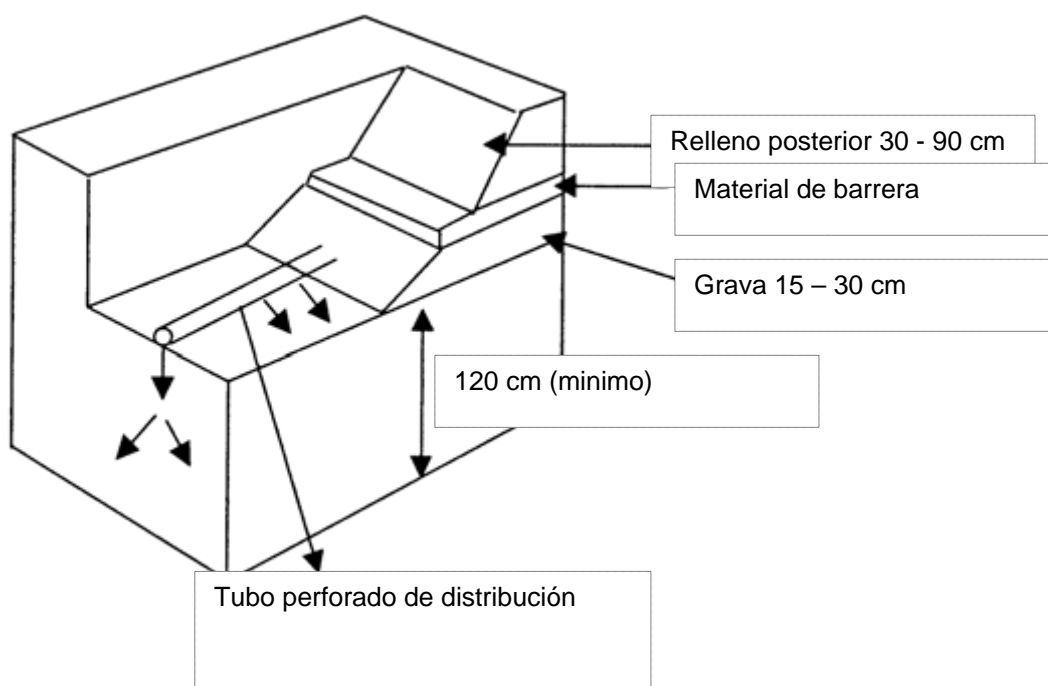
Todos los tanques deben ser herméticos porque el agua subterránea que Ingres a al sistema puede saturar el campo de absorción al suelo, produciendo fallas en el sistema.

Los sistemas de tanque séptico para aplicaciones de alto caudal, en los casos en donde los tanques sépticos preceden al proceso de tratamiento secundario, el exceso de agua subterránea puede inundar el proceso aguas abajo, causando su mal funcionamiento.

Desde el tanque séptico, el agua residual clarificada pasa a través del dispositivo de descarga del tanque e ingresa al campo de absorción al suelo. El dispositivo de descarga más común es un acople en "T" conectado a la tubería que conduce al campo de absorción al suelo. La parte superior del acople retiene los sólidos flotantes (nata, aceites, y grasas) que pudieran obstruir el campo de absorción. Un filtro de efluente puede instalarse en la descarga para la filtración adicional del agua residual. El filtro del efluente remueve sólidos adicionales, evitando que éstos obstruyan el campo de absorción y causen fallas prematuras. Los filtros del efluente se deben limpiar regularmente.

El campo de absorción al suelo proporciona el tratamiento y la distribución final del agua residual. Un sistema convencional consta de tuberías perforadas rodeadas por medios tales como la grava, fragmentos de neumáticos u otros materiales, cubiertos con membrana geotéxtil y un suelo mixto de arena y grava con un alto contenido orgánico. Este sistema depende en gran parte del suelo para el tratamiento del agua residual ya que los microorganismos ayudan a remover la materia orgánica, los sólidos y los nutrientes del agua.

Debido a que el efluente fluye continuamente dentro del suelo, los microbios que consumen los componentes del agua residual forman una capa biológica. La capa retarda el movimiento del agua a través del suelo, ayudando a que el área subyacente se mantenga sin saturación. El agua debe moverse dentro del suelo no saturado de modo que los microbios presentes en el agua, así como en la capa biológica, puedan alimentarse de los residuos y los nutrientes del efluente. La hierba que cubre el sistema de absorción al suelo también utiliza los alimentos y el agua para el crecimiento.



Tratamiento: Utilizada adecuadamente, la combinación del tanque séptico y el sistema de absorción al suelo tiene un buen desempeño, reduciendo los niveles de dos parámetros utilizados comúnmente para medir la contaminación: (1) la demanda bioquímica de oxígeno, la cual es reducida en más del 65 por ciento; y (2) los sólidos suspendidos totales, los cuales son reducidos en más del 70 por ciento. El aceite y las grasas son reducidos típicamente del 70 al 80 por ciento. El utilizar un tanque séptico para pretratar el agua residual de las fuentes comerciales también hace que otros sistemas de tratamiento secundarios sean más efectivos.

El efluente del tanque séptico es de poca variabilidad, es fácil de transportar, y puede ser tratado fácilmente mediante procesos aerobios (con oxígeno) o anaerobios (sin oxígeno).

Modificaciones comunes Los tanques sépticos para sistemas de alto caudal pueden ser seguidos por sistemas tradicionales de absorción al suelo o por una de varias tecnologías alternas tales como los humedales construidos o los filtros lentos de arena.

Las tuberías de presión y las de flujo por gravedad de pequeño diámetro también pueden utilizarse como sistemas de recolección para la conducción del efluente a las instalaciones centrales de tratamiento. Estos sistemas no se han incluido como parte de este trabajo ya que se consideran complementarios al tanque séptico que es el centro de atención de este capítulo. Enfocado en el sistema tradicional de tanque sépticos para uso en las fuentes de residuos comerciales y en fuentes múltiples y que utilizan la infiltración subsuperficial para disposición del agua residual.

Los sistemas de infiltración subsuperficial de aguas residuales son sistemas de aplicación al subsuelo comúnmente usados en viviendas individuales, establecimientos comerciales, lotes de casas móviles y terrenos para acampar en áreas que no cuentan con servicio de alcantarillado. Las superficies de infiltración al suelo están expuestas dentro de una excavación que generalmente se llena con un medio poroso. El medio mantiene la estructura de la excavación, permite el flujo libre del agua residual pretratada a las superficies de infiltración, y permite el almacenamiento del agua residual durante las épocas de mayor caudal. El agua residual ingresa al suelo, en donde recibe tratamiento por medio de la infiltración, la adsorción, y las reacciones biológicas que consumen o transforman los diversos contaminantes.

En última instancia, el agua residual tratada en el sistema de infiltración subsuperficial se combina con el agua subterránea local y fluye con la misma. Se han desarrollado diversos diseños que tienen en cuenta el emplazamiento y las diversas condiciones del terreno. Los diseños se diferencian principalmente en el punto en el cual se ubica la superficie de filtro. La superficie se puede estar expuesta debajo del perfil natural del suelo (tecnología convencional o tecnologías alternativas), o sobre la superficie del suelo natural (sistemas sobre el terreno o de montículo) (véase los folletos informativos relacionados). La elevación de la superficie del filtro es importante para proporcionar una profundidad adecuada de suelo no saturado entre la superficie de filtro y la condición límite (por ejemplo, el nivel del lecho de roca o del agua subterránea) para el tratamiento del agua residual aplicada.

La geometría de la superficie del filtro puede variar con respecto a su forma; las superficies de filtro alargadas y estrechas (de zanja) son preferibles. Las superficies de filtro anchas (lechos) y las profundas (hoyos y zanjas profundas) no tienen tan buen funcionamiento, aún cuando requieren de un área menor.

Los sistemas de infiltración subsuperficial pueden lograr un alto nivel de tratamiento para la mayoría de los contaminantes del agua residual doméstica. En terrenos de condiciones apropiadas, esos sistemas tienen la capacidad de remover casi el total de los compuestos orgánicos biodegradables, los sólidos en suspensión, el fósforo, los metales pesados, y los virus e indicadores fecales. El destino final de los compuestos orgánicos y metales tóxicos no está bien documentado, pero una cantidad limitada de estudios sugieren que muchos de estos componentes permanecen dentro o cerca del sistema. El nitrógeno es el parámetro más significativo del agua residual que no es removido fácilmente en el suelo. Concentraciones de nitrato que sobrepasan el estándar establecido para el agua potable de 10 mg N/L son encontradas comúnmente en el agua subterránea subyacente al SISAR(sistemas de infiltración subsuperficial de aguas residuales). ; sin embargo, estas concentraciones disminuyen con la distancia aguas abajo del SISAR.

Instalaciones comunitarias Los tanques sépticos son generalmente el primer componente de sistemas en el punto de generación de desechos y son la opción más empleada de estos sistemas para el tratamiento de aguas residuales en los Estados Unidos. En la actualidad, cerca del 25 por ciento de las nuevas viviendas en los Estados Unidos utilizan tanques sépticos para tratamiento del agua residual doméstica antes de su disposición.

Los tanques sépticos utilizados en las viviendas individuales se adquieren generalmente como artículos de compra directa en establecimientos comerciales, lo cual significa que los tanques ya están disponibles para su instalación con base en un caudal estándar.

Las características del agua residual utilizadas para el diseño de los tanques sépticos son, en lo general, aquellas correspondientes a una vivienda típica Estadounidense, pero la tecnología se podría adaptar para los estándares de calidad de agua residual en nuestro país. Para muchos establecimientos comerciales, las fuentes generadoras de agua residual son bastante similares a las fuentes presentes en una vivienda residencial. Para otros establecimientos, sin embargo, las características del agua residual pueden ser considerablemente diferentes a aquellas correspondientes al agua residual típica de viviendas.

Para los establecimientos comerciales puede ser una ventaja el uso de un sistema centralizado si el caudal y la capacidad son suficientes, y si se dispone de un pretratamiento adecuado. El agua residual debe ser pretratada antes de su descarga al sistema de absorción al suelo. Cuando un sistema de absorción al suelo es utilizado para el tratamiento y la disposición, el pretratamiento generalmente se hace por medio de un tanque séptico ubicado en el punto de generación de los residuos. En áreas en donde las condiciones del suelo y del agua subterránea son favorables para la disposición del agua residual, y los costos del terreno son reducidos, un sistema comunitario de absorción al suelo es generalmente la opción más económica para el tratamiento y la disposición de agua residual con un caudal menor a 35,000 galones por día.

La aplicación cuidadosa del efluente al sistema de absorción al suelo asegura la aplicación uniforme del efluente sobre la superficie de infiltración. Las tuberías deben contar con puntos de acceso para hacer la limpieza con chorros de agua. Se deben instalar monitores de acumulación de agua en áreas en donde se ubiquen zanjas para permitir la observación del nivel líquido en las mismas. Infiltración al subsuelo En algunos casos, se prefiere el uso de sistemas de absorción enterrados. Estos sistemas enterrados, conocidos como sistemas de infiltración subsuperficial de aguas residuales (SISAR) son ventajosos porque el terreno sobre los mismos puede utilizarse como áreas verdes o parques, y porque ellos proporcionan recarga del agua subterránea. Los sistemas de infiltración subsuperficial están bien adaptados para el tratamiento de caudales pequeños de agua residual.

Los sistemas SISAR pequeños, comúnmente denominados sistemas de tanque séptico, son tradicionalmente utilizados para viviendas individuales, establecimientos comerciales, lotes de casas móviles y áreas para acampar en áreas que no cuentan con servicio de alcantarillado. Desde finales de la década de 1970, los SISAR han sido utilizados cada vez más para uso en grupos de viviendas y en comunidades pequeñas en las cuales el caudal es menor a 25,000 galones por día (gpd). Estos sistemas son una tecnología comprobada, pero requieren de condiciones específicas del terreno para que puedan funcionar con éxito. Los SISAR se prefieren con frecuencia a las instalaciones de tratamiento mecánico en el punto de generación de residuos debido a que su funcionamiento es consistente, y tienen pocos requerimientos de operación y de mantenimiento, un menor costo del ciclo útil de vida, y un menor impacto visual en la comunidad.

Diseño de elementos

Dentro del pretratamiento del agua residual proveniente de sistemas comerciales de tanque séptico, el problema operacional más serio de los sistemas comerciales de tanques sépticos ha sido el arrastre de sólidos, aceites y grasas a la etapa siguiente debido al mal diseño y a la falta de un mantenimiento adecuado.

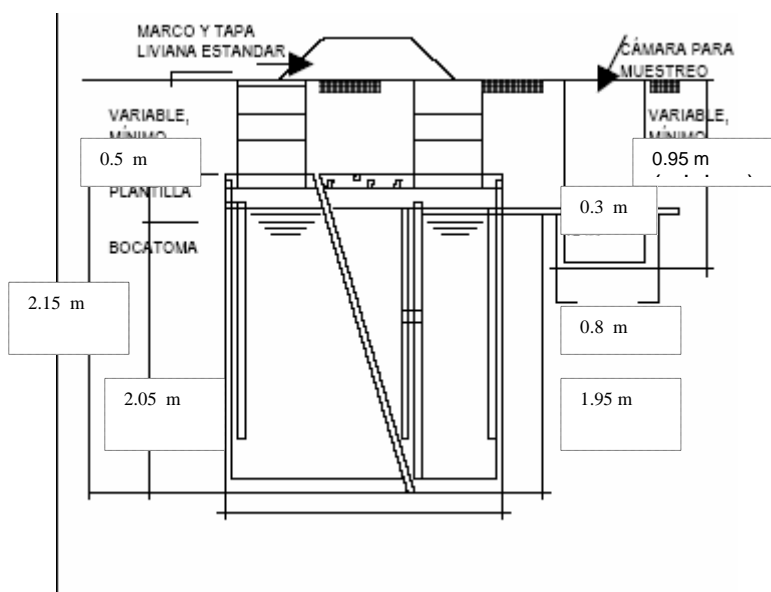
El arrastre del material suspendido a la siguiente etapa es más serio cuando se utiliza un campo de infiltración para disposición del efluente del tanque séptico sin que se cuente con un tratamiento adicional. Debido a que se reconoce que el mal mantenimiento de los tanques sépticos es común, algunas agencias reguladoras requieren la adición de una unidad séptica grande o de otra unidad de separación de sólidos antes que el efluente recolectado por el tanque séptico pueda ser descargado a los campos de disposición subsuperficial.

La utilización de interceptores o trampas de aceites y grasas reduce significativamente la descarga de los sólidos suspendidos totales, y de aceites y grasas. La presencia de aceites y grasas en los efluentes de los tanques sépticos de los restaurantes ha sido causante de fallas en los procesos de tratamiento aguas abajo, tales como los filtros de arena intermitentes y los filtros de recirculación. Teniendo en consideración estos problemas, se recomienda el uso de pretratamiento. El pretratamiento en los sistemas centralizados de tratamiento requiere de tamizado grueso, triturado, remoción de arena, remoción de aceites y grasas, regulación del caudal, y remoción de sólidos suspendidos totales.

Pretratamiento para la remoción de aceites y grasas. Las aguas residuales provenientes de los restaurantes, lavanderías públicas, y otros establecimientos comerciales pueden contener cantidades significativas de aceites y grasas, las cuales pueden ser descargadas al sistema de absorción al suelo cuando éstas ingresan a un tanque séptico.

Los aceites y grasas tienden a acumularse en la superficie del sistema descentralizado de tratamiento y disposición de aguas residuales, la concentración de aceite y grasa en el efluente debe ser reducida a menos de 30 mg/L antes de ser introducidas al sistema de absorción al suelo.

Los problemas asociados con la remoción de aceites y grasas se hacen más complejos con el aumento de los diversos tipos de aceites y grasas de cocina disponibles. El problema se complica aún más debido a que muchos de estos aceites son solubles a temperaturas relativamente bajas, haciendo que su remoción sea más difícil. Generalmente, se utilizan tanques de desnatación o trampas de grasa para interceptar las grasas y aceites. La Figura muestra un diagrama de una trampa de aceites y grasas con una cámara externa para muestreo.



Nota: 1 in (pulgada) = 2.54 cm, 1 ft. (pie) = 0.3 m

Diagrama de una trampa de aceites y grasas con una camara externa de muestreo.

Diversas trampas de aceites y grasas están disponibles en forma comercial. La mayoría de las unidades comerciales están diseñadas con base en el caudal promedio y no con base en el caudal alto observado en mediciones de campo en restaurantes y lavanderías. Se ha demostrado también que la utilización de los tanques sépticos convencionales como tanques de intercepción es eficaz para remover los aceites y grasas. Dependiendo de la configuración del tanque, puede ser necesaria la modificación de las tuberías cuando se usan tanques sépticos para atrapar las grasas. Generalmente, la entrada está ubicada debajo de la superficie del agua mientras que la salida está ubicada más cerca del fondo del tanque. El mayor volumen proporcionado por el tanque séptico ayuda a que se logre la máxima separación posible de los aceites y los residuos grasosos. En los restaurantes, la utilización de una serie de tres tanques de intercepción es eficaz para separar los aceites y las grasas. La alta concentración de estos compuestos que está asociada con las descargas de restaurantes hace que la utilización de los tres tanques en serie sea necesaria para reducir esa concentración a niveles aceptables.

Los volúmenes de los tanques de intercepción de grasas varían generalmente de una a tres veces el caudal promedio diario. Por ejemplo, si un restaurante atiende a 100 clientes por día y el caudal promedio por cliente es de 38 litros diarios (10 galones/día/cliente), el tamaño del tanque de intercepción de grasas debe ser entre 3,800 y 11,400 litros (1,000 y 3,000 galones). Dependiendo de las actividades en una determinada instalación, el lodo y la nata acumulados, debe ser removidos cada tres a seis meses.

Tanques sépticos Un tanque séptico debe ser de tamaño y construcción apropiados y debe tener un diseño hermético y una estructura estable para funcionar correctamente.

- **Tamaño del tanque.** El tamaño requerido de un tanque séptico para un establecimiento comercial depende de los caudales anticipados de la instalación, conjuntamente con el caudal proveniente de las viviendas o de otras fuentes, si se trata de un sistema comunitario.

- **Construcción del tanque.** Un factor clave en el diseño del tanque séptico es la relación entre la extensión del área superficial, la capacidad de almacenar el agua residual, y la cantidad y velocidad de descarga del agua residual. Estos factores afectan la eficacia de los tanques y la capacidad de retención de lodos. La construcción del tanque debe también asegurar una estructura de cerrado hermético. Un punto importante para el mantenimiento de un tanque séptico es el colocar tuberías verticales en las aberturas del tanque. Si se entierra un tanque séptico debajo de la superficie del suelo, la tubería vertical debe ser utilizada en las aberturas para ubicar la tapa en la superficie del terreno. Estas tuberías verticales facilitan la ubicación y el mantenimiento del tanque. El efluente del tanque séptico puede ser aplicado al campo de absorción al suelo mediante un flujo intermitente por gravedad, o por medio de una bomba o de un sifón dosificador.

La aplicación periódica utilizando un sifón dosificador mantiene un ambiente aerobio en el campo de disposición, permitiendo que el tratamiento biológico del efluente ocurra de una manera más rápida.

Los sifones dosificadores son preferibles especialmente en los campos compuestos por suelos altamente permeables debido a que ayudan a mantener las condiciones no saturadas de flujo que son necesarias para lograr un eficaz tratamiento biológico del efluente. Infiltración al subsuelo Las consideraciones importantes para el diseño de los sistemas subsuperficiales de infiltración incluyen:

- **Textura del suelo.** Existen tres tamaños de partículas del suelo: arena, limo y arcilla. La textura refleja el porcentaje relativo de cada una de estas partículas del suelo en un terreno en particular. La textura del suelo afecta la tasa de infiltración del agua residual a través del suelo (denominada conductividad hidráulica). Estos factores determinan el tamaño del campo de absorción necesario. La arena permite el transporte del agua de manera más rápida que el limo, en el cual a su vez es más rápido que en la arcilla.

- Carga hidráulica. Esta es la cantidad de efluente aplicada por pie cuadrado de superficie de la zanja o el campo, un factor importante en el diseño del tanque séptico. Debido a que el agua se filtra a través de suelos arcillosos de manera más lenta que a través de los arenosos o limosos, la tasa de carga hidráulica es menor para los suelos arcillosos que para los limosos, y menor para estos que para los arenosos. Debido a que los suelos arcillosos tienen una conductividad muy baja, estos pueden apelmazarse y compactarse fácilmente durante la construcción, reduciendo su infiltración a la mitad de la tasa prevista.

Selección del emplazamiento Se deben considerar dos factores fundamentales de diseño para la selección del lugar en donde se producirán las actividades de tratamiento y renovación del agua residual. Estos son la capacidad del suelo para asimilar la carga hidráulica deseada, y la capacidad del suelo para asimilar la carga contaminante de proceso. La carga de proceso consiste de la materia orgánica, los nutrientes y otros sólidos que están presentes en el agua residual. La capacidad hidráulica asimilativa de un terreno frecuentemente está determinada por la textura del material del suelo. Áreas con suelos arenosos generalmente reciben cargas hidráulicas altas, mientras que las áreas con suelos de arcilla fina tienen una baja capacidad hidráulica asimilativa.

Con frecuencia, este método, basado en la carga hidráulica da como resultado cargas excesivas de los componentes del proceso en zonas arenosas. Los suelos arenosos generalmente presentan una permeabilidad rápida. Esto sugiere que estos suelos se drenan y reaírean rápidamente. Estas características permiten una carga moderadamente alta de compuestos orgánicos en estos suelos, pero a su vez limitan la posibilidad que estos suelos atenúen contaminantes solubles tales como el nitrógeno y el fósforo. Los suelos de textura fina - aquellos que contienen arcillas - tienen un alto potencial para atenuar contaminantes solubles, pero tienen una capacidad limitada para la conducción de los líquidos; por lo tanto, las cargas hidráulicas aplicadas a estos suelos deben ser muy moderadas.

Ningún tipo de suelo proporciona las características óptimas para asimilar todos los componentes aplicados, y el reto para el profesional encargado del manejo en el sitio del agua residual es el lograr un balance entre las cargas aplicadas y la capacidad asimilativa total del área receptora que se va a diseñar. Se deben utilizar los objetivos del tratamiento para optimizar el diseño del sistema.

Cuando se designan grandes volúmenes de agua residual para su aplicación sobre el terreno, puede ser necesaria la realización de un análisis del apilamiento del agua subterránea. Este análisis es necesario para asegurar que la distancia de separación entre el fondo de la zanja y el nivel freático sea adecuada para lograr el tratamiento necesario.

Los sistemas grandes deben ser diseñados de modo que la dimensión más larga de la zanja se ajuste al contorno del terreno, y la dimensión más corta sea transversal a dicho contorno. Esto generalmente da como resultado el diseño de sistemas con gradientes hidráulicos que facilitan el tratamiento. Las condiciones del suelo y el terreno en las que el agua residual va a ser tratada variarán de una localidad a otra.

Las áreas seleccionadas como receptoras del agua residual deben mostrar características que faciliten el tratamiento y la renovación del agua residual. Las áreas en donde se producen las actividades de tratamiento y renovación del agua residual deben ser seleccionadas considerando los criterios aceptables establecidos por las agencias reguladoras locales.

Las tasas de aplicación sobre el fondo de la zanja varían desde 0.2 a 1.2 galones por día/pie² dependiendo de las condiciones del suelo. La siguiente tabla contiene las tasas sugeridas para la aplicación del agua residual en las zanjas y en el fondo de los lechos.

Tasas sugeridas para la aplicación de aguas residuales

Textura del suelo	Factor de infiltración (minutos/centímetros)	Tasa de aplicación (Lpd/m ²)
Grava, arena gruesa.	<0.4	No adecuado
Arena gruesa a mediana	0.4 - 2.0	0.049
Arena fina a arena gredosa	2.4 – 5.9	0.033
Greda arenosa a greda	6.3 – 11.8	0.024
Greda, limo poroso	12.2 – 23.6	0.018
Greda limosa con arcilla Greda arcillosa	24.0 – 47.2	0.008
Arcilla, arcilla coloidal	>47.2	No adecuado

Carga hidráulica La tasa de diseño de la carga hidráulica está determinada por las características del suelo, el potencial de apilamiento del agua subterránea, y la calidad del agua residual aplicada. La obstrucción de la superficie de infiltración se debe a cargas prolongadas de agua residual que reducen la capacidad del suelo para recibir el agua residual. Sin embargo, si se controla la carga, la actividad biológica en la superficie de infiltración mantiene la acumulación de residuos en un equilibrio relativo de modo tal que se puedan sostener tasas de infiltración razonables. La selección de la tasa de diseño para la carga hidráulica debe considerar factores de diseño para el suelo y para el sistema. Normalmente, las tasas de diseño para los SISAR grandes se basan en análisis detallados del suelo y la experiencia previa, más que en las tasas medidas de conducción hidráulica.

Pretratamiento del agua residual como mínimo, es necesario que se realice el tratamiento del agua residual en un tanque séptico antes de la aplicación de la misma a un SISAR.

Los niveles más altos del tratamiento, tales como los alcanzados por una unidad de tratamiento aerobia, pueden reducir el tamaño o prolongar la vida del SISAR, pero esto se debe sopesar con relación al incremento del costo de las actividades de pretratamiento y a los posibles daños por el mantenimiento inadecuado del sistema.

Ventajas Los sistemas de infiltración subsuperficiales están perfectamente adaptados para el tratamiento descentralizado del agua residual porque son subterráneos. A menudo estos son la única metodología disponible para el tratamiento del agua residual proveniente de viviendas y establecimientos comerciales rurales. Algunas comunidades eligen sistemas subterráneos de infiltración para evitar el alto costo que representa la construcción de un alcantarillado. En donde los lotes individuales no son adecuados para su uso, se pueden utilizar emplazamientos alejados para agrupar las viviendas en un SISAR individual, limitando la necesidad de alcantarillas. Como alternativa, el agua residual de comunidades enteras puede ser tratada por medio de un SISAR. Debido a que el sistema es subterráneo, el terreno superficial puede ser utilizado como áreas verdes o parques. Además, los SISAR permiten la recarga del agua subterránea.

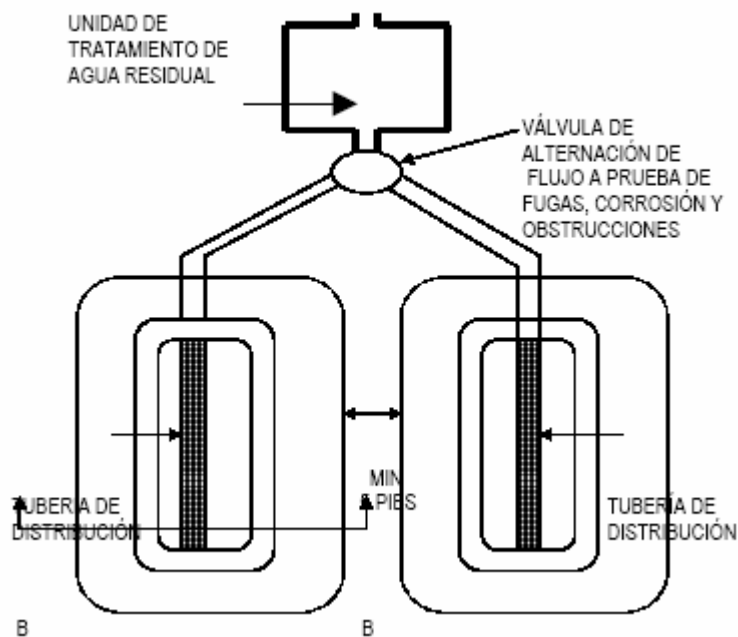
Desventajas la utilización de los SISAR está limitada por las condiciones del terreno y el suelo. Debido a que la superficie de infiltración es subterránea, esta sólo puede manejarse sacándola de servicio cada 6 a 12 meses para darle un periodo de “descanso”, lo cual requiere la construcción de celdas de reserva con ciclos de carga alternados. Por lo tanto, el uso de sistemas grandes de SISAR generalmente está limitado a los suelos arenosos bien drenados que reduzcan los requerimientos de terreno. Debido a que el nitrógeno no es removido eficientemente por el SISAR, es necesario la realización del pretratamiento para prevenir la contaminación por nitratos del agua subterránea a concentraciones que sobrepasen los estándares del agua potable. Los caudales provenientes de los establecimientos comerciales que sean mayores a los de diseño del sistema pueden abrumar el SISAR y producir condiciones de derrame y olores desagradables.

Se deben realizar correctamente las actividades de operación y mantenimiento de los tanques sépticos y otras unidades del pretratamiento para poder mantener un SISAR que dé un tratamiento efectivo al agua residual. Mientras se hace uso del tanque séptico, o de una unidad de tratamiento aerobia, el lodo se acumula en el fondo de la unidad del tratamiento. Cuando el nivel del lodo aumenta, el agua residual permanece por un menor tiempo en el tanque y los sólidos pueden ser arrastrados al campo de absorción. Los tanques sépticos correctamente dimensionados tienen generalmente espacio suficiente para la acumulación de lodos por un mínimo de tres años. Las unidades de tratamiento aerobio requieren de un manejo intensivo de los lodos.

La frecuencia de bombeo del tanque depende de:

- La capacidad.
- La cantidad de agua residual que fluye dentro del tanque (con relación al tamaño de la vivienda).
- La cantidad de los sólidos en el agua residual (por ejemplo, se generan más sólidos si se hace la eliminación de basuras por medio de los trituradores).

El campo de absorción del suelo no fallaría inmediatamente si no se hace le bombeo del tanque séptico, pero el tanque ya no protegería de los sólidos al campo de absorción. Si se descuida por mucho tiempo el mantenimiento del tanque, o de la unidad de tratamiento aerobio, puede ser necesario el reemplazo del campo de absorción. Un ejemplo de deficiencias de tanques sépticos o el sistema del campo de absorción se presentó en Missouri. Diversos estudios estatales han demostrado que el 70 por ciento (150,000) de los sistemas no están funcionando correctamente, generando cerca de 60 millones de galones de aguas residuales no tratadas o semi-tratadas por día que llegan a las fuentes de suministro de agua subterránea. De acuerdo con el mapa general de suelos de Missouri, del 60 al 99 por ciento de los municipios en la región de Ozarks tienen severas limitaciones para la utilización de los sistemas de campos de absorción.



Plano de un sistema de absorción al suelo de lecho doble.

En estados Unidos se han llevado a cabo diversos estudios enfocados en evaluar las deficiencias de los sistemas de tanque séptico para identificar grupos de localidades en donde las instalaciones de tratamiento y disposición de aguas residuales pudieran estar presentando deficiencias operativas. La información de este estudio identificará áreas que puedan calificar para recibir el financiamiento de proyectos ya que se utilizan diversos tanques sépticos cerca de lagos, existía una preocupación adicional por la contaminación por coliformes fecales. Los análisis de muestras tomadas en las ensenadas a lo largo del lago demostraron que el 10 por ciento de las áreas analizadas tenían más de 200 unidades formativas de colonias por cada 100 mililitros, indicando que existían lagos que tienen un alto nivel de contaminación por bacterias coliformes fecales. Las normas referentes a la descarga, cada vez más rigurosas, han llevado a muchas comunidades al uso de medidas más eficaces para el tratamiento de residuos. Un ejemplo es Eagle Mountain Lake, cerca de la ciudad de Fort Worth, Texas, en donde el Distrito de Control de Aguas y Mejoras del Condado Tarrant está adoptando medidas aceleradas para mejorar la calidad del efluente de los 2,500 sistemas de aguas residuales ubicados en Eagle Mountain Lake.

Muchas de las viviendas en esta área son utilizadas sólo en fines de semana, por lo cual los tanques sépticos fueron diseñados para un uso limitado. La agencia WCID está diseñando un sistema que sea lo suficientemente grande para un uso de tiempo completo con el fin de mejorar la calidad del efluente. En el sector norte de Texas, la Comisión de Conservación de Recursos Naturales de Texas (*Texas Natural Resource Conservation Commission*, TNRCC) ha utilizado tecnologías innovadoras para uso en el punto de generación de residuos con el fin de solucionar los problemas regionales de agua residual asociados con la falla de sistemas de tanques sépticos por el rápido crecimiento de la región. En la década de 1980, la ciudad de Umbarger instaló un tanque séptico de 44,000 galones y un campo de drenaje de 30,720 pies cuadrados para dar servicio a sus 325 residentes. Este sistema comunitario reemplazó la recolección de múltiples tanques sépticos pequeños distribuidos por toda la ciudad, muchos de los cuales habían experimentado deficiencias en el pasado.

Operación y mantenimiento Infiltración al subsuelo Un SISAR bien diseñado sólo requiere de una atención limitada por parte del operador. Las funciones de manejo incluyen principalmente la documentación del estado del sistema, el análisis de la acumulación de los sólidos, la evaluación del funcionamiento de la bomba, el monitoreo del sistema de control, y la supervisión de las unidades de pretratamiento, los componentes mecánicos, y los niveles de acumulación del agua residual en el terreno arriba de la superficie de infiltración. La intervención del operador puede ser necesaria si se observan cambios.

El mantenimiento rutinario de los SISAR se limita generalmente a la alternación anual o semestral de las celdas de infiltración. Otra tarea incluida dentro de las actividades de mantenimiento es la limpieza de la criba en la descarga de efluente del tanque séptico para evitar la obstrucción del sistema. Este filtro debe ser limpiado periódicamente removiéndolo de la descarga, y rociándolo con una manguera que dirija el flujo en dirección al tanque séptico. Los campos de absorción al suelo deben ser protegidos de los sólidos y la lluvia.

Si un tanque no es bombeado, los sólidos pueden ingresar al campo de absorción. El escurrimiento que se recolecta en los techos o las superficies impermeables, tales como áreas de concreto, debe desviarse alrededor del campo de absorción para evitar que estos suelos se saturen con el agua de lluvia. Los campos saturados con escurrimiento pluvial no pueden recibir el agua residual. El plantar hierbas de estaciones frías sobre el campo de absorción al suelo puede ayudar a remover el agua del suelo y mantener el sistema funcionando correctamente durante el invierno.

Infiltración al subsuelo. Los costos de inversión del terreno y la movilización de tierra son los más significativos. Cuando se utiliza el relleno para asentar la superficie infiltrativa primaria, el costo de transporte del material también llega a ser significativo.

Otros costos incluyen el pretratamiento y la conducción del agua residual al lugar de tratamiento. Otros factores que afectan los costos de los tanques sépticos incluyen las condiciones del subsuelo en el sitio, la localización y el acceso al lugar, y el tipo de tanque utilizado. El costo de los tanques, incluyendo la instalación, generalmente está dentro del rango entre \$1.00 y \$4.00 por galón. Las actividades de bombeo de los tanques sépticos varían en costo entre \$150 y \$200 por cada 2,000 galones. Si un tanque se bombea una vez cada tres años y medio, el costo del mantenimiento sería de \$50 por año, aproximadamente, y el costo de bombeo y transporte de \$175.

EJEMPLO

Sistemas sépticos

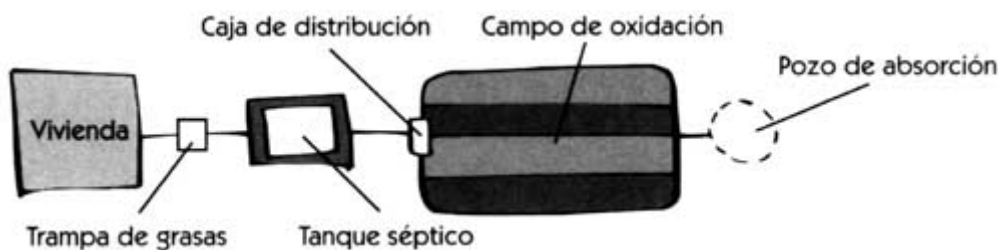


Figura

Los sistemas sépticos están conformados por varias estructuras que tienen como función recibir las aguas provenientes de las cocinas, el baño, los lavaderos, etc., y tratarlas.

Estos sistemas están compuestos por:

- Trampas de grasas
- Tanque séptico
- Cajas distribuidoras
- Campos de oxidación
- Pozos de absorción



Figura

Trampa de grasas

Está diseñada para recibir aguas de cocinas y lavaderos o de aguas con formación de residuos grasos y jabones.

Tanque séptico

Es una caja rectangular de uno o varios compartimientos que reciben las excretas y las aguas grises. Se construyen generalmente enterrados, utilizando el bloque revestido con mortero o en concreto. El tanque séptico tiene como objetivo reciclar las aguas grises y las excretas para eliminar de ellas los sólidos sedimentables en uno a tres días.

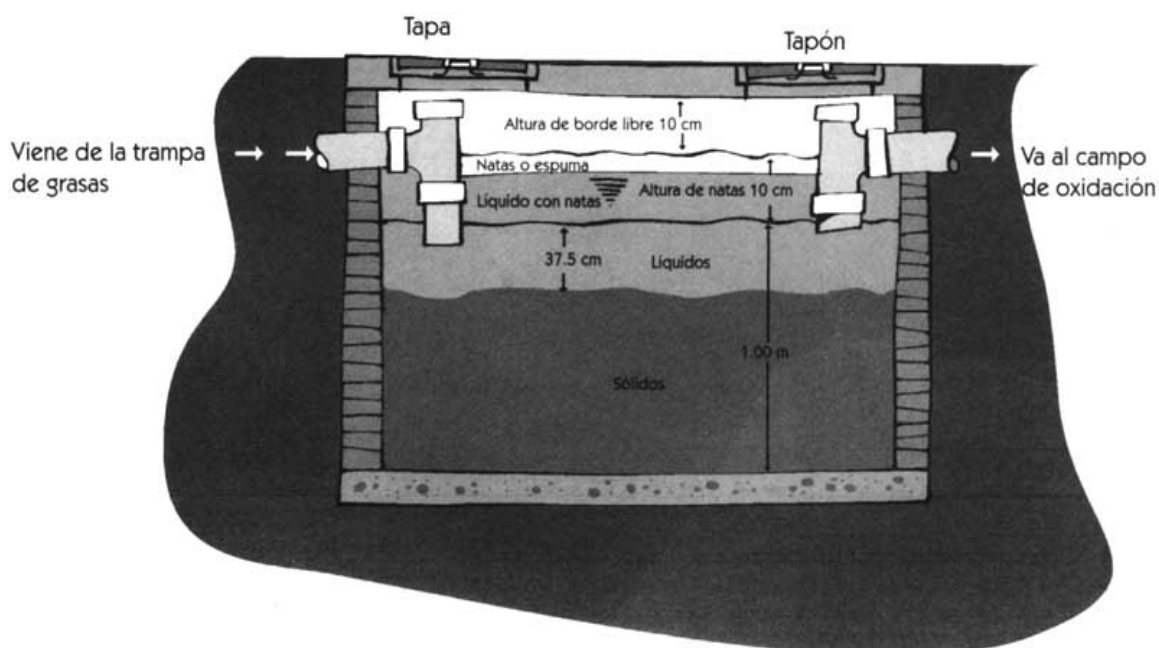


Figura de un tanque séptico

El líquido que sale del tanque séptico tiene altas concentraciones de materia orgánica y organismos patógenos por lo que se recomienda no descargar dicho líquido directamente a drenajes superficiales sino conducirlo al campo de oxidación para tratamiento.

Los tanques sépticos deben ser herméticos al agua, durables y estructuralmente estables. El concreto reforzado y el ferrocemento son los materiales más adecuados para su construcción.

Al tanque séptico se le deben colocar tapas para la inspección y el vaciado.

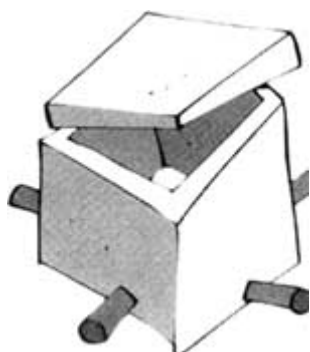
Se deben tomar precauciones para que salgan los gases que se producen dentro del tanque. Para esto se puede colocar un tubo de ventilación.

Materiales necesarios para construir un tanque séptico para una familia de seis personas

Materiales	Unidades	Cantidad
Cemento	bulto	7
Arena	m ³	1
Gravilla	m ³	1.5
Ladrillo (6 x10 x 24)	Pieza	880
Varilla 3/8" L = 6m	Pieza	6
Tee PVC 4"	Pieza	1
Codo PVC 4"	Pieza	2
Tee PVC 90 x 6"	Pieza	1

Cajas de distribución

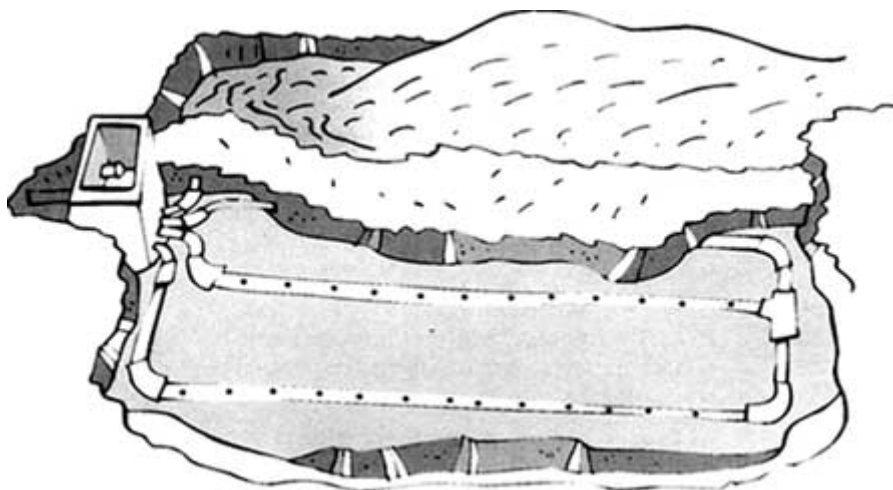
Se diseñan y construyen para distribuir el líquido que sale del tanque séptico, en partes proporcionales al número de salidas previstas para el campo de oxidación.



Caja de ditribucion

Campos de oxidación

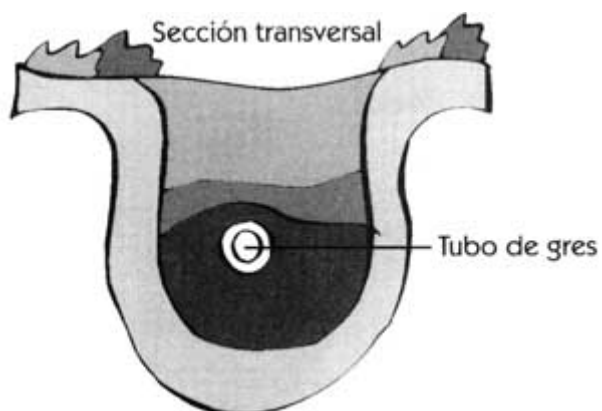
Cuando las condiciones del lugar son óptimas y no hay amenaza para la calidad de las aguas subterráneas, usualmente la infiltración en el suelo es el mejor método para que el líquido que proviene de la caja de distribución.



Campos de oxidación

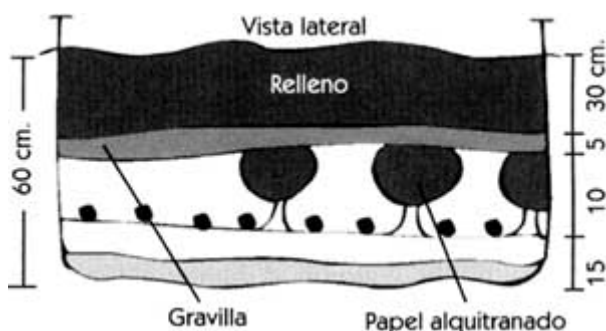
El líquido pasa a través de una tubería perforada, generalmente de gres, con 4" de diámetro.

La tubería debe tener una pendiente promedio de 4% para permitir el desplazamiento del líquido.



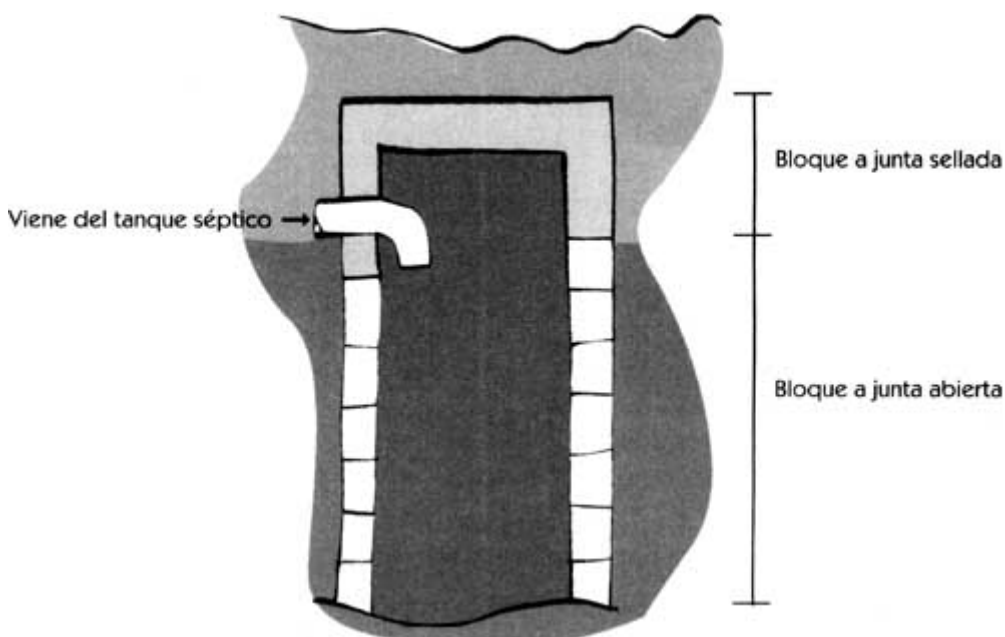
Detalle zanja

Si existen aguas subterráneas en la zona del campo de oxidación o infiltración, el nivel debe quedar por lo menos a un metro de profundidad del fondo de la zanja de infiltración.



Figura

El espaciamiento entre las zanjas es como mínimo de 1.50 m.



Figura

Los campos de oxidación deben ubicarse lejos de pozos, arroyos, quebradas, etc.

El nivel de aguas subterráneas debe quedar por lo menos a un metro de profundidad del fondo de la zanja de infiltración.

Pozo de absorción

El pozo de absorción se recomienda como alternativa cuando no se pueden usar los campos de oxidación, o donde el suelo permeable es muy profundo.

El líquido proveniente del tanque séptico pasa a través del pozo hecho con ladrillos o rocas conjuntas abiertas (sin mortero) y llega al suelo circundante. Luego es tratado por las bacterias presentes en el suelo.

Las dimensiones y el número de pozos dependerá de la permeabilidad del terreno y del nivel freático (agua subterránea).

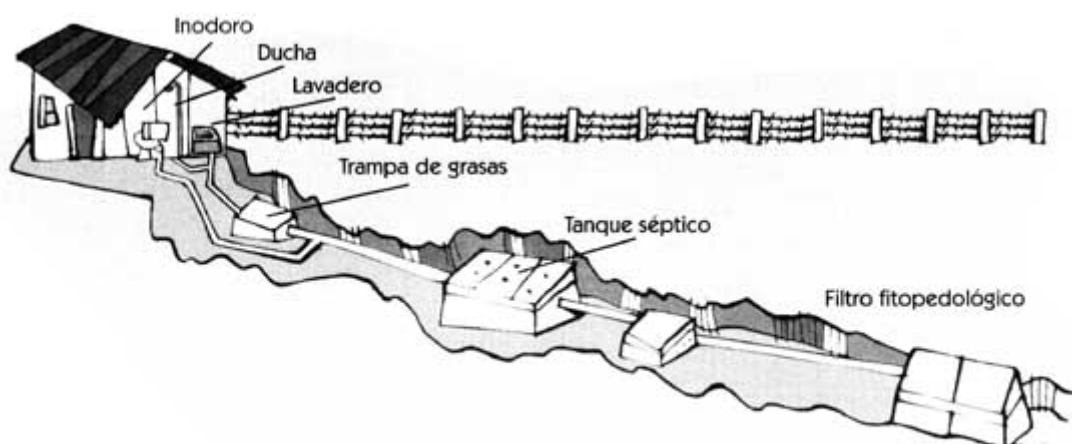
La distancia entre dos pozos debe ser de por lo menos tres veces el diámetro interno del mayor de ellos. Cada pozo debe tener tapa de inspección.

Recomendaciones

- Utilice agua de una manera conservadora para no saturar el sistema séptico.
- Evite verter compuestos como acetona, aceites, alcohol o líquidos para lavado en seco del tanque séptico, pues no se descomponen fácilmente.
- El tanque séptico se debe inspeccionar por lo menos una vez al año.
- Cuando se abra la tapa de cualquier parte del sistema para inspección o limpieza se debe dejar pasar un tiempo que garantice una adecuada ventilación, porque los gases acumulados pueden causar explosiones o asfixia.
- Nunca utilice cerillas o antorchas para inspeccionar un tanque séptico.
- No arroje tapas ni basuras que puedan obstruir el sistema.
- Cuando haga la limpieza no debe extraer la totalidad de los lodos. Deje un volumen que sirva de semilla.
- No debe lavar ni desinfectar el tanque séptico después de la extracción de lodos.
- Los campos de oxidación y los pozos de absorción se deben inspeccionar periódicamente para observar su funcionamiento.

Filtro fitopedológico

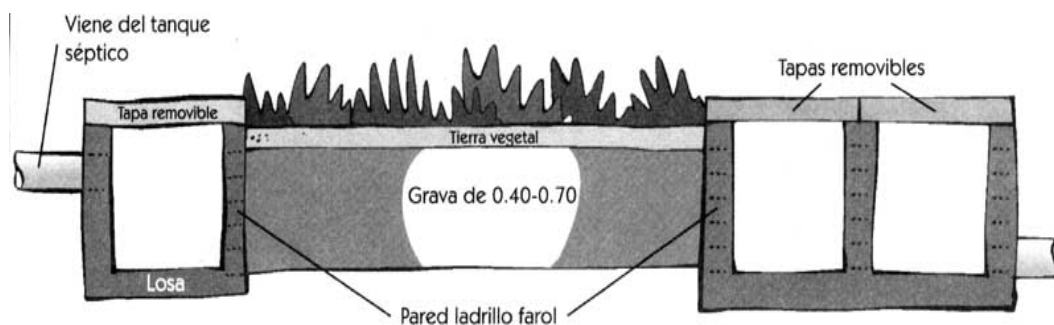
El filtro fitopedológico, también llamado lecho hidropónico de grava, se construye haciendo un lecho filtrante en una zanja excavada en el suelo, recubierta con polietileno grueso o geomembrana en el fondo, la tapa y las paredes, con el fin de evitar infiltraciones hacia el terreno o del terreno hacia el filtro.



Figura

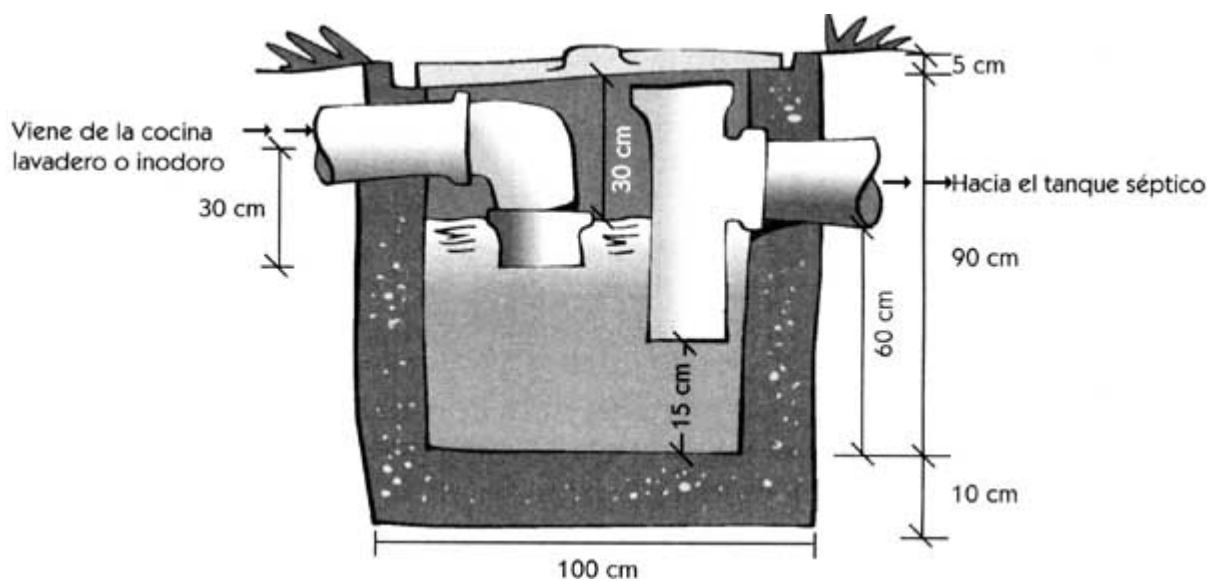
El material que cubre el lecho filtrante debe ser rasgado o perforado para permitir la entrada de las raíces de las plantas que serán sembradas sobre el lecho en una capa de tierra vegetal o humus que no sobrepase 10 ó 15 cm de espesor.

La entrada del agua al filtro se hace a través de una caja de repartición que consiste en una estructura dividida por un tabique o cortina que separa el agua que llega del tanque a través de una tubería, del agua residual que fluye horizontalmente hacia el lecho a través de una pared construida en ladrillo farol.



CORTE

El dispositivo de salida es una caja colectora cuya pared próxima al lecho de grava, construida en ladrillo farol o rejilla, permite el libre paso del agua y la contención del material triturado de anclaje. Esta caja está dividida por una cortina de mampostería que obliga al agua a ganar nivel creándose una cámara de entrada o de rejilla y una de salida hacia el campo de infiltración.



Trampa de grasas

Operación y mantenimiento

Una buena operación resulta en una mayor eficiencia del sistema y una mayor vida útil de la unidad. Las actividades típicas de operación y mantenimiento son:

- Se debe cuidar que al colocar la grava o medio soporte, ésta no sea compactada durante la construcción del filtro.
- Si se utiliza como medio de soporte, la grava debe ser lavada antes de su colocación, y requiere ponerle una capa de 10 cm de abono o tierra por lo menos durante los primeros meses. Posteriormente, las plantas obtendrán sus nutrientes del agua residual que pasa por el lecho.
- El lecho debe llenarse de agua antes de transplantar la vegetación, y se debe mantener el nivel en las cajas colectoras para asegurar un nivel de agua que permita una rápida adaptación a las plantas sembradas.
- Para su buen funcionamiento, el filtro requiere un adecuado desarrollo de su capa vegetal. Esto tarda aproximadamente dos meses desde su construcción.
- La caja colectora del filtro se debe revisar para retirar la posible sedimentación que se haya acumulado en el fondo.

Las plantas más recomendadas son aquellas que tienen rizomas y raíces densas y profundas. Son muchas las especies vegetales que pueden emplearse, teniendo en cuenta que sean apropiadas para alimentarse con desechos ricos en nutrientes, transportar oxígeno a la zona de raíces y crecer en suelos de altos niveles freáticos. Debido a que el agua residual ha pasado por un sistema de tratamiento es posible su utilización en la irrigación de terrenos mediante infiltración.

En Colombia estos sistemas han sido construidos con la asistencia técnica del Instituto Cinara de la Universidad del Valle, en algunas comunidades de influencia del proyecto de Desarrollo Local que auspicia el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia Unicef. Tal es el caso de las comunidades de Triana y Zaragoza del municipio de Buenaventura donde, con esta tecnología se construyeron más de 150 unidades sanitarias para el tratamiento aguas residuales.

Referencias bibliográficas

EPAM LTDA., Técnicas sencillas de saneamiento ambiental aplicables en el medio urbano, Santafé de Bogotá. D.C. 1991.

Banco Mundial, Información y capacitación en abastecimiento de agua y saneamiento de bajo costo.

Inderena, Ministerio de Salud, Ministerio de Obras Públicas, Departamento Nacional de Planeación y Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Memorando 1: Relleno sanitario manual. Memorando 2: Agua potable, Santafé de Bogotá, D.C. 1991.

Pérez Carmona Rafael, Desagües, Editorial Escala, Santafé de Bogotá, D.C. 1988.

Duncan Mara, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Diseño de letrinas mejoradas de pozo ventilado, Washington, D.C. 1984.

Ministerio de desarrollo económico, Alcantarillados de flujo decantado, Santafé de Bogotá, D.C. 1995.

<http://www.epa.gov/owmitnet/mtbfact.htm>

Barret, Michael E. and J. F. Malina, Jr., Sep. 1, 1991. Technical Summary of Appropriate Technologies for Small Community Wastewater Treatment Systems. The University of Texas at Austin.

Corbitt, Robert A. 1990. Standard Handbook of Environmental Engineering. McGraw-Hill, Inc. New York.

Community Environmental Services, Inc.
Septic Tank. Fact Sheet. City of Austin, TX.

Crites, R. and G. Tchobanoglous. 1998.
Small and Decentralized Wastewater
Management Systems. WCB McGraw-Hill,
Inc. Boston.

Robillard, Paul D. and Kelli S. Martin.
Septic Tank Soil Absorption Systems.
Agricultural and Biological Engineering
Fact Sheet. Penn State, College of
Agriculture. Site accessed 2000.
<http://www.klinesservices.com/ps1.cfm>.

Schultheis, Robert A. and Gwen Hubble. A
Homeowner's Guide: Septic Tank/
Absorption Field Systems. Extension
Service, U.S. Department of Agriculture,
Project Number 90-EWQI-1-9241,
publication WQ0401.

Texas On-Site Insights, Volume 2, Number
1: Spring 1993, Measuring the Impact of
Septic Tanks on Lake Granbury. Texas
Water Research Institute.

Texas On-Site Insights, Volume 2, Number
2: Summer 1993, LCRA Receives Grant to
Study On-Site Systems in Colorado, Lavaca
Coastal Basins. Texas Water Research
Institute.

V. TANQUES IMHOFF

Las soluciones que se adoptan para pequeñas comunidades (con un tope entre los 100 y los 10.000 habitantes) deben tener en cuenta que los costos de construcción y de mantenimiento de las instalaciones pequeñas, muchas veces puede ser mayor (en costo per cápita) que las instalaciones mayores.

Las instalaciones de tamaño pequeño muchas veces se encuentran que el caudal servido tiene unas fluctuaciones muy grandes entre el caudal máximo y el mínimo. La maquinaria y el equipamiento generan muchos más problemas en las pequeñas instalaciones que en las grandes. Los procesos tienen que ser muy simples de operar y debe de evitar complejas automatizaciones por la falta de personal especializado.

Por lo tanto, las soluciones que se utilizan en estas pequeñas instalaciones dan prioridad a los procesos que requieren tiempos mínimos de atención del personal. El equipamiento que se instala debe ser muy escaso y con bajo mantenimiento. Cuanto más naturales sean los procesos mas capacidad tendrán de funcionar bien en los márgenes de caudal que le llegarán y así tendrán menores requerimientos de energía.

Debe prestarse especial interés a contabilizar los aportes no urbanos que en las zonas rurales se aportan a las redes de saneamiento, como lecherías, producciones azucareras, vinícolas, curtiembres, etc. ya que pueden determinar que la instalación se sobrecargue.

El tratamiento que vamos a ver ahora se verá precedido de los habituales sistema de pretratamiento, más sencillos o iguales que los usados en las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales (P.T.A.R).

El tanque Imhoff es un tipo especial de tanque de sedimentación, ampliamente usado para el tratamiento primario de aguas negras, puede usarse en combinación con algún otro sistema de tratamiento aerobio. Este tratamiento generalmente se ve precedido de un retiro de la grasa y aceites que pueden influir negativamente en su funcionamiento, además de un desbaste. El tratamiento puede ser el único existente o detrás de el puede llevar algún proceso aerobio.

En este sistema, análogo a las fosas sépticas, se produce el tratamiento en dos cámaras situadas una encima de la otra. En la cámara superior se efectúa la separación sólido-líquido y en la zona inferior se produce la digestión anaerobia de los sólidos sedimentados.

Existen varias denominaciones a los diferentes tanques, que tienen pocas diferencias. Los más habituales son los tanques Imhoff, tanques Emscher, tanque Kremer, tanque Clarigester, etc.

En cuanto al tratamiento anaeróbico, actualmente se ha vuelto a despertar una gran interés, principalmente después de los trabajos desarrollados por Lettinga y colaboradores, y los desarrollados también a nivel regional, en Brasil, por el Instituto de Saneamiento Ambiental (ISAM), de la Universidad Católica de Paraná, entre otros. En Cali, Colombia, se destacan los trabajos desarrollados por la Universidad del Valle.

Recientemente se están multiplicando los trabajos de investigación, incluyendo otros sustratos como residuos sólidos urbanos, agro pastorales y aguas residuales industriales.

Los reactores de flujo ascendente, en manto de lodo, objeto de este capítulo, en cuanto a los desagües domésticos, presentan tasas de aplicación de 1 a 2 kg DQO/m³. día, con eficiencias de remoción de hasta 85%, en la temperatura ambiente (rango de 8 a 20°C). Igualmente se citan, en la bibliografía, tasas tan altas como 50 kg DQO/m³/día y esto hace que el proceso resulte también interesante para el tratamiento de desagües industriales orgánicos (desagües con un alto contenido de DQO por unidad de volumen).

Los subproductos del proceso presentan, en muchas situaciones, un valor económico, como el biogás; y el efluente líquido (lodo) justifica la denominación de bioabono y complemento alimentario. El aspecto más preponderante en el tratamiento ha sido la reducción de la carga orgánica; no obstante se deben investigar, igualmente, aspectos relativos a la calidad bacteriana y a la presencia de parásitos en el efluente.

Los tanques Imhoff son un sistema en el cual se lleva a cabo la descomposición de la materia en forma anaerobia, durante un cierto tiempo de reposo, a continuación se detalla el funcionamiento atendiendo a las diferentes etapas del proceso.

Biología del proceso

Los tanques Imhoff [Karl Imhoff (1876 – 1965) que en su tiempo fue el ingeniero especialista en aguas, más notable de Alemania], por haber concebido el tipo de tanque de doble objeto que se conoce por su apellido.

Alrededor de 1925, la digestión separada con calefacción ya había demostrado ser conveniente y económica, y en la actualidad ésta se emplea en todas las grandes plantas junto con tanques de sedimentación, con remoción continua de los lodos para la digestión. A pesar de esto, los tanques Imhoff todavía tienen su propio lugar en el tratamiento primario de las aguas negras, especialmente debido a su simplicidad de operación. En algunas situaciones locales, esta ventaja solo puede pesar más que cualquier otra.

Como todo dispositivo para un tratamiento primario, el tanque Imhoff puede ser una parte de una planta para el tratamiento completo, y en tal caso su comportamiento de digestión debe tener una capacidad tanto para los lodos secundarios como para los que recibirá de la sobrepuesta cámara de sedimentación.

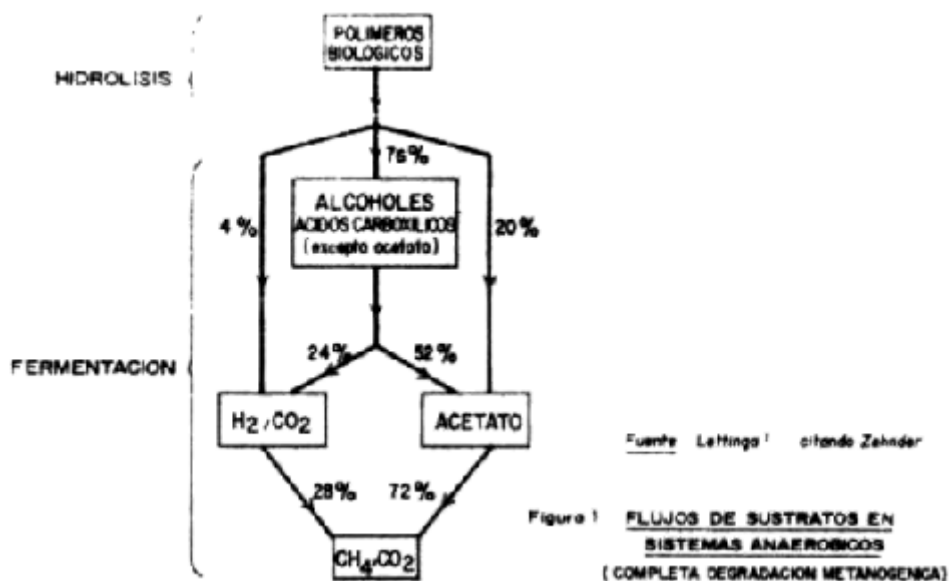
En los procesos anaerobios, en lugar de inyectar aire en el reactor, se mantiene sin este elemento y sólo se requiere cuidar el nivel de pH, que primero se conserva ácido entre tres y cinco para el proceso de acidogénesis y posteriormente se eleva a seis para la generación de metano (metanagénesis) en reactores con tiempos de retención hidráulica de quince a cincuenta horas y profundidades de cuatro a siete metros, con un régimen hidráulico laminar para obtener el manto de lodos ascendente.

Este tipo de reactor se utiliza en combinación con el aerobio para tratar agua con altos niveles de contaminación, como es el caso de las vinazas del tequila. Tanto en los procesos aerobios como anaerobios es necesario disponer de los lodos en exceso que se generan; en este apartado es donde el proceso anaerobio aventaja al aerobio, ya que produce sólo diez por ciento del volumen de lodos que produce el aerobio.

Los métodos más comunes de manejo de lodos consisten en deshidratación por exposición al sol, o manejo en filtro prensa de banda o de placas y marcos. Los tratamientos terciarios consideran operaciones más caras y sofisticadas, como filtración por carbón activado, desmineralización por osmosis inversa o resinas, coagulación-sedimentación-filtración y métodos electroquímicos. Éstos se recomiendan cuando el costo del agua es muy alto y conviene su reciclado al cien por ciento.

En condiciones anaeróbicas suelen ocurrir diversos procesos: desnitrificación, reducción de sulfatos, hidrólisis y fermentación acetogénica y metanogénica (ver Figura para los dos últimos procesos) .

El rol de las bacterias metanogénicas se define por el tipo de sustrato disponible.



Diversos procesos de tratamiento anaeróbico se encuentran disponibles y son aplicados en función de las características del sustrato afluente y del control (manejo) del tiempo de retención de la biomasa.

La separación de las fases en el tratamiento de desagües solubles complejos, puede parecer atractiva en la eliminación de compuestos tóxicos, en la remoción de nitratos y sulfatos o sulfitos. De esta forma, un reactor acidogénico puede ser utilizado por separado de un reactor metanogénico.

En la actualidad se han derivado varios métodos tomando como base la tecnología del tanque Imhoff. El proceso anaeróbico de flujo ascendente es quizá uno de los mas conocidos consiste básicamente de un tanque Imhoff, "al revés", presentando las cámaras de desnatación y digestión anaeróbica superpuestas. Las principales condiciones que se deberán encontrar en estos reactores son:

- Una efectiva separación del biogás, del desagüe y del lodo;
- El lodo anaeróbico debe presentar una buena capacidad de sedimentación

y, principalmente, se debe desarrollar como un lodo granular;
 - El desagüe debe ser introducido en la parte inferior del reactor.

Por tratarse de un proceso simple, compacto y no costoso, el reactor de flujo ascendente constituye una alternativa muy interesante para emplearse con desagües domésticos crudos. Es efectivo en temperaturas del orden de los 10° C o más, aunque su uso en condiciones extremas de temperatura no puede ser excluido.

Aspectos constructivos y parámetros a tomar en cuenta:

- Remoción del DQO (en tiempo seco) = 65 a 85% (T = 8 a 20°C);
- Carga hidráulica = 0.6 a 3.8 m³/m³.día;
- Carga superficial = 0.04 a 0.16 m/h);
- Tiempo de detención = 14 a 17 h;
- Velocidad ascensional = 0.13 m/h;
- Carga orgánica = 1 a 2 kg DQO/m³. día;
- Producción de biogás = 7.1 a 7.3 m³ CH₄/PE año (= 20l CH₄/hab.día);
- Producción de biogás = 0.19 m³ biogás/m³ reactor
- Exceso de lodo = 5.0 a 8.6 kg/PE.año;
- Población equivalente (PE) = 0.135 kg DQO y 175 l.

No obstante lo citado anteriormente en parámetros, se pueden obtener cargas de 50 kg DQO/m³. día cuando el reactor se encuentra todo lleno de lodo granular.

Para el Reactor de Flujo Ascendente:

- carga máxima = 0.2 kg DQO/kg bacteria.día
- bacterias en el manto de lodo = 50 kg bact/m³ (5%)
- altura del manto de lodo = 1.50 m
- velocidad máxima de ascensión en el manto de lodo = 2 m/h
- tiempo de detención = 5 horas
- reducción DQO (=DBOt) = 90%

Producción de biogás:

- biofiltro = $\frac{17.7 \text{ g biogás}}{\text{hab.día}} = \frac{500 \text{ l biogás}}{\text{kg DQO}}$

- % CH₄ = 65

Como consecuencia este proceso ofrece la ventaja de producción de biogás. Se puede afirmar de manera general que la composición del biogás es de cerca del 70% de metano (CH₄), y 30% de gas carbónico (CO₂), con trazas de gas sulfhídrico (H₂S). También se citan pequeños porcentajes de N₂, H₂ y O₂

Se ha observado en experimentos que el contenido de CO₂ es solamente de 2 a 4%, y el porcentaje de N₂ relativamente alto, es decir, entre 14 y 22%, originado por el gas (aire) disuelto en el afluente y liberado de la fase líquida, durante el proceso de fermentación.

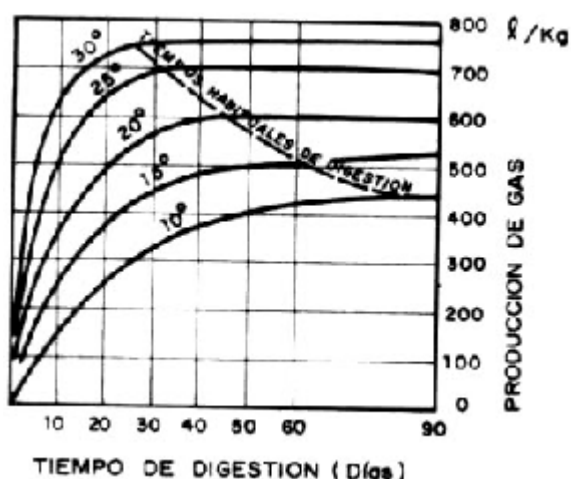


Figura: Producción de gas a partir de 1 kg de residuo orgánico de lodo fresco inyectado en un digestor, sometido a varias temperaturas, según IMHOFF-FAIR

Se encuentra en la literatura técnica la referencia para la remoción de H_2S Y DEL CO_2 contenidos en el biogás. La presencia del primero es objetada debido a problemas de corrosión, y del segundo cuando el objetivo es el uso automotriz (Ver referencias 2 y 10 al final del capítulo).

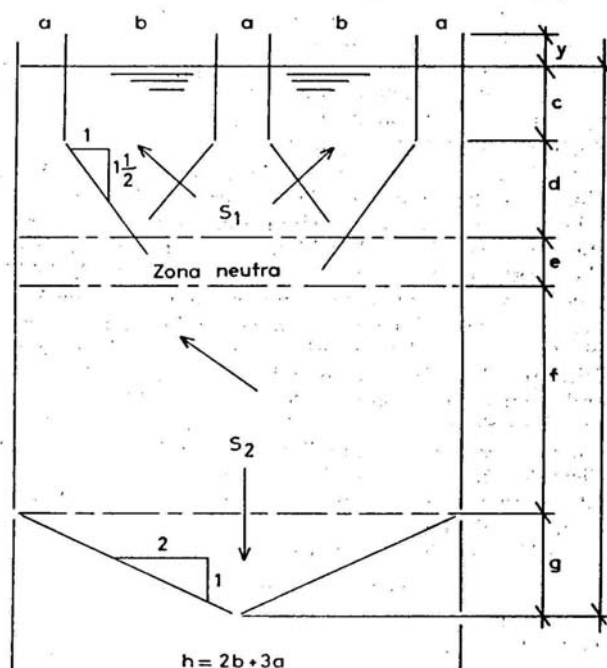
Elementos del sistema

Pueden verse tanques Imhoff en muchas formas rectangulares y hasta circulares, pero siempre proporcionan una cámara o cámaras superiores por las cuales pasan las aguas negras en su período de sedimentación, además de otra cámara inferior donde la materia recibida por gravedad permanece en condiciones tranquilas para su digestión anaeróbica.

De la forma del tanque se obtienen varias ventajas: 1) los sólidos sedimentables alcanzan la cámara inferior en menor tiempo; 2) la forma de la ranura y de las paredes inclinadas que tiene la cámara acanalada de sedimentación, fuerza a los gases de la digestión a tomar un camino hacia arriba que no perturba la acción sedimentadora.

En la actualidad existen en forma comercial en algunos países, lo cual los hace bastante accesibles en caso de que se llegaran a implementar en el país.

Los elementos del sistema pueden variar en su forma como ya se explico existen de diversas formas, pero en general un tanque Imhoff deberá contar con



los siguientes elementos

En la figura se muestra una forma de tanque imhoff, con canales de entrada y salida tales que puede, a voluntad, invertirse el sentido del flujo a través de las cámaras de sedimentación. Esta característica da como resultado mejor distribución de la materia sedimentable en el comportamiento inferior, donde los lodos tienden a acumularse en la tolva cabezal, según el sentido del flujo.

Las aguas negras entran por el canal de entrada "a". Abiertas las válvulas de entrada en un extremo del tanque y bajados los vertederos de ajuste en el otro, las aguas negras pueden dirigirse a través de las cámaras de sedimentación "A" en cualquier sentido; y, después de unas cuantas semanas, si se quiere, en sentido opuesto. Depositados los sólidos sedimentables, las aguas negras salen clarificadas por el canal de salida "b".

Los sólidos se sedimentan deslizándose por las superficies lisas de las paredes inclinadas, atravesando la ranura estrecha hacia abajo, para depositarse en la cámara de digestión "B", donde permanecen unos treinta días, más o menos, o hasta que sean bien digeridos. Los gases provenientes de la digestión suben por las ventosas de gas "D", debido a que las paredes solapadas impiden su paso a través de las cámaras de sedimentación, asegurando así mejor rendimiento.

Los sólidos digeridos se extraen bajo carga estática por las válvulas de lodos a través de los tubos laterales, en tiempo conveniente. Se dejan abiertos los extremos superiores de estos tubos, de modo que fluyan libremente los lodos y para limpiar los tubos a voluntad.

El tanque compuesto de tres cámaras en el cual se realizan los procesos de sedimentación y digestión tiene la ventaja de que existe en forma comercial en el mercado en diversas capacidades, calidades y formas de acuerdo con la marca.

Para comunidades de 5,000 habitantes o menos los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos, sedimentados en la misma unidad, necesita una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso correcto se requiere que las aguas negras pasen por el proceso de cribado y remoción de arena.

Es conveniente en climas calurosos pues esto facilita la digestión de los lodos.

En la selección de esta unidad de tratamiento se debe considerar que los tanques Imhoff pueden producir olores desagradables. Pueden ser rectangulares o circulares y se dividen en tres compartimentos (ver figura) :

- Compartimiento superior o de sedimentación.
- Compartimiento inferior o cámara de digestión.
- Cámara de gases.

Durante la operación todas las aguas negras fluyen al compartimiento de sedimentación.

1) Los sólidos resbalan por paredes en pendiente y pasan a través de una ranura hacia la cámara de digestión.

2) Una de las partes inclinadas se prolonga mas allá de la ranura, formando un solape impidiendo que las burbujas de los gases de los barros en digestión vuelvan a elevar el material en proceso de sedimentación. Dichos gases son desviados hacia la cámara de gases.

3) Es importante hacer notar que para un mejor funcionamiento de las unidades Imhoff, ya sean circulares o rectangulares, se deberán seguir las normas



Figura tanque Imhoff circular

Es frecuente encontrar agua residual industrial cuya magnitud de carga orgánica es tan alta que se hace necesario combinar procesos aerobios con anaerobios para economizar espacio y energía.

Como se puede ver a simple vista el tanque Imhoff ofrece muchas ventajas ya que en realidad sus elementos son sencillos y fáciles de operar, lo cual aunado a la gran gama de productos comerciales que existen hace que la tecnología sea bastante accesible, no solo para sistemas de tipo industrial con altas cargas orgánicas, como podría suponerse, además puede usarse para grupos poblacionales de tipo rural, con poblaciones inferiores los 5000 habitantes.

Diseño de elementos

Al entrar en operación, un tanque Imhoff debe sembrarse para poner en marcha el proceso de digestión. Esto se hace utilizando lodos digeridos de otro tanque, o a falta de éstos, materia nutritiva, tal como unas cuantas paladas de abono o estiércol. Puede desarrollarse una espuma o nata excesiva, como resultado de condiciones ácidas, teniéndose que usar medios correctivos, tales como adiciones de cal en poca cantidad, a fin de ajustar así el pH hasta el punto neutro.

En su funcionamiento normal, un tanque Imhoff debe ser vigilado diariamente, aunque para hacerlo no exija mucho trabajo en su manejo ni muchas herramientas. Al subir los gases para salir por las ventosas, llevan algunos sólidos a la superficie, y pueden formar espuma o nata gruesa flotante. Los gases pueden levantar las masas sobrenadantes aun hasta rebosar las paredes, estorbando así el paso normal de ellos, haciendo que pasen hacia arriba a través de la ranura de las cámaras de sedimentación, se vuelven sépticos, a menos que sean removidos. Sin embargo, pueden prevenirse la mayoría de las dificultades o mal funcionamiento del tanque por medios sencillos.

La espuma o nata se dispersa u obliga a bajar por medios de chorros de agua con manguera, y los sólidos de la cámara de sedimentación se obligan a bajar utilizando una cadena pesada, suelta, de rastreo. Hay que conocer el nivel de los lodos de cuando en cuando, para lo cual se usa un palo y placa o una bomba de mano con manguera, para mantener este nivel bajo control, sacando mensualmente los lodos digeridos, o cuando se requiera, para obtener buen resultado. Los lodos se descargan sobre lechos de arena para secarlos.

En igualdad de las demás condiciones, la misma profundidad y complejidad de un tanque Imhoff pueden regir a veces en contra de su elección. Es obvio que la mayoría de los emplazamientos para las estaciones depuradoras han de estar en tierras bajas, o sea, cerca de un río o lago, que sería el cuerpo receptor para los efluentes. Por eso deben tenerse presentes los problemas de diseño y de construcción que se plantean debidos a las presiones desequilibradas de las aguas freáticas, del encofrado y muchos otros factores.

Cuando se usa en los biodigestores el estiércol animal con sustrato, en los de diseño convencional, práctica muy difundida en la zona rural, el efluente líquido presenta el recurso de su uso como bioabono debido a aspectos como son la disminución de la relación C/N y la solubilización de algunos nutrientes.

La Tabla siguiente presenta, en forma tentativa, una guía para la primera puesta en marcha de un reactor anaeróbico, usando lodo de desagüe digerido como semilla (inóculo). Otros materiales pueden ser utilizados como lodo de estiércol bovino digerido o contenido de tanques sépticos.

Tabla
Guía para la primera puesta en marcha de un reactor
usando lodo de desagüe digerido como semilla (inoculo)

1. Cantidad de lodo sembrado: 10 - 15 kg SSV/m³
2. Carga inicial: 0.05 - 01 kg DQO/kg SSV. día
3. No aumentar la carga hasta que los ácidos volátiles estén degradados en menos de 80%
4. Permitir el lavado ("wash-out) de lodo abultado (de sedimentación pobre)
5. Retener la parte pesada del lodo

Las condiciones necesarias para el buen funcionamiento de un proceso de digestión anaeróbica son las siguientes:

- No ocurrencia de variaciones bruscas de temperatura; mantener el pH, a través de parámetros de proceso o de la adición de "nutrientes", entre 6.5 y 7.5;
- Someter el proceso a cargas orgánicas y tiempos de detención hidráulica y celular compatibles con el residuo a ser digerido y con el tipo de digester empleado;
- No existencia, en el residuo a ser digerido, de cantidades elevadas de compuestos tóxicos como son metales pesados, metales alcalinos y alcalinotérreos;
- No existencia, en el residuo de ser digerido, de cantidades elevadas de compuestos que pueden transformarse en tóxicos durante el proceso como N (NH_4^+ , NH_3), S (S_2^-), etc.
- No ocurrencia de sobrecargas orgánicas o tóxicas además del límite soportable por el proceso;
- existencia de cantidades de N y P en el residuo, compatibles con la cantidad de carbono.

Los principales parámetros utilizados en la evaluación de un proceso de digestión anaeróbica son los siguientes: volumen y composición de gases producidos, temperatura, pH, ácidos volátiles, alcalinidad, potencial de oxidación-reducción, DBO/DQO, sólidos totales y volátiles, C/N/P, amoníaco, sulfatos/sulfitos, metales pesados y metales alcalinos y alcalinotérreos.

En el caso de lodo de desagües primarios, el rango de alcalinidad se sitúa entre 2500 y 4000 mg/l como CaCO_3 , y los ácidos volátiles oscilan entre 50 y 150 mg/l como HAc. En cuanto al pH, la mayoría de los autores considera que 6.8 a 7.2 corresponde a una condición óptima, aunque la digestión solo sea posible entre los límites extremos de 6.5 a 7.5.

En general, estando los digestores funcionando bien, el E. (potencial de oxi-reducción) es del orden de -500 mV, que indica un elevado estado de anaerobiosis y capacidad reductora del medio. En cuanto a los nutrientes, las proporciones recomendadas son: C/N = 30 y N/P = 53. En cuanto a los aspectos de la influencia de los compuestos tóxicos en la digestión, puede encontrarse mayores informaciones en la referencia 5. Ecuaciones básicas para un reactor biológico, podemos expresar:

$$\frac{dX}{dt} = Y \frac{dS}{dt} - bX \quad (1)$$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{k X S}{K_s + S} \quad (2)$$

Determinación de los parámetros cinéticos en laboratorio

(a) La determinación de los parámetros Y, b, k y K_s se encuentra descrita por Lettinga¹ y Metcalf & Eddy⁴, en estudios de laboratorio.

La Tabla siguiente presenta algunos valores típicos obtenidos de un trabajo de Lawrence & McCarty.

Tabla Valor de los parámetros cinéticos

Sustrato	Y (mg/mg)	b (d ⁻¹)	k (mg/mg.d)	K _s (mg/l)	T (° C)
Acetato	0.04	0.015	3.6	2130	20
	0.054	0.011	4.7	870	25
	0.058	0.037	4.8	333	30
Propionato	0.04	0.015		3860	20
	0.041	0.04	9.8	613	25
Estearato. Palmitato	0.04	0.015	3.85	4620	20

Ejemplo

Buscar las dimensiones gobernantes convenientes para un tanque Imhoff, tales que se cumplan los requisitos siguientes:

Población servida: 5.000 personas.

Gasto $Q = 1.893,000$ l/día

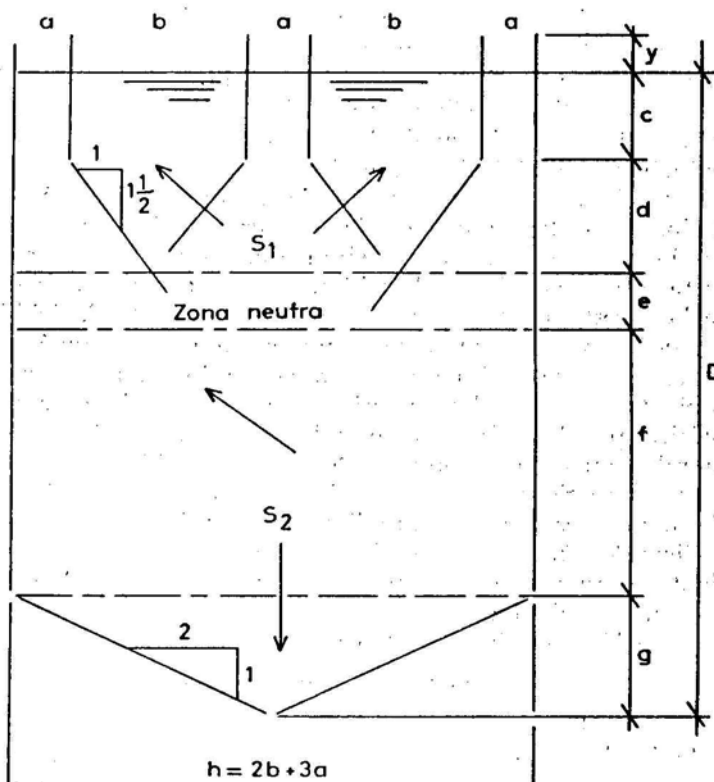
Período de retención: 2 horas

Aplicación superficial: $24,400$ l. Día/m²

Velocidad promedio en la cámara de sedimentación = $0,3$ m/min.

Capacidad de la cámara de digestión: 100 l/persona.

Area superficial de las ventosas de gas > 25% del área total.



La forma del tanque será semejante a la mostrada en la figura, con dos tolvas en su fondo.

L = largo del estanque

1. Dimensiones de la cámara de sedimentación.

$$2bL = 1.893 / 24,4 = 78,0 \text{ m}^2.$$

Tomemos $b = 2,5 \text{ m}$; $l = 15,6 \text{ m}$.

De lo que $V = 15,6 / 120 = 0,13 < 0,3 \text{ m/seg}$.

$$\text{Volumen } S_1 = (1.893 \times 2) / 24 = 157,8 \text{ m}^3$$

A = área transversal = $157,8 / 15,6 = 10,1 \text{ m}^2$ (requerida)

Tomemos $c = 1,25 \text{ m}$

$$A = 2[bc + 0,375 b^2] = 2[(2,5 \times 1,25) + 0,375(2,5)^2]$$

$$A = 11,00 \text{ m}^2$$

2. Dimensiones de la cámara de digestión:

$S_2 = \text{volumen de la cámara de digestión} = 5.000 \times 0,10$

$$S_2 = 500 \text{ m}^3$$

$$S_2 = (fhL) + 2 = fhL + h^2L/12$$

De lo que:

$$f = = = 3,82 \text{ m}$$

Profundidad total del tanque = $c + d + e$ (zona neutral) + $f + g$. en donde:

$$G = 0 .$$

$$D = 1,25 + 1,87 + 0,50 + 3,82 + 1,81 = 9.25 \text{ m}$$

Nota: $y = \text{borde libre} = 0,60 \text{ m}$ (mínimo).

$= = = 31 \%$

Obtenemos :

$a = 0,75 \text{ metros}$

$b = 2,50 \text{ metros}$

$c = 1,25 \text{ metros}$

$d = 1,87 \text{ metros}$

$e = 0,50 \text{ metros}$

$f = 3,82 \text{ metros}$

$g = 1.81 \text{ metros}$

Referencias Bibliográficas

- 1 IPT/FINEP/PNUD. Curso sobre digestao anaeróbia - Enfase no biodigestor de fluxo ascendente (Prof. G. Lettinga). Sao Paulo, Brasil, enero 1984.
- 2 AISSE, M.M. & OBLADEN, N.L. Tratamento de esgotos por biodigestão anaeróbia. Curitiba, Paraná, Brasil. CNPq,.ITAH, IPPUC, UCP, abril 1982, 99 P.
- 3 VIEIRA, S.M.M. & SOUZA, M.E. Métodos analíticos para o acompanhamento da digestão. En: Energia. São Paulo, Brasil. 3(15):26-36. 1981.
- 4 METCALF & EDDY, INC. Biological Unit Process. In: Wastewater Engineering: Treatment, disposal, reuse. New York, McGraw Hill. Cap. 9. P. 393-467. 1979.

- 5 SOUZA, M.E. Factores que influem a digestão anaeróbia. En: Revista DAE. São Paulo, SABESP. 44(137):88-93, 1984.
- 6 LETTINGA, G. y colaboradores. Anaerobic treatment of raw domestic sewage at ambient temperatures using a granular bed UASB reactor. En: Biotechnology and bioengineering. 25:1701-23, 1983.
- 7 LETTINGA, G. y colaboradores. High rate anaerobic wastewater treatment using the UASB reactor under a wide range of temperature conditions. Wageningen, The Netherlands, /S.d./. 27 p.
- 8 GOMES, C.S. & AISSE, M.M. Research at SANEPAR and State of Parana, Brazil, with anaerobic treatment of domestic sewage in_full scale and pilot plants. Trabajo presentado en el Seminario/Taller Tratamiento Anaeróbico de Desagües, universidad de Massachusetts, Amherst, MA, 27-28 junio 1985.
- 9 VAN DER MEER, M.M. & VLETTER, R. Anaerobic treatment of wastewater: the gas,-liquid-sludge separator.. En: JWPCF. 54(11):1482-1492. noviembre 1982.
- 10 ERICSSON, A.A. Estacáo de tratamiento de esgoto, Piraguara-Paraná y SANEPAR. Trabajo presentado en el I Seminario Nacional sobre Investigaci6n y Desarrollo en el Campo del Saneamiento Básico. Curitiba Paraná, Brasil, SANEPAR. Agosto 1981.
- 11 AISSE, M.M. & ZENY, A.S. Estudio técnico dos biodigestores anaer6bicos alternativos. Relatório final. Curitiba, Paraná, Brasil, ISAM/UCP. Diciembre 1984. 112 p.
- 12 HASKONING y coautores. Anaerobic treatment and Re-use of Domestic Wastewater, Pilot Plant Study, Progress Report No. 3. Cali, Colombia. Setiembre 1984. 65 p.
- 13 AZEVEDO NETTO, J.M. Aproveitamento do Gás de Esgotos. En: Revista DAE. São Paulo, 1961.
- 14 BELLY, P. & FORESTI, E. Remocáo de Coliformes em um Reator Anaeróbio Piloto. Trabajo presentado en el XIX Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, Santiago, Chile. Noviembre 1984.
- 15 HULSHOFF POL, L.W. et al. Start-up and sludge granulation in UASB reactors. En: Anaerobic wastewater treatment (AWWT). Proceedings of European Symposium, Noordwigkerhout, The Netherlands, 23-25 noviembre 1983. p. 40-3.

16 RODRIGUEZ, G.P. Determinación de la actividad metánica de un inóculo por medio de reactores batch. Trabajo presentado en el I Taller Nacional sobre Tecnología Anaeróbica para Aguas Residuales, Cali, Colombia, 17 de octubre de 1984. 16 p.

17 VALCKE, D. & VERSTRAETE, W. A practical method to estimate the acetoclastic methanogenic biomass in anaerobic sludge. En: JWPCF. 55(9):1191-5. 1983.

18 AISSE, M.M.. Protocolo de Investigación, Tratamiento de Desagües Domésticos en Reactores Anaeróbicos, de Manto de Lodo, de Flujo Ascendente. Lima, OPS/CEPIS, mayo 1985. 71 p.

19 AISSE, M.M., ROJAS, R.V. 5 BARTONE, C. Estudio Preliminar_Comparativo entre Lagunas de Estabilización y Reactores tipo UASB Simplificados para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.Lima, OPS/CEPIS (en preparación).

VI. LETRINAS

Las letrinas constituyen una opción como sistema descentralizado bastante accesible, práctico y seguro si se toman en cuenta los requerimientos básicos para su construcción, generalmente se construyen por vivienda, si se separan las diferentes calidades de aguas de un hogar y se usan solo para las excretas y la orina son bastante eficientes, ya que el verter aguas grasosas o jabonosas se alteran las reacciones bioquímicas que se llevan en su interior.

Biología del proceso

Este tipo de sistemas son de los más sencillos que se utilizan, aunque con el paso del tiempo han tenido cambios que han contribuido a mejorarlas como un sistema viable para su uso como sistema descentralizado.

Existen hoy en día diferentes tipos de letrinas, que son variaciones de las letrinas tradicionales. Este tipo de letrinas se compone de una losa colocada sobre un hueco o pozo cuya profundidad puede ser de 2 metros o más. La losa debe estar firmemente apoyada por todos los lados y elevada por encima del terreno circundante, de manera que las aguas superficiales no puedan penetrar en el pozo.

Ante la posibilidad de que las paredes se derrumben deberán revestirse. La losa está provista de un orificio o de un asiento para que las excretas caigan directamente en el pozo.

Los líquidos se infiltran en el suelo circundante y el material orgánico se descompone, produciendo gases que se escapan a la atmósfera o se dispersan en el suelo, produciendo líquidos que se infiltran en torno al área de influencia del pozo, y produciendo un residuo descompuesto (mineralizado) y compactado.

Dentro de los diferentes tipos de letrinas podemos encontrar las siguientes:

- Letrina tradicional simple
- Letrina mejorada de pozo ventilado
- Letrina de cierre hidráulico
- Letrina de pozo elevado
- Letrina seca sobre - elevada del suelo
- Letrina con asiento y piso en fibra de vidrio
- Letrina abonera (alcalina) seca familiar, LASF
- Letrina de pozo anegado (lleno de agua)

- Letrina tradicional simple

Este tipo de letrinas se compone de una losa colocada sobre un hueco o pozo cuya profundidad puede ser de 2 metros o más. La losa debe estar firmemente apoyada por todos los lados y elevada por encima del terreno circundante, de manera que las aguas superficiales no puedan penetrar en el pozo.

Ante la posibilidad de que las paredes se derrumben deberán revestirse. La losa está provista de un orificio o de un asiento para que las excretas caigan directamente en el pozo.

Los líquidos se infiltran en el suelo circundante y el material orgánico se descompone, produciendo gases que se escapan a la atmósfera o se dispersan en el suelo, produciendo líquidos que se infiltran en torno al área de influencia del pozo, y produciendo un residuo descompuesto (mineralizado) y compactado.

Características sobresalientes:

- Pueden ser construidas por el usuario, no necesitan agua para funcionar.
- El fondo del hueco deberá ubicarse por lo menos 1,5 m sobre cualquier nivel de agua subterránea.
- El hueco o pozo puede ser circular, cuadrado o rectangular. Los circulares son más estables. La profundidad por lo general se ajusta a tradiciones locales, pero la misma dependerá de las condiciones del terreno, el costo del revestimiento y el nivel de las aguas subterráneas.
- La losa de cubierta debe estar por lo menos 15 cm sobre el nivel regular del terreno, a fin de impedir que las aguas superficiales penetren en el pozo.
- Por deficiencias, se tienen molestias considerables debido a moscas y malos olores.
- En el mejor de los casos, proporcionan un nivel de saneamiento por lo menos tan satisfactorio como otros métodos más complicados.
- Requieren de poco mantenimiento, debe mantenerse el lugar limpio y el orificio tapado cuando no se esté utilizando.

Referencia, contacto y sitios reportados con esta experiencia con esta tecnología.

Ministerios de Salud.

Guía para el desarrollo del saneamiento in situ. Publicación de la OMS (1994) R. Franceys, y compañeros, Universidad de Loughborough. Inglaterra.

- Letrina mejorada de pozo ventilado

Las letrinas tradicionales presentan dos problemas fundamentales: tienen mal olor y atraen moscas, así como otros vectores de enfermedades que fácilmente se reproducen en los huecos o pozos.

Para resolver esos problemas, se puede construir la letrina mejorada de pozo ventilado, que se diferencia de la letrina tradicional simple por poseer un tubo vertical de ventilación, el cual posee una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la entrada de las moscas y a la vez ese tubo es la única entrada de luz que permite ser el punto apropiado para la atracción interna de las moscas.

El viento que pasa por encima del tubo crea una corriente de aire desde el pozo hacia la atmósfera, a través del tubo, y otra corriente descendente del exterior de la caseta hacia el pozo a través del asiento, provocándose la mayoría del tiempo una circulación conveniente de los gases.

Características sobresalientes:

- La circulación constante del aire elimina los olores resultantes de la descomposición de excretas en el pozo y hace que los gases escapen a la atmósfera por la parte superior del tubo y no por la caseta.

- La corriente de aire es mayor si la puerta de la caseta esta colocada del lado que sopla más frecuentemente el aire (pegándole el aire de frente).
- En la pared donde esta la puerta, se debe tener una abertura en la parte superior; para permitir siempre que la corriente de aire entre. Esta abertura debe tener un tamaño, tres veces más grande que la sección transversal del tubo de ventilación.
- La puerta de la caseta debe mantenerse cerrada, para mantener oscuro el interior. La luz que atrae insectos estará solo en el tubo de ventilación.
- Los tubos de ventilación pueden ser cuadrados o circulares. Estos últimos deben tener un diámetro no menor a 15 cm. si son de material liso como el PVC ó de 23 cm. si son de material rugoso.
- El tubo de ventilación debe sobresalir 50 cm., de la caseta y debe estar colocado de forma tal que durante la mayor parte del día el sol lo caliente directamente. Se puede pintar de negro para aumentar la absorción solar.

Referencia, contacto y sitios reportados con experiencia con esta tecnología.

Ministerios de Salud. Guía para el desarrollo del saneamiento in situ. Publicación de la OMS (1994) R. Franceys, y compañeros, Universidad de Loughborough. Inglaterra.

- Letrina de cierre hidráulico

A una letrina se le puede agregar un sifón o una trampa de agua con el propósito de establecer un cierre hidráulico que impida el paso de insectos y malos olores del pozo al interior de la caseta; la remoción o limpieza de las heces, del elemento donde se descarguen se hace con la aplicación de agua en cantidades suficientes como para provocar el arrastre de los sólidos hasta el hueco o pozo y reestablecer el cierre.

El cierre hidráulico utiliza muy poca cantidad de agua, funcionando con volúmenes entre 3 y 4 litros.

El pozo o hueco puede estar ubicado en otra posición, desplazado con respecto a la caseta de la letrina, en cuyo caso, ambas unidades estarán conectadas por una tubería de poca longitud. La caseta podrá construirse en el interior de la casa o pegada a ella según convenga.

Características sobresalientes:

- El cierre hidráulico puede ser parte del elemento que forma el asiento o estar unido a él, colocándose por debajo.
- No es preciso echar agua limpia para accionar este sistema, es posible usar el agua ya utilizada al lavar la ropa, bañarse o en otro propósito similar.
- No se deben echar en la taza objetos sólidos como papel grueso o mazorcas de maíz ya que es probable que el sistema se obstruya. Estos materiales sólidos recogidos en recipientes aparte, se deben tratar independientemente.
- Si el hueco o pozo está desplazado respecto a la caseta, la tubería que hace las descargas desde la taza deberá tener una pendiente no menor al 3%.

- Al llenarse el hueco o pozo, deberá excavarse otro, y dejar los excrementos reposando y continuando su proceso de descomposición durante por lo menos 6 meses.
- En la situación de contar con la modalidad de letrina desplazada, no será necesario mover la caseta, sino que excavar otro hueco en las inmediaciones y mover las tuberías de descarga hacia donde corresponda.

Referencia, contacto y sitios reportados con experiencia en esta tecnología.

Fabricantes de loza sanitaria, como INCESA STD. Teléfono (506) 232-5266; Fax (506) 220-0044.

Ministerios de Salud. Guía para el desarrollo del saneamiento in situ. Publicación de la OMS (1994) R. Franceys, y compañeros, Universidad de Loughborough. Inglaterra.

- Letrina de pozo elevado

Cuando las condiciones del terreno son difíciles, teniendo los niveles subterráneos de agua (freáticos) muy cerca de la superficie, una forma de resolver el problema es construyendo letrinas de hueco o pozo elevado.

El hueco o pozo se excava al final de la época seca, a una profundidad razonable que no interfiera significativamente con los flujos de agua y haciendo que el revestimiento de ese hueco se prolongue sobre la superficie o nivel existente del terreno hasta que se alcance el volumen deseado.

Cuando la zona de infiltración que se pueda obtener bajo el suelo sea insuficiente, la parte elevada del pozo podrá ir rodeada de un terraplén de tierra.

Esta modalidad que se llama letrina de pozo elevado puede ser utilizada como letrina tradicional simple, como letrina mejorada de pozo ventilado, como letrina con cierre hidráulico o de cualquier otro tipo posible.

Características sobresalientes:

- El revestimiento del hueco, prolongado sobre el nivel del suelo, debe impermeabilizarse, tanto por dentro como por fuera.
- Si se construye un terraplén, el mismo podrá usarse para la infiltración, siempre que se haga de material permeable y bien compactado, con una inclinación lateral estable y sea lo bastante grueso para evitar que los líquidos filtrados resuman en la base del terraplén, en lugar de infiltrarse en el suelo.
- En las construcciones con terraplén, la parte superior (50 cm) del revestimiento levantado también deberá estar impermeabilizada, por ambos lados; la filtración se hará por aberturas dejadas en la parte inferior.

Referencia, contacto y sitios reportados con experiencia con esta tecnología:

Ministerios de Salud.

Guía para el desarrollo del saneamiento In situ. Publicación de la OMS (1994) R. Franceys, y compañeros, Universidad de Loughborough. Inglaterra

- Letrina seca sobre - elevada del suelo

Este es uno de los tipos de las letrinas caracterizadas para ser utilizadas en la región de la Mosquitia, zona oriental de Honduras y que se presentan como un buen ejemplo de aplicación específica.

Esta letrina fue clasificada tomando bajo consideración la existencia de diferentes tipos de suelo y de un nivel freático alto. También fue considerada en su aplicación la disponibilidad remota de materiales de construcción, dadas las condiciones lejanas a centros urbanos como la parte sur del territorio mexicano.

Por condiciones de inundación, la caseta se levanta del suelo. Esa base se construye con bloques de concreto, y arranca desde las profundidades del hueco, funcionando a la vez a manera de ademe o estructura que refuerza esas paredes.

Características sobresalientes:

- Se levantan entre 30 y 80 cm del suelo.
- Se clasifica como del tipo seco.
- Cuenta con línea de ventilación, construida con caña de bambú (conocido como Tarro) de aproximadamente 10 cm de diámetro.
- La base construida en bloques, tiene alrededor de 1,0 m hacia abajo y por lo menos 0,3 m sobre el suelo.
- El piso es una losa o plataforma de concreto es de 5cm de espesor, de 0,9 x 1,45 m, reforzada con varilla del # 2 (1/4"). Tiene aberturas para la ventilación y la colocación del asiento.
- El asiento o sentadero es de concreto, fabricada con molde.

- Las paredes de la caseta son de madera local: yagua o pino para este caso de Honduras. Se recomienda la aplicación de preservantes y así aumentar su durabilidad.
- El techo es de palma (tike o suitea). Este techo se encuentra a una altura de 1,80 m, desde la losa de concreto, en la parte de atrás, que es la más baja
- Se ha puesto este ejemplo debido a la similitud que se presenta entre honduras y algunos estados del sur de México en donde perfectamente se podría adaptar esta tecnología.

Referencia, contacto y sitios reportados con experiencia en esta tecnología.

Juan E. Zelaya B., ingeniero civil, OPS. Honduras.

División de Saneamiento Ambiental, Ministerio de Salud. Tercer nivel, edificio Graficentro, calle La Fuente, 130 La Fuente, Tegucigalpa MDC, Honduras. Teléfono (504) 22-1927. Fax (504) 38-6030.

- Letrina con asiento y piso en fibra de vidrio

Así se ha llamado a la solución industrial desarrollada con el propósito de cumplir con las funciones que tradicionalmente se han tipificado para las letrinas. Es una versión que integra en una sola pieza el piso o losa de la letrina junto con el asiento o sentadero de la misma. Tiene tapa producida con el mismo material. Por estar fabricada en plástico reforzado con fibra de vidrio, su estética es atractiva, puede tener diferentes colores y fácilmente puede mantenerse limpia. Este producto es adaptable a los diferentes tipos de letrinas, pudiéndose utilizar como letrina tradicional simple, letrina mejorada de pozo ventilado o como letrina con cierre hidráulico. Dadas sus dimensiones (0,80x1,10 m) también puede adaptarse a casetas dentro o fuera de la vivienda.

Características sobresalientes:

- Por el tipo de material con el que se fabrica, esta letrina es muy liviana, se hace con forma e inclinación cónica, apropiada para que varias piezas puedan ser apiladas una sobre otra, facilitándose el transporte simultáneo de diferentes cantidades.
- La unión entre el piso y el asiento, realizada en fábrica, le dan ventajas sanitarias que impiden el paso de insectos entre la caseta y el hueco.
- En el piso o losa se tiene prevista una abertura para colocar la tubería de ventilación.
- Esta letrina debe apoyarse muy bien para que no se sienta la flexibilidad propia de los materiales con los que está hecha y evitar el temor de los usuarios.
- Un procedimiento a utilizar para rigidizar ese piso, es por medio de la aplicación, por debajo, de una capa en concreto reforzado o la construcción de una estructura en madera.
- Para la colocación del sifón o trampa de agua también en fibra de vidrio, se tienen dos posibilidades: una colocando el sifón por encima, a manera de sombrero apoyándose en la parte superior del asiento y la otra, fijándose el sifón con tornillos a los bordes internos y por debajo del asiento.

Referencia, contacto y sitios reportados con experiencia en esta tecnología.

Empresa Fibromuebles de Costa Rica S.A, desarrolladores originales y dueños de la patente. Escazú, San José. Costa Rica. Teléfono (508) 228-2300. Fax (508) 228-2100.

Ministerio de Salud de Costa Rica (Teléfono (508) 232-5518. Fax (508) 290-0296), y de otros países de la región centroamericana. OPS

- Letrina abonera (alcalina) seca familiar, LASF

La LASF consiste en una taza o asiento especial (con separación para heces y orina) y poseedora de dos cámaras recipientes que se usan en forma alterna; una se está llenando mientras la otra descompone el material previamente depositado. Para conveniencia del varón se puede instalar un orinal aparte, así no tendrá que sentarse para llevar a cabo esta función.

Esta es una letrina lenta que le da tiempo suficiente a las heces para que sufran su descomposición. El proceso seguido es seco, utiliza cal o ceniza, y por esa razón básica desde el inicio se separan los orines. Los lodos o material seco que de ellas se extrae puede ser aplicado como abono o acondicionador de suelos.

Características sobresalientes:

- Las heces caen en la cámara y la orina llega por un tubo hasta afuera de las cámaras. Este tubo o manguera saliendo del asiento se une con la que viene del orinal para recolectar toda la orina en un recipiente adecuado, antes de su posible aplicación posterior.
- Una de las funciones de la ceniza es secar las heces para lograr una mejor descomposición y muerte de los microbios.
- La LASF produce menor cantidad de gases olientes y algo de humedad. Unas pequeñas aberturas en la sisa de los bloques son suficientes para que esos gases escapen.
- Semanalmente, se tiene que apelmazar la mezcla de heces y ceniza, para entre otros, lograr un mejor uso del volumen de la cámara.
- Cuando una cámara está casi llena, se cubre la mezcla con tierra, se coloca la tapadera, se traslada la taza al otro compartimiento y se deja descansando por 6 meses, la cámara y todo su contenido.

- Cada persona produce aproximadamente la cantidad de 1,5 costales (sacos) por año de abono, de lo cual una parte consiste en cenizas.

Referencia, contacto y sitios reportados con experiencia en esta tecnología.

Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada (CEMAT). Apartado Postal 1160. Guatemala 01901. Tel/fax (502) 339-4804

Comité central Menonita, Santa Maria Cauqué, Socatepequez. Apartado Postal 1779, Ciudad Guatemala.

Ministerios de Salud de Colombia, Honduras, Panamá.

- Letrina de pozo anegado (lleno de agua)

Las letrinas de pozo anegado se instalan encima o al lado de un depósito o tanque que se debe mantener lleno de agua y son muy útiles cuando el abastecimiento de agua es limitado. Las letrinas bajo este sistema pueden o no funcionar con los elementos que hacen el sello hidráulico.

Si la letrina está encima del tanque o foso, debajo del asiento existirá un tubo de descarga vertical por el que caerán las excretas, conservándose el sello bajo el nivel del agua. Si la letrina está desplazada la tubería que lleva las descargas también estará en condiciones semejantes. La tubería de descarga debe estar sumergida para crear un cierre hidráulico que impide la llegada de los gases hasta la caseta y limita el acceso de moscas e insectos al tanque.

El efluente del tanque se debe encaminar a un pozo de infiltración, una zanja de desagüe o una cloaca.

- Características sobresalientes.
- El tubo de descarga debe penetrar 75 mm (3") en el agua del depósito o tanque que está lleno, para crear permanentemente el cierre hidráulico.
- Debe vigilarse diariamente que el nivel del agua en el tanque no baje, esto puede hacerse agregando una cubeta de agua de cuando en cuando para que se reestablezca el volumen perdido, dado el efecto provocado por evaporación.
- El efluente, por lo general, es poco abundante y, por lo tanto, muy concentrado.
- La capacidad que han de tener estas letrinas se calcula por el mismo procedimiento seguido para el dimensionamiento de tanques sépticos.
- Es indispensable eliminar periódicamente los lodos y las natas, por lo que los depósitos deben tener instalada una lapa movable y un acceso apropiado.
- Debe preverse un tubo de ventilación, en la tubería de descarga o en el mismo depósito, en caso extremo.

Referencia, contacto y sitios reportados con experiencia en esta tecnología.

Existe experiencia con el proyecto SANEBAR del Ministerio de Salud de Costa Rica aplicando, con adaptaciones, los conceptos básicos de esta técnica. Teléfono (506) 232-5518, Fax (506) 290-0296.

Guía para el desarrollo del saneamiento in situ. Publicación de la OMS (1994) II. Franceys, y compañeros, Universidad de Loughborough. Inglaterra.

Elementos del sistema

Para entender todos y cada uno de los elementos del sistema se hace una recopilación de cual es la función que deben cumplir las diferentes variedades de letrinas existentes

Disposición de excretas



Figura

La disposición inadecuada de las excretas es una de las principales causas de enfermedades infecciosas intestinales y parasitarias, particularmente en la población infantil y en aquellas comunidades de bajos ingresos ubicadas en áreas marginales urbanas y rurales, donde comúnmente no se cuenta con un adecuado abastecimiento de agua, ni con instalaciones para el saneamiento. La disposición adecuada de las excretas tiene como finalidad:

- Proteger las fuentes de agua superficiales o subterráneas.
- Proteger la calidad del aire que respiramos y del suelo.
- Proteger la salud de las personas.

Infecciones causadas por la mala disposición de las excretas. Los organismos patógenos que causan enfermedades intestinales viven en los excrementos o materias fecales de los seres humanos y de los animales, y utilizan diferentes formas de contagio, como por ejemplo:

- Contacto directo de las manos sucias con la boca o con los alimentos.
- Uso de agua contaminada con materia fecal.
- Transmisión a través de cultivos fertilizados con materias fecales o aguas negras sin tratar.

Las enfermedades transmitidas por la inadecuada disposición de las excretas incluyen las transmitidas por vía fecal-oral (la disentería amebiana, el cólera, la diarrea, las diarreas virales, el virus A de la hepatitis y la fiebre tifoidea); y las infecciones helmínticas del tracto intestinal como la ascariasis (lombriz intestinal) y la tricuriasis (lombriz latiguiforme), entre otras.

El problema de la mala disposición de las excretas se puede solucionar mediante la implementación de tecnologías simples y la participación de la comunidad, en aquellos sectores que no cuentan con las instalaciones adecuadas.

Se propone la construcción de letrinas secas de doble pozo o fosa con un tubo de ventilación que controla los malos olores. El tubo posee una malla en la parte superior que evita el ingreso de moscas en la caseta. Los pozos se utilizan en forma alternada, de esta manera se puede remover el contenido del pozo a intervalos regulares de un año.

La batería de letrinas es una unidad de uso permanente y puede emplearse en zonas urbanas que tengan el espacio suficiente para la construcción de los pozos alternantes.

El pozo o fosa

Las excretas se descargan directamente al pozo el que cumple dos funciones principales:

- 1) Biodegradación de los sólidos fecales, produciendo gases y compuestos solubles. Los gases salen por el tubo de ventilación y los sólidos son estabilizados.
- 2) Los líquidos, como la orina y el agua de limpieza de la losa, se infiltran en el suelo circundante cuando la naturaleza de los suelos lo permite. En zonas donde exista riesgo de contaminación de pozos de abastecimiento de agua, los pozos o fosas de las letrinas se construyen con paredes recubiertas e impermeables que evitan el paso de los líquidos.

Diseño del pozo o fosa

El volumen del pozo depende de tres condiciones principales:

- 1) velocidad de acumulación de sólidos (m³/persona/año)
- 2) cantidad de personas que lo utilizan, y
- 3) tiempo de llenado (en años).

Diseño de elementos

El diseño no solo depende del volumen; además se debe tener en cuenta la naturaleza y características del suelo y la disponibilidad de espacios físicos para poder dimensionar el área superficial de cada una de las unidades. Definida el área en el terreno, la profundidad del pozo o fosa resulta de dividir el volumen por el área asumida en el diseño. A esta profundidad se le deberá agregar una altura útil 0.50m. Pasado el tiempo de uso del pozo o fosa, esta altura útil permitirá rellenarla con cal, tierra o arena para asegurar un sello sanitario.

Para el diseño de letrinas en centros educativos se puede adoptar una velocidad de acumulación de lodos de:

0.03 m³/persona/año

La cantidad de personas por cubículo puede variar entre 25-50, dependiendo de varios factores como costumbres, periodos de descanso dentro del horario de clases, vacaciones y alternabilidad.

El tiempo de llenado afecta directamente el volumen del pozo y, en consecuencia, los costos de construcción. Pero al estar prevista la construcción de pozos alternantes, se tomará en cuenta el tiempo necesario para cumplir el proceso de digestión biológica que es de 8 a 12 meses. Por esta razón se debe considerar un periodo mínimo de almacenamiento en cada pozo de un año para asegurar la mortalidad total de patógenos.

1) Revestimiento del pozo

Para determinar el tipo de pozo a utilizarse se deberá tener presente los siguientes factores:

Consistencia del suelo.- Si el suelo es poco consistente será necesario revestir el pozo con ladrillo, o bloques de concreto, cemento, concreto armado anillos de cemento, concreto armado, tierra estabilizada (p. ej. adobe), ferrocemento, piedra, madera resistente a la humedad, etc.

Si el suelo tiene buena consistencia, será necesario recubrir solamente la parte superior; a este proceso se le denomina también brocal.

Al utilizar bloques, ladrillos o piedras para recubrir los pozos, no se debe colocar mortero entre las juntas verticales hasta unos 50cm de la parte superior del pozo, para permitir que la fracción líquida de la excreta se infiltre. Si el suelo circundante es arena fina, se debe colocar un relleno de grava fina, entre el suelo y las paredes del pozo para impedir que la arena pase al pozo.

Suelos con manto rocoso superficial y nivel freático alto.- Generalmente son suelos que presentan peligro de contaminación de pozos poco profundos de abastecimiento de agua. En este caso se deberá construir un pozo o fosa sobre el nivel del suelo. Se recomienda mantener una distancia de 1.5m, como mínimo, entre la base del pozo de disposición y las aguas subterráneas y a unos 15m de distancia del pozo para abastecimiento de agua.

De no ser posible asegurar estas distancias, se debe construir el pozo elevado y totalmente impermeabilizado. El tipo de letrina debe considerarse según el tipo de suelo

División entre pozos

La división de los pozos alternantes se realiza mediante la construcción de paredes resistentes que sirven, además, de apoyo a las losas. Las paredes divisorias deben tener una buena cimentación que considere las características del suelo.

4) Cimentación o brocal

Las principales funciones del cimientado son sostener la losa y elevarla sobre el nivel del suelo para evitar la infiltración del agua al pozo. Es, además, un sello efectivo entre el revestimiento del pozo y la losa, evitando de esta forma el escape de malos olores o el ingreso de insectos.

El cimientado puede construirse con ladrillo, piedra u hormigón armado. La losa se fija al cimientado con mortero de cemento.

5) Losa

Tiene un doble propósito: sirve para aislar el pozo y soportar la caseta, el tubo de ventilación y al usuario. El mejor material para hacer las losas es el hormigón armado.

Las dimensiones recomendadas son de 1m² a 1.5m². Considerando el peso de una losa (aproximadamente 100kg/m²) se recomienda su construcción en lugares cercanos o en la propia escuela, además de construirlos en secciones (mínimo 2).

La losa debe poseer dos agujeros, uno por donde ingresan las excretas y el otro en donde se instala el tubo de ventilación. El primero debe tener dimensiones que eviten la caída de un niño adentro. La abertura puede ser construida en forma de pera, si la postura para defecar es en cuclillas. En caso contrario, si se elige la posición sentado, se utilizara un pedestal; el agujero se deberá adaptar a este.

6) Estructura superior o caseta

Tiene como función principal brindar al usuario privacidad y comodidad y evitar el ingreso de moscas que buscan colocar sus huevos en el pozo. La estructura del techo debe permitir la circulación de aire y tubo de ventilación debe sobresalir, por lo menos, 20cm del ras del techo.

Para su construcción es recomendable utilizar materiales, métodos y estilos de uso corriente en la zona. Por ejemplo, las paredes pueden ser construidas en ladrillo, bloques de concreto o adobe, esteras, triplay, etc; el techo de asbesto-cemento, zinc, teja, paja, y las puertas de madera o caña. La puerta debe tener un sistema de contrapeso para garantizar su cierre automático, con el fin de evitar el ingreso de moscas.

7) Tubo de ventilación

El tubo de ventilación tiene las siguientes funciones:

- Crea una fuerte corriente ascendente de aire, sacando los malos olores del pozo hacia el exterior de la letrina.
- Atrae a las moscas hacia el tubo, por donde emanan los malos olores fecales, y evita su ingreso a la parte interna de la caseta.
- La malla colocada en la parte superior del tubo de ventilación impide el ingreso de moscas al pozo.
- Las pocas moscas que logran entrar al pozo son atraídas por la luz del tubo de ventilación, muriendo en su interior al ser detenidas por la tela del mosquitero.

Materiales Utilizados:

- Cloruro de polivinilo (PVC);
- Bambú perforado en los nudos;
- Tubos de ferro-cemento;
- Tubos de asbesto cemento (AC).

Secciones recomendadas: PVC y AC 100 - 150 mm de diámetro

En lugares con buen viento se pueden emplear los diámetros mínimos recomendados. Para conseguir un funcionamiento mas eficiente del tubo de ventilación se recomienda construir la letrina en espacios abiertos. El tubo debe sobresalir del techo 20cm por lo menos; se puede pintar de negro para que gane temperatura y aumente la circulación de los gases. El tubo debe fijarse bien a la caseta y a la losa.

2. El mosquitero

Su principal función es detener el ingreso de insectos hacia la letrina o la salida de estos desde el interior de la misma.

Los materiales mas utilizados son las mallas plásticas, metálicas, fibra de vidrio. Los agujeros de la malla deben tener más de 1.5mm de lado. Agujeros muy pequeños pueden ocasionar problemas de taponamiento, impidiendo la ventilación. La forma mas efectiva de asegurarlo es cubrir el extremo del tubo con la malla y amarrarlo con alambre o colocarle un anillo metálico o de PVC que permita sujetarlo.

A continuación se presentan ejemplos de cada una de las letrinas que hay en los cuales solo se incluyen recomendaciones generales

Letrina mejorada de pozo ventilado

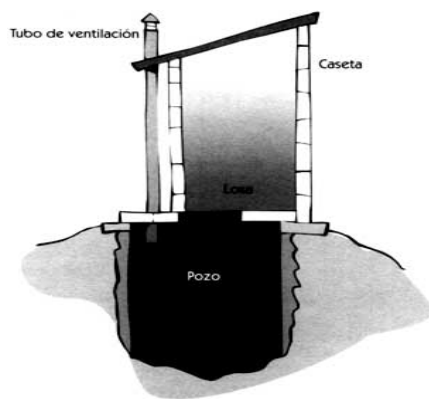


Figura

Las letrinas tradicionales de pozo seco presentan dos problemas fundamentales: tienen muy mal olor y atraen las moscas y otros vectores de enfermedades que se reproducen en los pozos.

Para atacar estas desventajas, se ha desarrollado la letrina mejorada de pozo ventilado, que se diferencia de la letrina tradicional por poseer un largo tubo de ventilación que tiene en su extremo una malla que evita que las moscas ingresen. Con el tubo también se controlan los malos olores.

El mecanismo principal que permite la ventilación en las letrinas mejoradas de pozo ventilado es la acción del viento que sopla sobre la parte superior del tubo de ventilación, provocando una circulación de aire desde la parte exterior de la letrina, a través de la superestructura y el agujero de la losa, y hacia arriba y afuera del tubo de respiración. Así, cualquier olor que emane de la materia fecal en el pozo es extraído a través del tubo de ventilación, manteniendo la letrina sin mal olor.



Letrina mejorada de pozo ventilado

Es un sistema adecuado para la disposición de las excretas en zonas rurales y urbanas marginales donde generalmente el abastecimiento de agua se hace en forma manual.

Objetivos

- Evitar la contaminación de las fuentes de agua y del suelo.
- Evitar el contacto de la materia fecal con insectos y roedores, que a la vez son transmisores de enfermedades.
- Impedir a las personas el contacto con la materia fecal.
- No ocasionar molestias por causa de la descomposición de la materia fecal.

Lista de materiales necesarios para construir una letrina mejorada de pozo ventilado

Materiales	Unidad	Cantidad
Bloque de arena de río	Pieza	260
Cemento gris	bulto	7
Arena de río gruesa	m ³	1
Arena de río fina	m ³	1
Tubo sanitario PVC 3"	m	3
Codo sanitario PVC 3"	Pieza	1
Listones de madera 4 x 4 cm L= 3m	Pieza	4
Tejas de zinc 1 = 3 m	Pieza	2
Tabla chapa 1 = 3 m	Pieza	3
Alambre negro	kg	0.2
Puntillas 3"	lb	0.3
Varilla 3/8" 1 = 6m	Pieza	4

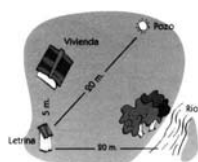
Incluye la caseta en bloque de 10 x 20 x 40 cm

Este tipo de letrina se debe utilizar únicamente para la disposición de las excretas y la orina.

Diseño y construcción

1. Localización

Para ubicar la letrina se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:



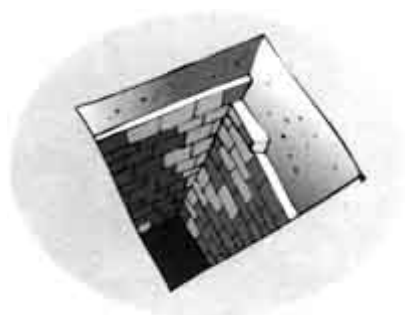
Localización

Excavación del pozo para la letrina

- Las letrinas no se deben construir en sitios de fácil inundación.
- Su instalación en suelos rocosos no es conveniente por las dificultades que ofrecen.
- Cuando el terreno es montañoso la letrina se debe ubicar en una parte más baja que la fuente de suministro de agua para evitar su contaminación.
- La distancia deseable con respecto a la vivienda es de cinco metros y con respecto a una fuente de agua, 50 metros.

2. Pozo

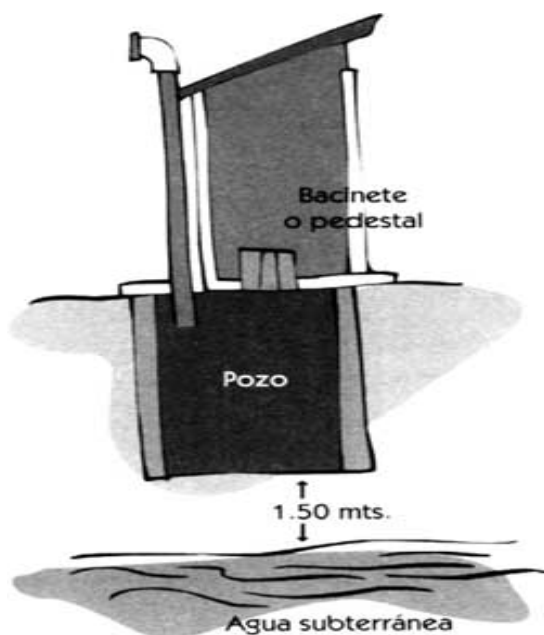
Consiste en una excavación del terreno, de forma circular, rectangular o cuadrada; con un diámetro de 1.50 a 1.80 metros para pozos circulares y un ancho de 1.20m a 1.60m para pozos rectangulares y cuadrados.



Revestimiento del pozo con tabique

Generalmente la profundidad varía entre 2 y 2.50 metros. Cuando en el terreno se presentan aguas subterráneas se recomienda que la base del pozo se encuentre separada del nivel de agua por lo menos en 1.50 metros.

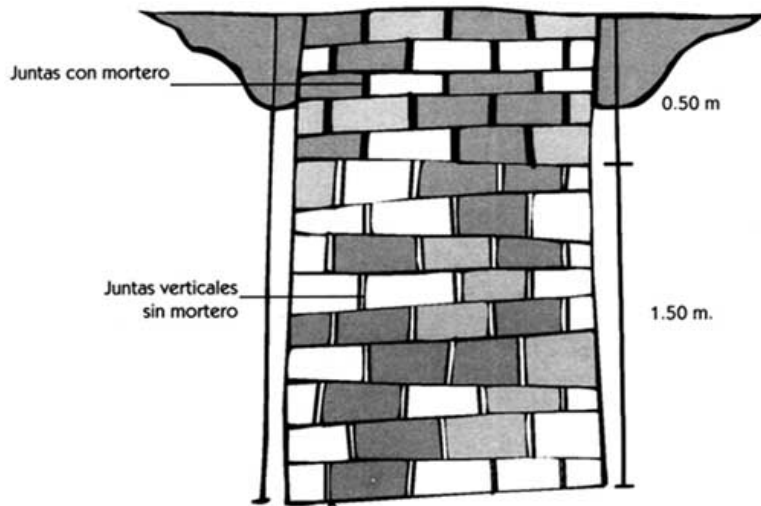
Como medida de precaución se recomienda revestir el pozo con materiales durables como tabiques, piedras sin labrar, madera o malla revestidas con cemento, para prevenir posibles derrumbes en el interior y evitar que la caseta caiga sobre el pozo.



Ubicación del pozo

Cuando se emplean los bloques, los ladrillos, la mampostería o las piedras, a las juntas para revestimiento se les debe colocar mortero hasta medio metro de la parte interior del pozo, contado a partir de la superficie del terreno. Debajo de este punto, a las juntas verticales no se les debe poner mortero a fin de permitir que la parte líquida de la excreta y la orina se infiltren en el suelo.

En suelos arenosos y muy finos este material puede ingresar al interior del pozo a través de las juntas verticales abiertas. Para evitarlo, se debe colocar un relleno de diez centímetros de gravilla fina entre la arena y el revestimiento, como se muestra en la siguiente figura.

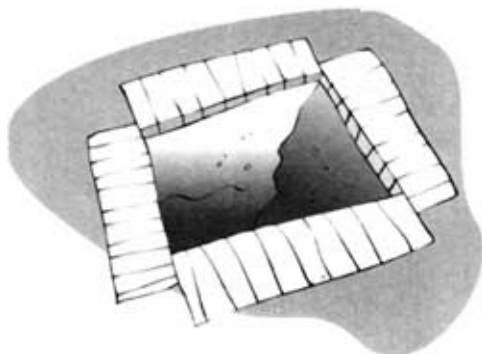


Figura

Se recomienda excavar los pozos en forma circular con el fin de lograr una mayor estabilidad de la estructura, particularmente en aquellos terrenos que presentan arcillas expansivas.

3. Brocal

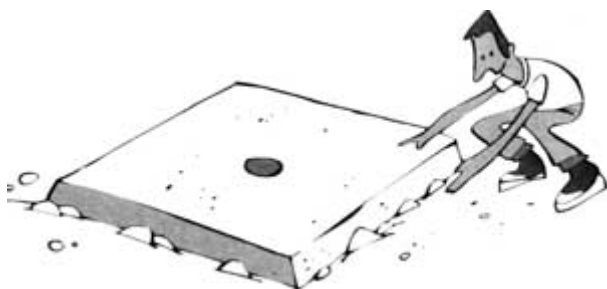
Perimetralmente al pozo se construye un brocal, que consiste en colocar una hilada de ladrillos o bloques que sirve de apoyo a la losa e impide el ingreso de aguas lluvias.



Figura

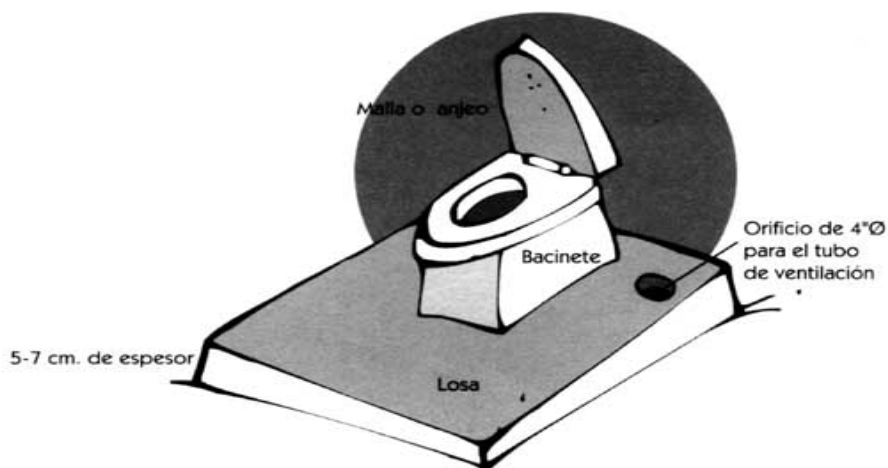
4. Losa o placa

Es una estructura de concreto reforzado, madera o cualquier otro material apropiado que sirve de cubierta del pozo y sostiene la caseta.



Losa o placa de la letrina

Para la disposición de las excretas la losa debe tener un orificio de aproximadamente 25 centímetros de diámetro y de 15 x 30 cm cuando es rectangular. Adicionalmente, se deja otro orificio de 4" de diámetro para instalar el tubo de ventilación.



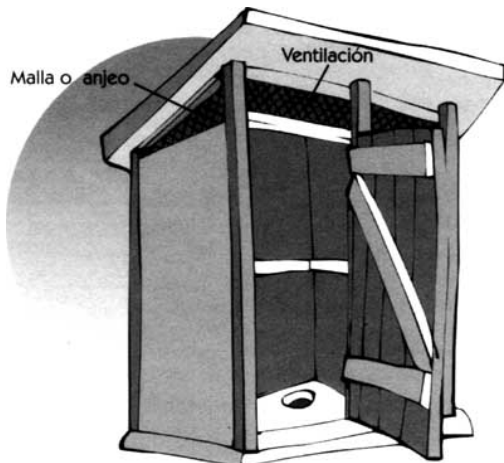
Losa de la letrina con bacinete

El espesor de la losa o placa puede ser de 5 a 7 cm.

La losa o placa se instala sobre el brocal y tiene como función impedir que escapen olores del pozo, evitar el ingreso de aguas superficiales y dar protección sanitaria al usuario. La placa debe ser superior al tamaño de la boca del pozo o de dimensiones iguales al brocal. En caso de utilizar materiales ligeros para la elaboración de la caseta, la losa puede ser prefabricada utilizando dos plaquetas. De esta forma se facilita su instalación y se aligera el peso.

5. Caseta

Se puede construir en bloque, madera o con los materiales disponibles en la región. Su finalidad es darle privacidad al usuario, protegerlo contra las inclemencias del clima y evitar el ingreso de aguas lluvias al pozo.



Figura

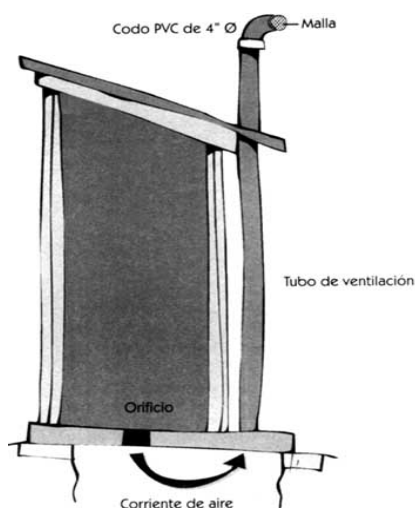
El interior de la caseta debe permanecer oscuro para lograr un control efectivo de las moscas.

En la parte superior debe haber espacio para la ventilación colocando una malla.

6. Tubo de ventilación

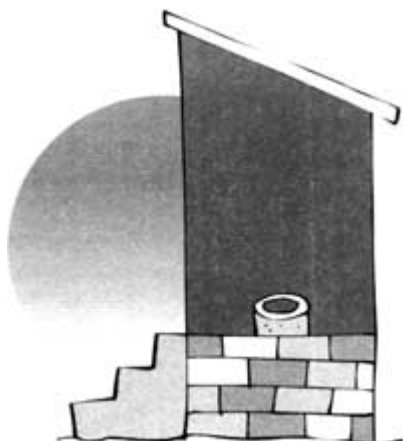
Es muy importante porque permite controlar los malos olores y evita la entrada y salida de moscas. Se instala por fuera de la caseta y se recomienda pintarlo de negro. El tubo de ventilación debe ser lo suficientemente largo para que el techo no interfiera con la acción del viento sobre la parte superior de dicho tubo.

En el caso de techos planos, la parte superior del tubo debe ser por lo menos 50 centímetros más alta que el techo. En techos inclinados, el tubo de respiración también debe estar a 50 centímetros por encima del punto más alto del techo. Su diámetro puede ser entre cuatro y cinco pulgadas. Los materiales más usados para el tubo de ventilación son: PVC y Asbesto cemento.



Instalación del tubo de ventilación

Cuando el nivel de aguas subterráneas se encuentra a poca profundidad, o el terreno donde se va a realizar la excavación es rocoso, se recomienda construir una letrina elevada, con los mismos parámetros de la letrina mejorada de pozo ventilado (LMPV).



LMPV elevada

Operación y mantenimiento

Una vez instalada la letrina se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

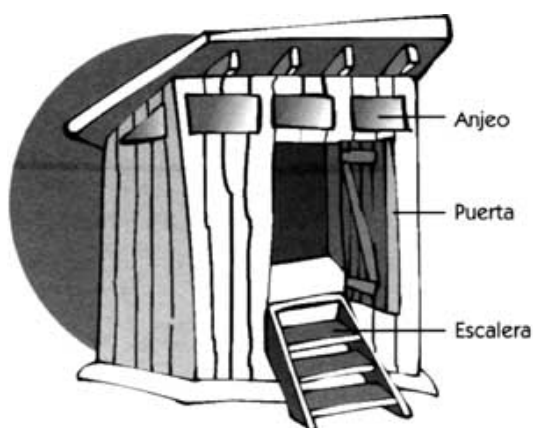
1. Mantenga tapado el hoyo de asentamiento o bacinete con una malla para permitir la circulación del aire hacia el tubo de ventilación.
2. La letrina debe utilizarse únicamente para la disposición de las excretas y orina. Se recomienda echar el papel higiénico a una cesta.
3. No arroje desperdicios, trapos, basuras, etc., en el interior del pozo.
4. Si observa moscas en la letrina, agregue al pozo un vaso de aceite quemado o parafina líquida.
5. Mantenga limpio el piso, las paredes y los alrededores de la caseta.
6. La puerta debe permanecer cerrada.
7. No arroje al pozo ningún desinfectante.
8. Drene las aguas superficiales alrededor de la caseta.
9. No descargue en el interior del pozo las aguas provenientes de la cocina, el lavadero, el lavamanos o las aguas lluvias.
10. Cuando el pozo esté casi lleno, excave uno nuevo y rellene el viejo con tierra.

El pozo viejo debe permanecer tapado por lo menos durante dos años para después poderlo utilizar si se presenta la necesidad. El pozo necesariamente debe taparse con tierra apisonada cuando la materia acumulada se encuentra a 40-50 centímetros de la superficie. Algunos de los materiales de la antigua letrina se pueden volver a utilizar en la nueva.



Letrina abonera seca familiar

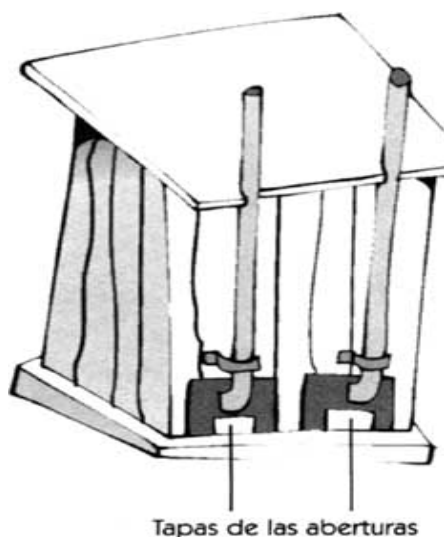
Es una alternativa de saneamiento que consta de una doble cámara impermeable y un sentadero especial que separa las heces de la orina. A las heces depositadas en la cámara se les agrega ceniza, cal o tierra seca, para favorecer el proceso de degradación biológica en seco. Cuando una letrina abonera seca familiar (LASF) ha sido adecuadamente usada se puede obtener un abono orgánico relativamente inocuo.



Figura

Ventajas

- Degradación de las excretas humanas en forma familiar para permitir la producción de abonos sanitariamente seguros.
- Construcción relativamente económica, adaptable a las condiciones de la vivienda rural; se construyen con materiales locales y es fácil de aprender a construir y mantener por una familia campesina.
- Eliminación de los microorganismos patógenos al hombre, evitando las enfermedades que se transmiten por las heces.



Figura

- Para su uso no se necesita agua, que es un elemento muy escaso.
- Pasa a formar parte de la economía familiar, en vista de que la inversión es recuperable y posteriormente produce beneficios comprobables.
- Ocupa poco espacio, no produce olores desagradables ni permite la proliferación de moscas, lo que hace posible tenerla cerca de la vivienda e inclusive dentro de ella.

Desventajas

- Dada su aparente sencillez, es común pretender copiar la letrina, pero sin un seguimiento adecuado puede fácilmente convertirse en un problema que se acompaña de olores desagradables, proliferación de moscas y condiciones de insalubridad.
- El uso de la ceniza puede ser una limitante sobre todo cuando ésta es escasa o no se usa leña para cocinar.

Características de la LASF. La LASF consiste en dos cámaras separadas por un tabique central, con un agujero superior en cada una de ellas por donde se introducen las heces y la ceniza, y una compuerta de descarga lateral por donde se extraen los abonos una vez digeridos. Estas cámaras se construyen sobre el suelo y pueden ser hechas de materiales como bloque de cemento, ladrillo de barro cocido o piedra. Inicialmente se experimentó con letrinas de adobe, que eran baratas pero de poca durabilidad, lo que indicó la necesidad de usar un material más resistente. En el suelo se funde el piso y las paredes se impermeabilizan por dentro con cemento y arena.

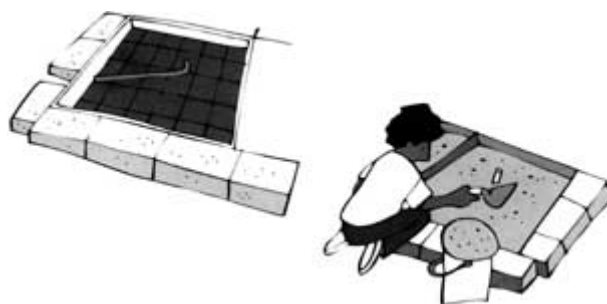
En la parte superior se funde una losa o plataforma que puede reforzarse con hierro o bambú. Una vez construidas las cámaras, se hace un sentadero especial (opcional) al cual se adaptará el dispositivo para separar las heces de la orina, evitando así mojar las cámaras. Luego se hace una caseta para dar privacidad a los usuarios y resguardo en época lluviosa o fría. Ésta puede ser de materiales diversos: adobe, ladrillo, barro, bloque, cartón, o cañas de bambú o maíz. El techo puede ser de paja o lámina. Los canales de conducción de orina son de PVC y el recipiente para su recolección puede ser de cualquier material, pero con boca angosta para evitar la entrada de moscas o la salida de olores desagradables.

Ejemplos

Ejemplos de diseño y construcción. El paso inicial es la sensibilización de los miembros de la comunidad con respecto al problema de la contaminación fecal, mediante pláticas con los futuros usuarios. Posteriormente se discute con ellos la ubicación, el financiamiento y el mantenimiento de la. Finalmente se procede a la selección y acopio de los materiales de construcción y la ubicación de los instrumentos necesarios.

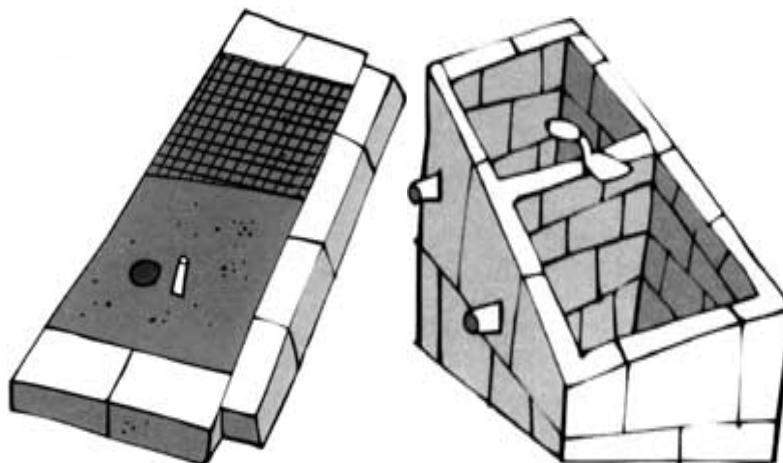
Después de haber discutido la ubicación de la se prepara el terreno y la base sobre la cual va a ir la letrina. Esta base generalmente es de dos metros de largo por un metro de ancho y el material puede ser concreto. Elaboración de las losas superiores. Estas losas van a ser las cubiertas de las cámaras y se elaboran utilizando concreto (1-2-3).

Debe dejarse un orificio de aproximadamente 25 cm de diámetro para la disposición de la materia fecal hacia el interior de las cámaras, y antes de fundir la mezcla se debe armar una cuadrícula con varilla de refuerzo e instalar una tubería de PVC de $\varnothing 1\frac{1}{2}$ ", por donde se va a evacuar la orina.



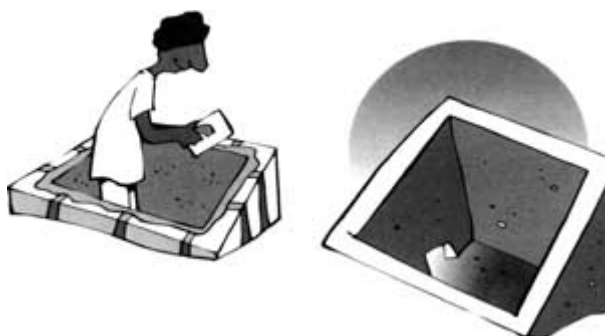
Figura

Cámaras. Estas pueden ser elaboradas en ladrillo, bloque o piedra, con una altura de un metro, a partir de la base o losa inferior.



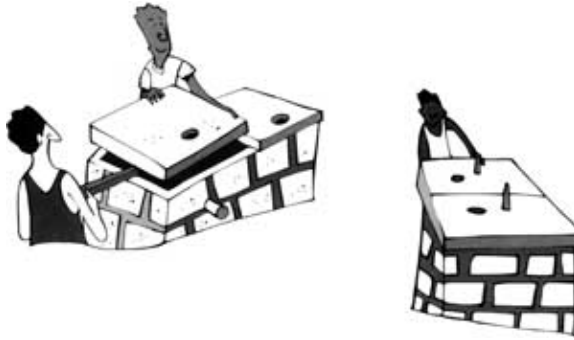
Figura

Durante la construcción de las cámaras, en la parte de atrás de cada una de ellas deben dejarse dos aberturas de 20 x 40 cm, donde posteriormente se instalarán dos compuertas que permitirán retirar el abono orgánico. Al terminar de construir las cámaras, éstas se repellan o aplanan en su interior con una mezcla de cemento y arena.



Figura

Colocación de las losas superiores. En la parte de atrás deben instalarse dos codos PVC de 4" que funcionarán como mecanismo de ventilación de las cámaras.



Figura

Bacinete. Este se puede elaborar en cemento utilizando una formaleta de madera.



Figura

Es importante diseñar el bacinete como se muestra en la imagen, para realizar la separación de la orina y evitar que ésta ingrese a las cámaras.



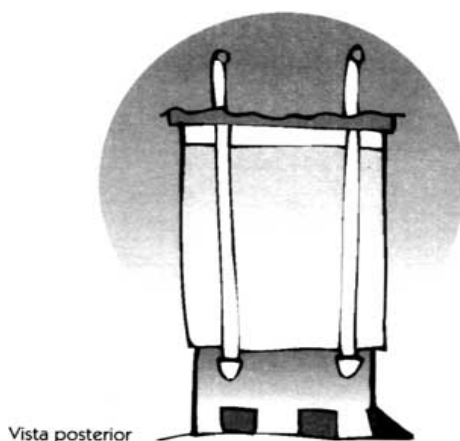
Figura

Construcción de las gradas y la caseta. Las gradas se construyen de acuerdo con las necesidades del usuario, buscando que la letrina pueda usarse fácilmente y sin riesgo para niños y ancianos.



Figura

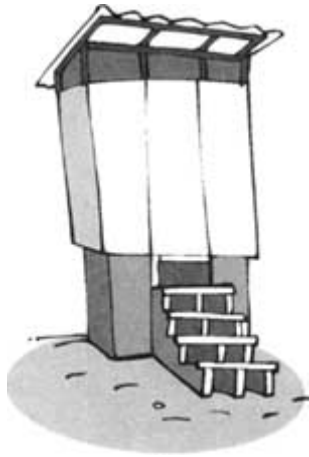
La caseta se construye a gusto del usuario y con los materiales que se consigan en la localidad. Ésta deberá tener la altura necesaria para entrar y salir con facilidad. Cada usuario construirá la caseta de acuerdo con sus conceptos estéticos y la arquitectura general de la vivienda.



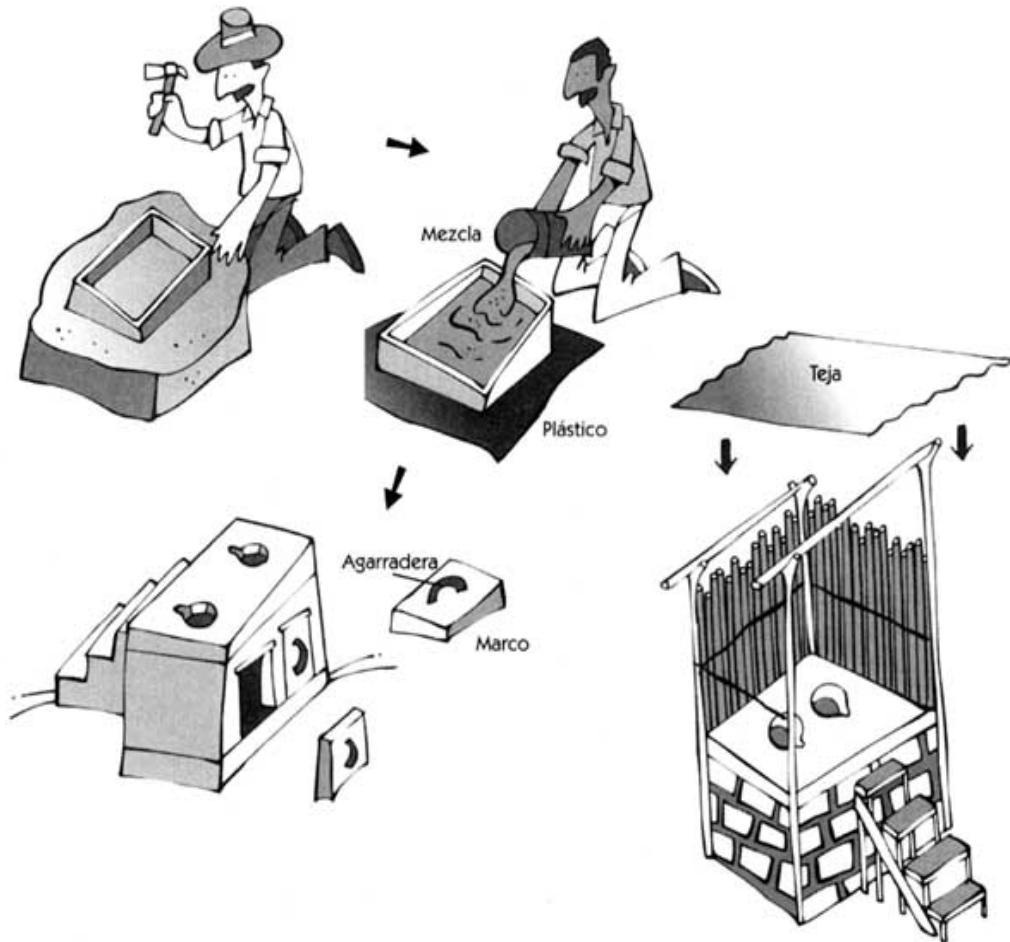
Vista posterior

Figura

En vista de que no se producen olores desagradables y hay ausencia de moscas, en algunos casos los usuarios han construido su letrina dentro de la vivienda, ahorrándose los materiales de la caseta y facilitando su uso.



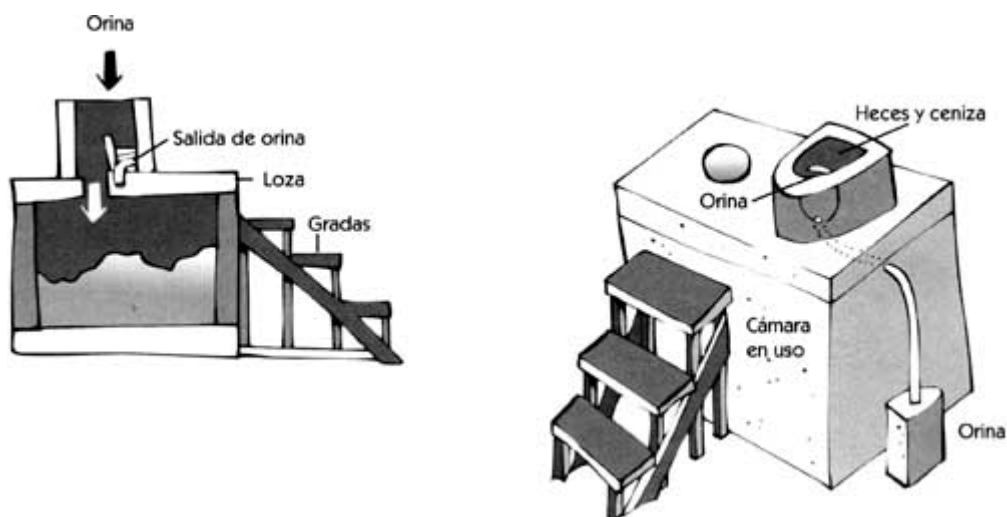
Figura



Esquema para la construcción de compuertas y caseta

Operación y mantenimiento

En el fondo de la cámara que se empezará a usar coloque una delgada capa o cama de tierra seca o ceniza y cierre la compuerta que tapaná la puerta de descarga.



Detalle del diseño y colocación de los sentaderos especiales.

Inicie el proceso de llenado con heces fecales en forma constante, teniendo cuidado que la materia sólida y la orina se separen perfectamente. Después de cada defecación vierta ceniza o cal de tal manera que ésta cubra totalmente las heces depositadas (aproximadamente en una relación de 1:3, es decir, una parte de ceniza o cal por tres partes de heces). Observe cuidadosamente que no se tape la salida de la orina al momento de agregar las cenizas.

Continúe de esta manera hasta su llenado, aproximadamente tres a seis meses, dependiendo del número de usuarios.

Periódicamente (cada 14-15 días) es necesario agitar el material en compostación para hacer más uniforme el nivel de llenado y homogenizar la biomasa en proceso, siendo favorecido esto por la acción de la ceniza.

Cuando el nivel de llenado ha llegado aproximadamente a diez centímetros de la superficie superior de la cámara, interrumpa el proceso de llenado, iniciando el uso de la segunda cámara, la cual se preparará en forma similar a la primera.

La primera cámara se termina de llenar con tierra, removiendo y compactando hasta su nivel superior. Si tiempo después el nivel de la biomasa baja, repita la operación de llenado hasta que el abono esté listo para usar, lo que deberá coincidir con el llenado de la primera cámara.

Entonces abra la compuerta de salida de la primera cámara y extraiga el abono. Si el aspecto del abono es seco, éste podrá usarse en los campos, pero si es pastoso, deberá dejarse un tiempo más (uno o dos meses) hasta que su aspecto sea adecuado.

Cuando el abono orgánico esté completamente seco y su aspecto indique que ya finalizó el proceso, sáquelo y limpie las cámaras completamente. Este abono se puede usar según las necesidades y costumbres agrícolas de cada región, aproximadamente en una relación 1:5 hasta 1:10 partes de abono-tierra. Nunca deje que el material de la letrina adquiera consistencia líquida o de lodo.

La letrina debe mantenerse limpia, por lo que hay que revisar constantemente que los papeles se descarten en un recipiente tapado para quemarlos semanalmente. Si es necesario limpie el piso y los sentaderos con creolina u otro desinfectante o aromatizante. La orina acumulada en el recipiente específico se usará como abono líquido cada tres a cinco días, aplicando en forma foliar, en una dilución entre el 10 y el 20%.

Mantenga tapado el agujero de entrada de las heces. La descarga del material compostado se hará solamente cuando se haya verificado que el proceso fue seguido adecuadamente.

Inodoro de sello hidráulico con descarga manual reducida



Figura

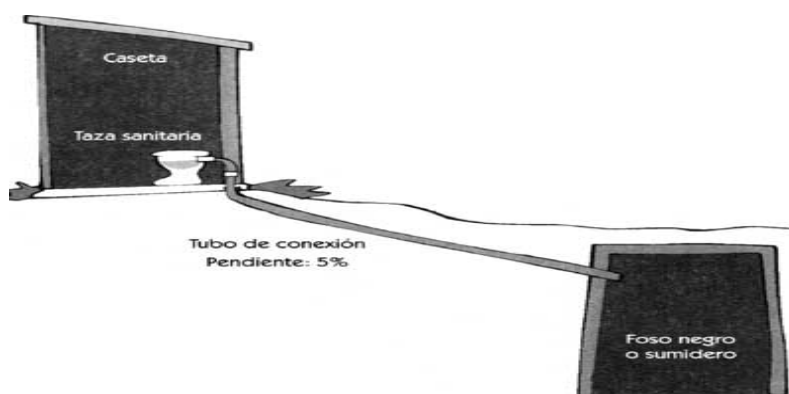
El inodoro de sello hidráulico con descarga manual reducida es un sistema apropiado para la disposición de las excretas en zonas rurales y urbanas marginales donde no existe sistema de alcantarillado convencional.

Este sistema consta de una taza sanitaria que conduce las excretas y la orina que se depositan en ella a un foso negro o sumidero, en donde el agua de enjuague y la parte líquida de las excretas se filtran en el suelo y los sólidos se descomponen biológicamente.

Debido a que la taza permite mantener el sifón lleno de agua, este inodoro es tan higiénico como el convencional y se puede instalar dentro de la vivienda.

Objetivos

- Disminuir la cantidad de agua que se requiere para su lavado cada vez que se utilice.
- Evitar que salgan malos olores del foso.
- Facilitar la conexión a un sistema de alcantarillado.
- Solucionar en el largo plazo la adecuada disposición de excretas.
- Eliminar la reproducción de moscas y otros insectos.
- Los sólidos se digieren biológicamente, reduciendo el volumen de sólidos acumulados en el foso negro.
- Evitar la contaminación de aguas superficiales o subterráneas y del suelo.



Figura

Lista de materiales necesarios para construir un inodoro de sello hidráulico con descarga manual reducida

Materiales	Unidad	Cantidad
Bloque de arena de río	pieza	260
Cemento gris	bulto	7
Arena de río fina	m ³	1
Arena de río gruesa	m ³	1.5
Gravilla	m ³	0.5
Varilla 3/8"l = 6 m.	Pieza	6
Tubo sanitario 3" PVC	m	3
Codo sanitario 3" PVC	Pieza	2
Unión sanitaria 3" PVC	Pieza	2
Taza sanitaria campesina	Pieza	1
Teja Eternit N° 5	Pieza	3
Listón de madera 4 x 4 cm	Pieza	31 = 6m
Puntillas 3"	lb	0.5
Alambre negro	Kg	0.2



Localización

Procedimiento

1. Localización

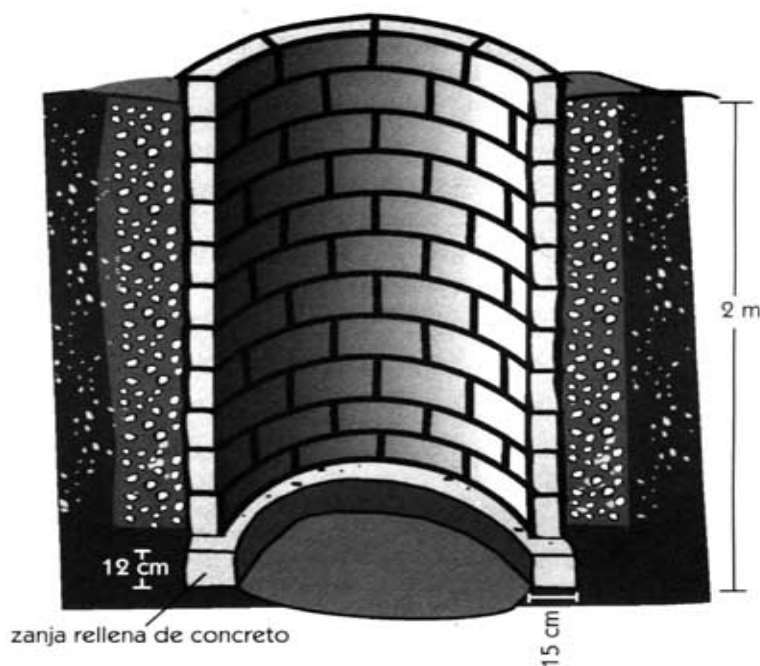
El inodoro de sello hidráulico se puede instalar en la vivienda, teniendo en cuenta que el pozo negro o sumidero debe localizarse por fuera y a una distancia mínima de dos metros de cualquier cimentación o bases de la vivienda.

2. Foso negro o sumidero

Se siguen las mismas indicaciones dadas en la elaboración del pozo para la letrina mejorada de pozo ventilado.

3. Cubierta del foso negro o sumidero

Tiene por objeto impedir la entrada o salida de vectores, evita el ingreso de aguas superficiales y sirve como medio de inspección y mantenimiento del sumidero.



Foso negro o sumidero. En el fondo tiene una zanja que se debe rellenar con concreto para que sirva de base al revestimiento de bloque o ladrillo. El anillo en concreto tiene un espesor de 15 cm y una altura 12 cm.

4. Instalación de la taza sanitaria

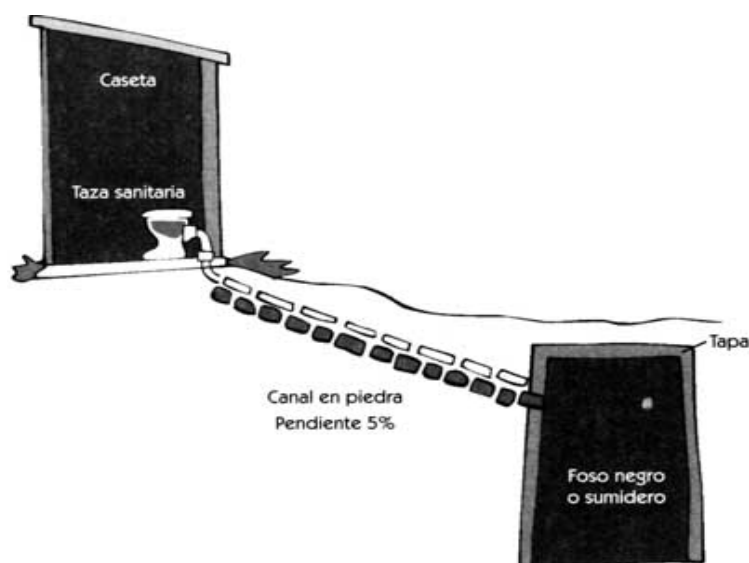
Se ubica en la vivienda, si el baño se va a instalar allí, o en la caseta si ésta va a estar localizada fuera de la vivienda.



Instalación taza sanitaria

La taza se instala horizontalmente sobre dos bloques para lograr una altura adecuada en el momento de usarla. Va pegada al piso con cemento gris. En el extremo de la taza sanitaria se instala un codo PVC sanitario recto de tres pulgadas de diámetro. Para lograr un perfecto acople es necesario calentar el accesorio y abrirle un poco la boca antes de conectarlo.

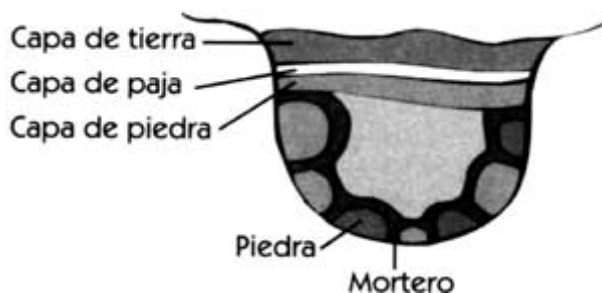
En el extremo del codo se instala un niple PVC de 3" de diámetro entre 0.10 m y 0.50 m de longitud dependiendo de la diferencia entre el piso de la taza sanitaria y el suelo natural.



Inodoro de sello hidráulico con descarga manual reducida.

Posteriormente se instala otro codo recto PVC de 5" de diámetro con dirección al sumidero. En el extremo libre del codo se instala la tubería de PVC de 3" de diámetro hasta el sumidero, donde debe penetrar 15 cm.

Los accesorios y la tubería en PVC se pegan con soldadura PVC. Cuando no se cuenta con tubería para conectar la taza sanitaria al sumidero, se puede construir un canal en piedra, bloque o ladrillo, revestido con mortero y su correspondiente tapa.



Detalle canal de piedra.

5. Caseta

Utilizada para darle privacidad al usuario



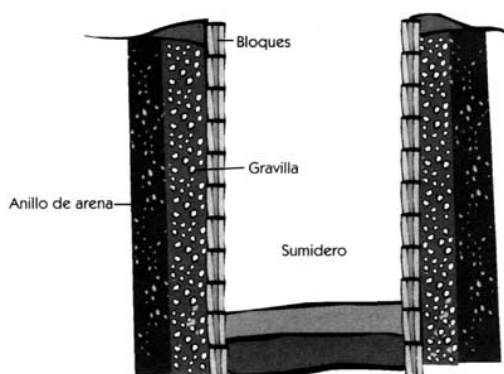
Instalación de la taza sanitaria con sumidero y caseta.

Operación y mantenimiento

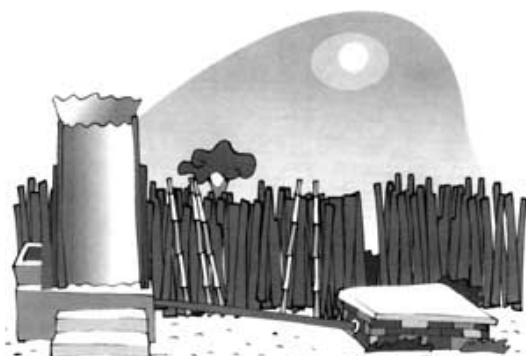
Para realizar la adecuada operación y el mantenimiento del inodoro se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No arroje el papel higiénico a la taza sanitaria.
- Utilice como máximo cuatro litros de agua para el lavado de la taza cada vez que se utilice.
- Localice el foso negro o sumidero en una parte más baja con respecto a una fuente de abastecimiento.
- Si el nivel de aguas subterráneas es alto, construya el foso elevado al igual que la base de la caseta.

- El riesgo de contaminación de aguas subterráneas se disminuye colocando una capa de gravilla de diez centímetros de espesor y una de arena de 40 centímetros de espesor alrededor de las paredes e impermeabilizando con arcilla el fondo del sumidero.
- No arroje dentro del inodoro trapos, piedras, papeles, desperdicios, etc.
- Mantenga limpio el piso, las paredes y los alrededores de la caseta.
- Las aguas provenientes de la cocina, el lavadero, el lavamanos y la ducha no deben ingresar al sumidero.
-



Figura



Instalación del sumidero elevado cuando el nivel de agua subterráneo es alto.

Unidad sanitaria

Componentes:

- Caseta prefabricada
- Taza sanitaria campesina.
- Instalación de la ducha con desagüe independiente.
- Pozo negro o sumidero.

La instalación de esta unidad sanitaria es muy similar a la del inodoro de sello hidráulico con descarga manual reducida más la instalación de la ducha. La caseta prefabricada se elabora con plaquetas de cemento y arena con una malla de refuerzo. Esta caseta también se puede elaborar con bloque o ladrillo. Lista de materiales necesarios para la elaboración de la caseta prefabricada

Materiales	Unidad	Cantidad
Formaleta de madera de 70 x 45 cm	Pieza	1
Formaleta de 1 m x 45 cm	Pieza	1
Malla de pollos h = 1.20	m	7
Arena lavada de río	m ³	0.5
Cemento gris	bulto	3
Listón madera 4 x 4 cm x 2 m	Pieza	3
Listón madera 4 x 4 cm x 1.90	Pieza	2
Listón madera 4 x 4 cm x 1.60	Pieza	2
Listón madera 4 x 8 cm x 1.90	Pieza	
Tornillos golosos ½"	Pieza	80
Teja zinc L = 3 m	Pieza	1

Nota: Los materiales son referenciales.

Lista de materiales necesarios para la instalación de la ducha

Materiales	Unidad	Cantidad
Tubo PVC Ø ½"	m	3
Tee PVC Ø ½"	Pieza	1
Adaptador macho Ø ½"	Pieza	2
Adaptador hembra Ø ½"	Pieza	1
Llave medio paso ½"	Pieza	1
Codo PVC Ø ½"	Pieza	4
Llave o grifo ½"	Pieza	1

Construcción de la caseta

Procedimiento

Elaboración de plaquetas prefabricadas:

Formaleta en madera - Alto = 2 centímetros



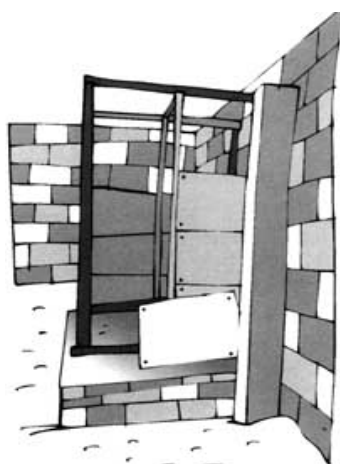
Figura

1. Engrase el interior de la formaleta con aceite quemado o kerosene para evitar que la mezcla quede pegada al marco cuando ésta se seque.
2. Coloque plástico o cartón sobre el piso. Prepare una mezcla de cemento y arena en una proporción de 1:3 y ponga una capa de un

centímetro en el interior de la formaleta. Luego coloque la malla cortada a la medida de la formaleta.

3. Coloque otro poco de mezcla sobre la malla y distribuya uniformemente con un palustre logrando un espesor total de dos centímetros.
4. Empareje la superficie con un pedazo de madera plana y coloque cuatro palitos en los extremos para que queden los huecos que van a permitir sujetar las plaquetas al marco de madera.

Estas plaquetas deben someterse a un proceso de curado para luego, colocarlas en el marco de madera.



Figura

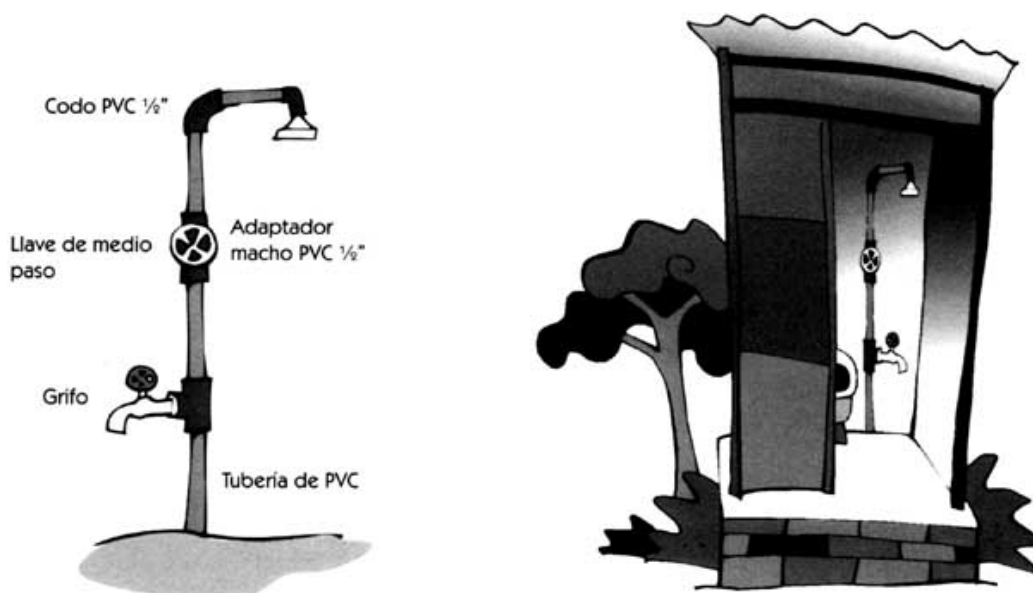
Las aguas provenientes del aseo personal no deben ingresar al foso negro o sumidero, porque contienen jabones disueltos que al ingresar al foso dañan el proceso biológico y natural que ocurre en el interior evitando la degradación de la materia fecal. Por tal razón, estas aguas deben ser drenadas por otro camino por medio de canales o zanjas.

De las plaquetas de 70 x 45 centímetros, cuatro se colocan en la parte delantera y ocho en la parte trasera. De las plaquetas de 100 x 45 centímetros, ubicar cuatro en cada costado.

Cada plaqueta se fija en los listones con cuatro tornillos golosos de 1 ½ “. También se puede utilizar alambre negro. Para la instalación de la taza sanitaria y el pozo negro o sumidero se siguen las indicaciones dadas en la construcción del inodoro de sello hidráulico con descarga manual reducida.

Instalación de la ducha con desagüe independiente

La caseta prefabricada permite la instalación de una ducha y un área adecuada para el aseo personal.



Esquema de la instalación de la ducha

Con este sistema de ducha se puede complementar el sistema de letrinas que se elija como la opción idónea a utilizar según los estudios realizados para cada lugar.

VII. NUEVAS TECNOLOGIAS EN SECO

A continuación se presentan algunos sistemas novedosos para el transporte y digestión de los residuos, se explica su funcionamiento y los lugares en donde son llevados a cabo dichos proyectos, en ocasiones incluso a nivel experimental.

- Sanitarios separadores y flujo por gravedad

Este concepto es adecuado para casas individuales o asentamientos rurales. Está basado en sanitarios no-mezcladores (frecuentemente llamados sanitarios separadores o sanitarios clasificadores). El propósito de esto es proporcionar un sistema de bajo costo y Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente bajo requerimiento de mantenimiento con el potencial de recuperación total de recursos.

El sistema recoge el agua amarilla (orina) mediante un tubo separado para guardarlo en un tanque de almacenaje hasta que pueda ser usado para la agricultura. El periodo de almacenamiento debe ser de al menos de seis meses. El agua café (heces fecales) es lavada con una cantidad adecuada de agua (normalmente de cuatro a seis litros) y es recolectada ya sea separada o conjuntamente con las aguas grises y es descargada en una cámara de las dos que componen un tanque de composteo (con piso filtro o bolsa filtro) donde los sólidos son recomposteados.

Después de un año de deshidratación y composteo, el flujo es dirigido a la segunda cámara mientras en la primera se detiene la carga por un año. Esto permite que continúe la deshidratación y el composteo y hace que la remoción de heces del tanque sea más segura.

Los productos son removidos del tanque de composteo y son ya sea utilizados como mejoradores de suelos en tierra café o completamente composteados – la composta puede ser mezclada con residuos de cocina o de jardín para que se descomponga completamente. La composta madura es usada para el acondicionamiento de suelos y mantiene o mejora la fertilidad del suelo.

El filtrado del tanque de composteo será bajo en nutrientes debido a la separación previa de la orina – los nutrientes disueltos se encuentran principalmente en la orina. Por lo tanto, el filtrado puede ser tratado junto con las aguas grises (a menos que esté planeado un rehúso de alta calidad). Un tanque de composteo de dos cámaras es mostrado en la siguiente figura.

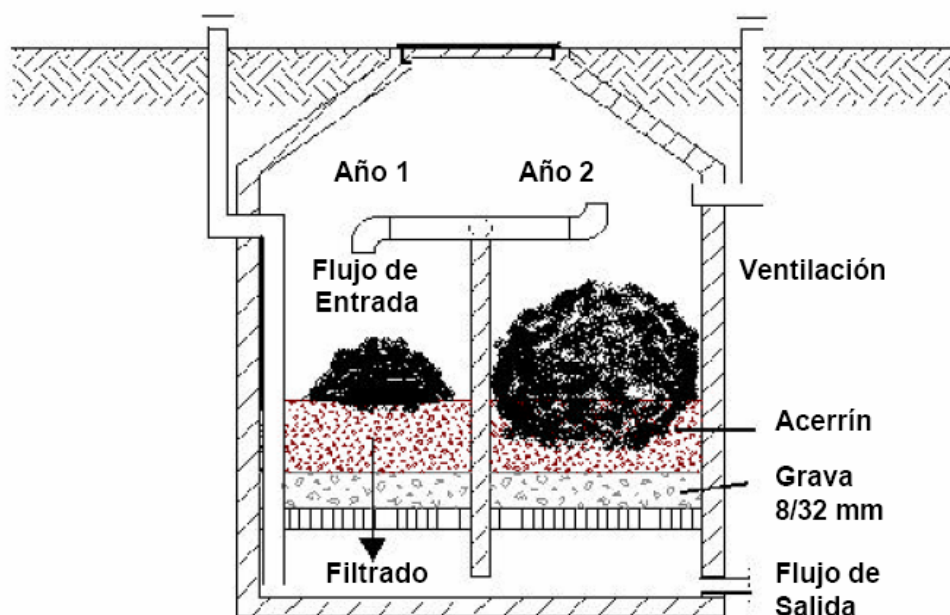


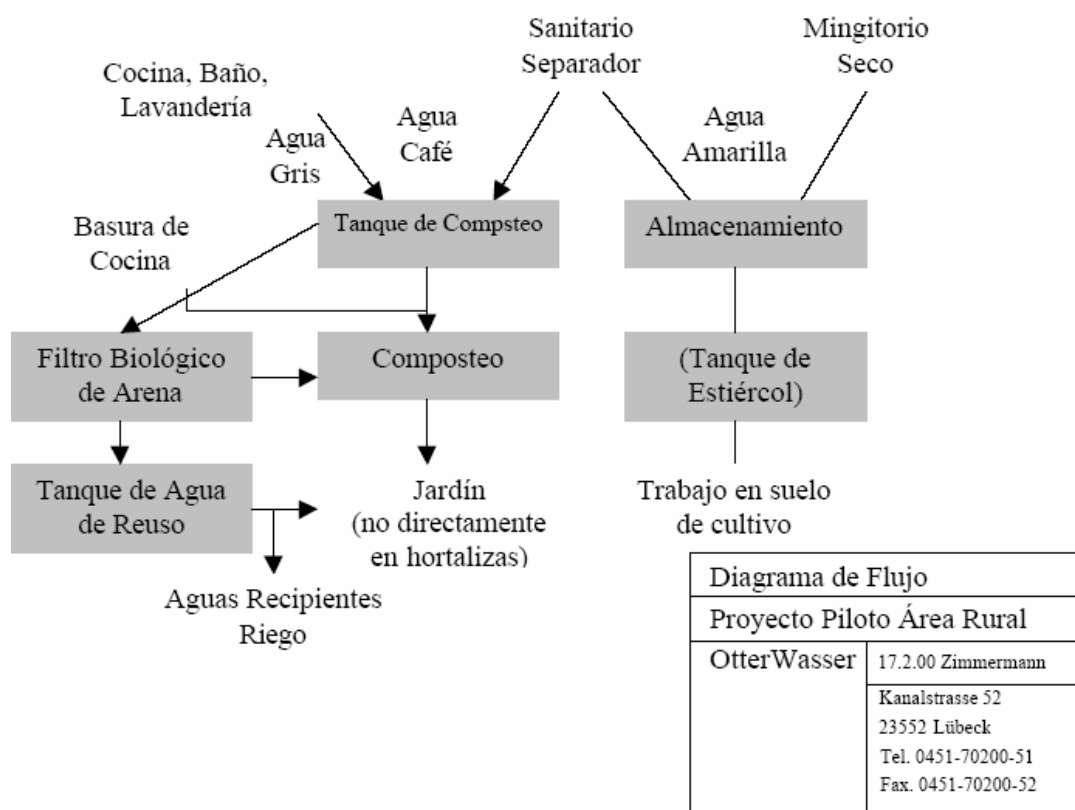
Diagrama: Un tanque de composteo de dos cámaras.

El agua gris es pretratada ya sea en el tanque de composteo con el agua café (evitando un tercer tubo, de la casa al tanque) o tratada separadamente para su rehúso

Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente calidad. El siguiente paso puede ser el uso de o un filtro biológico de arena (con un flujo intermitente vertical) o un reactor de lodo activado combinado con filtración micro o nanométrica. Estas dos tecnologías forman una barrera eficiente contra los patógenos y pueden lograr efluentes de alta calidad con bajos requerimientos de mantenimiento. El agua purificada es descargada a un tanque receptor local, infiltrada en el suelo o recolectada para reúso. El pantano artificial necesita muy poca energía pero requiere alrededor de 1 a 2 m² por habitante.

Los parámetros de diseño para los elementos de los componentes de este sistema pueden ser derivados de tecnología descentralizada avanzada. El agua gris por si misma tendrá regularmente la mitad de la carga de DQO en dos tercios del flujo. El filtrado de las cámaras de composteo probablemente no tendrá una gran influencia excepto por la potencial carga adicional de patógenos. La recolección y almacenamiento de la orina puede ser llevada a cabo directamente; la orina contribuye como máximo en 1.5 litros por persona por día. Una recolección libre de agua es la meta final, sin embargo esto no ha sido completamente desarrollado aún. El agua para lavar el sanitario debe ser un flujo pequeño, de otra forma el almacenamiento, el transporte y el uso se volverán más difíciles. La recolección libre de agua parece evitar los problemas de formación de sarro (cuando se forma sarro de cal en la superficie de los tubos). El calcio del agua contribuye a la formación de minerales. Los tanques de almacenamiento deben ser resistentes a químicos, la tubería y tanque deben ser herméticos – una tasa de infiltración pequeña pero constante puede resultar en una alta dilución y requerimientos de transporte más frecuentes.

Más experiencias pueden ser arrojadas a partir de los proyectos piloto que están siendo emprendidos actualmente. Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente



Elementos de un sistema de sanidad rural con control de fuente con una cámara de composteo

El concepto presentado aquí, dependiendo de las condiciones frontera, pueden ser también construido de diferente manera tomando en cuenta los requerimientos de planeación regional. Usando una planeación de costos mínimos, se podría encontrar una solución económicamente efectiva así como una introducción gradual. En todos los casos, sin embargo, las ideas detrás del concepto deben ser bien explicadas de manera que los habitantes se vean motivados a cooperar. Algunos experimentos con sanitarios separadores de orina han sido llevados a cabo principalmente en Suecia, en donde se tienen instalados más de 3,000 sanitarios de este tipo, demostrando claramente la viabilidad de esta tecnología. Una desventaja que ha sido observada se origina de utilizar diámetros de los tubos para la orina demasiado pequeños, ya que estos son obstruidos eventualmente por formación de sarro. El paso final hacia la recolección sin uso de agua no ha sido realizado en Suecia aún.

Una compañía alemana está trabajando actualmente en el diseño de un sanitario con recolección seca de orina. Pero aún con sanitarios separadores que no utilicen agua, existe un problema primordial. Los hombres, especialmente los de edad avanzada, frecuentemente se muestran reacios a sentarse para orinar. Los más jóvenes parecen aceptar el sentarse más fácilmente y parecen entender mejor el efecto positivo que ellos podrían provocar en el medio ambiente local al adaptarse al sistema. Otra solución es el desarrollo de un mingitorio seco que es una tecnología que se ha extendido actualmente hay varias marcas comerciales de ellos.

Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente estos ha tenido serios problemas con respecto al uso del tipo equivocado de químicos de limpieza y fallas en la construcción. Ahora existen a disposición nuevos modelos hechos de cerámicos; y una combinación con un recubrimiento nanoscópico es técnicamente viable. El tipo de superficie será también un paso fundamental hacia delante para los sanitarios separadores.

Otro problema con los sanitarios separadores es el desecho de papel higiénico que es usado después de orinar por la mayoría de las mujeres y algunos hombres. Una solución es un cesto para este papel, otra es tirarlo en el receptáculo fecal. Si no se eliminara este papel con chorro de agua, no habría consumo adicional de agua. Están siendo buscadas nuevas soluciones para este problema.

Muchas cámaras de composteo están siendo operadas con éxito en Austria y Alemania. Los pantanos, construidos con percolación vertical y alimentación intermitente, están volviéndose la solución estándar, y estos tienen requerimientos de espacio de menos de 3 m²/capita. Estos requerimientos de espacio pueden ser más pequeños para el caso de aguas grises. Las plantas pequeñas de lodos activados que usan membranas para separación de fases se están volviendo cada vez más populares y lograrían un mejor funcionamiento con aguas grises.

- Nuevo desarrollo sanitario a vacío y transporte con vacío hacia una planta de biogás.

Un concepto integrado de sanidad con sanitarios a vacío, drenaje a vacío y una planta de biogás para aguas negras está siendo implantado actualmente para el nuevo asentamiento llamado Flintenbreite en la ciudad de Lübeck en Alemania (NN 2000). Esta área, con un total de 3.5 hectáreas, no está conectada al sistema de drenaje central. El asentamiento será habitado finalmente por alrededor de 350 personas y es concebido como un proyecto piloto para demostrar el concepto en la práctica. Todos los componentes que están siendo usados en el proyecto ya han sido utilizados en diferentes campos de aplicación por muchos años y por lo tanto están bien perfeccionados. Los sanitarios a vacío son usados en barcos, aviones y trenes, y algunos han sido ya empleados en edificios habitacionales para ahorrar agua.

Los sistemas de drenaje con vacío convencionales dan servicio a cientos de comunidades. El tratamiento anaeróbico está siendo usado en agricultura, en tratamiento de aguas residuales industriales, en tratamiento de basura orgánica, en muchas granjas y para heces fecales en decenas de miles de aplicaciones en el sureste de Asia entre otros sitios. El sistema que está siendo construido en Lübeck consiste en los siguientes componentes:

sanitarios a vacío (VC) con recolección y tratamiento anaeróbico (conjuntamente con el tratamiento de basura orgánica doméstica) en plantas de biogás semicentralizadas, reciclaje de lodo digerido anaeróbicamente para su aplicación en agricultura con diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente almacenamiento posterior para periodos de cultivo. Uso del biogás en un generador de calor (para viviendas) o energía, junto con gas natural; tratamiento descentralizado de aguas residuales grises en pantanos artificiales verticales con alimentación intermitente (muy energéticamente eficiente); y retención de agua de lluvia e infiltración en un sistema de cunetas (zanjas poco profundas).

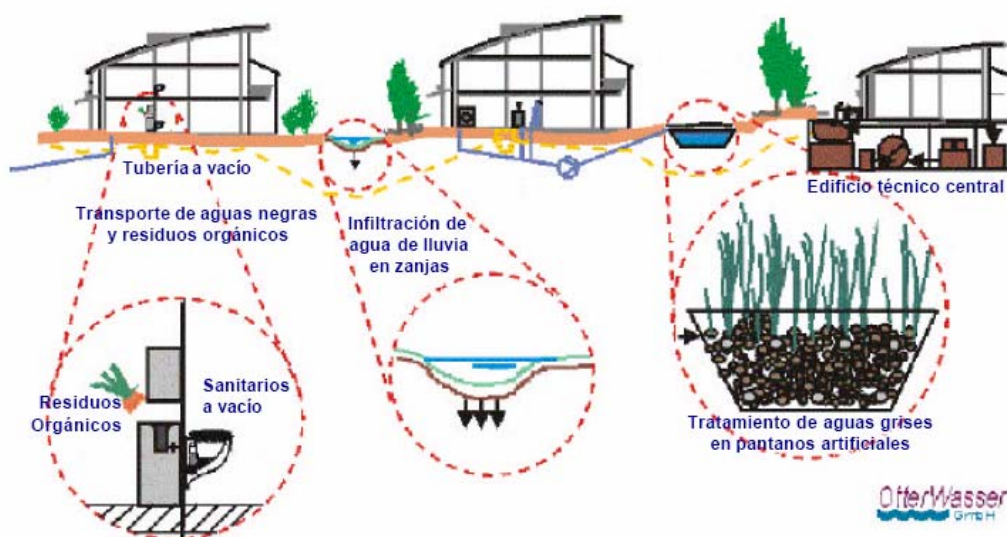
La calefacción para el asentamiento es producida por un motor generador combinado de calor y energía al que se le puede hacer cambio para uso de biogás cuando el tanque de almacenamiento esté lleno. Este calor es también destinado al calentamiento de la planta de biogás. Además, existe un sistema solar pasivo para apoyar la calefacción de las casas y un sistema solar activo para la producción de agua caliente. Una idea del concepto, con la recolección y tratamiento de las heces fecales. En el digestor se instalará una estación de bombeo de vacío. Las bombas tendrán una unidad extra para ser usada en caso de falla.

El vacío actúa tanto en los sanitarios a vacío como en la tubería a vacío. Los tubos tienen una dimensión de 50 milímetros (mm) para permitir un buen transporte. Estos tienen que situarse suficientemente profundo para estar protegidos contra la congelación y deben estar instalados con un gradiente de alrededor de 20 centímetros (cm) cada 15 metros para crear descargas del material transportado. El ruido es una inquietud en los sanitarios a vacío pero las unidades modernas no son más ruidosas que los sanitarios convencionales que utilizan arrastre con agua, por lo que la gente se acostumbrará a ellos.

Las heces fecales mezcladas con basura orgánica triturada son higienizadas calentando la alimentación a 55°C por 10 horas. Esta energía es después usada por el digestor que es operado a cerca de 37°C con una capacidad de 50m³. Otra preocupación es la cantidad de azufre en el biogás. Esta puede ser minimizada controlando la entrada de oxígeno al digestor o en el flujo de gas. Esta planta de biogás debe ser entendida como una unidad de producción para fertilizante líquido también. Una fuente importante de metales pesados es la tubería de cobre o con recubrimiento de zinc. Estos materiales deben ser evitados y usar tubos de polietileno en su lugar. El lodo no es deshidratado, para evitar pérdida de nutrientes. La relativamente pequeña cantidad de agua añadida al agua negra mantiene su volumen suficientemente pequeño para su transportación. Hay un periodo de almacenamiento de dos semanas para la recolección del efluente del digestor.

El biogás será almacenado en el mismo tanque dentro de un globo que dará más flexibilidad de operación. El fertilizante será retirado por un camión y transportado a una granja que posea un tanque de almacenamiento temporal, donde permanecerá por ocho meses. Estos tanques están comúnmente disponibles o pueden ser construidos a un bajo costo. El Diagrama muestra el edificio en Flinterbreite donde están instalados la estación de bombeo de vacío, el digestor, el generador de calor y energía y otros dispositivos. Aparte de este equipo, ahí se encuentran un salón de convenciones, una oficina y cuatro apartamentos.

Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente



En la Figura se muestra un sistema a vacío de biogás, filtro biológico de aguas grises e infiltración de agua de lluvia. El tratamiento descentralizado de las aguas grises residuales debe ser llevado a cabo por medio de procesos de película biológica. Tecnologías adecuadas serían reactores biológicos de membrana o pantanos artificiales. Ambos sistemas constituyen una barrera contra los patógenos. El agua puede ser reutilizada en el riego de jardines o infiltrada al sistema de agua de lluvia.

Las aguas grises son relativamente fáciles de tratar ya que tienen un bajo contenido de nutrientes. Diversos proyectos llevados a cabo a escala técnica han demostrado la viabilidad y el buen a excelente funcionamiento del tratamiento descentralizado de aguas grises. Estas plantas permiten el rehúso del agua en sanitarios, lo que no es económicamente viable en el proyecto de Lübeck debido al bajo consumo de agua de los sanitarios a vacío. Para el caso de Flinterbreite, se han construido pantanos artificiales de alimentación vertical con dimensiones de 2m² por habitante. Estos son relativamente baratos de construir y también de operar. Se halla un clarificador primario similar a una trampa de arena, para controlar sólidos y grasas. Las primeras mediciones del efluente han mostrado muy bajas concentraciones de nitrógeno.

La infraestructura, incluyendo el concepto integrado de sanidad, ha sido financiado por un banco alemán y es operado por la compañía privada Infranova. Las compañías participantes, los planificadores y los dueños de las casas y apartamentos están integrados financieramente y tendrán el derecho de votar para la toma de decisiones concernientes al desarrollo. Parte de la inversión es cubierta por una cuota de conexión, tan solo como la de los sistemas tradicionales. El dinero ahorrado por no tener que construir un sistema de drenaje que utiliza agua para arrastre, por un menor consumo de agua fresca y Tubería a vacío Transporte de aguas negras y residuos orgánicos Sanitarios a vacío Residuos Orgánicos Infiltración de agua de lluvia en zanjias Tratamiento de aguas grises en pantanos artificiales edificio técnico central

Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente por la construcción coordinada de todas las tuberías y líneas (tubos de vacío, calefacción local y distribución de energía, suministro de agua, líneas telefónicas) es esencial para la viabilidad económica de este concepto. Las cuotas cargadas por aguas residuales y basura orgánica cubren los costos de operación, los intereses de la inversión adicional y el mantenimiento del sistema. Parte de los costos de operación debe ser pagada a un operador de medio tiempo: esto también provee empleo local.

La compañía mantiene la operación de todas las estructuras técnicas, incluyendo la generación y la distribución de calor y energía, los sistemas solares activos y un sistema de comunicación avanzada.



Diagrama (izquierda) El edificio comunitario en el asentamiento de Flintenbreite; (derecha) Un sanitario a vacío que utiliza un litro de agua por descarga. Un estudio realizado en el Instituto Wuppertal en Alemania (Reckerzügl y Bringezu) usando Intensidad de Material por Unidad de Servicio (IMUS) para comparar la intensidad del material y la energía de la estructura con aquella de un sistema tradicional. La intensidad del material y la energía es la mitad en el sistema descentralizado de la cantidad en un sistema centralizado convencional que sirve a un área de densidad de población mediana. En el sistema centralizado, la mayor parte de la intensidad de material proviene de la construcción del sistema de drenaje. Los valores de efluente predichos están basados en promedios de mediciones de aguas grises. Las calidades de efluente se muestran en comparación con los valores promedio de una planta de tratamiento moderna con eliminación avanzada de nutrientes.

Emisiones, consumos de energía e intensidades de materiales estimados del sistema propuesto comparado con el sistema tradicional.

Concepto avanzado de sanidad tradicional (WC-D-PTAR)			Nuevo sistema de sanidad		
Emisiones			Emisiones*		
DCO	3.6	kg/(P*a)	DCO	0.8	kg/(P*a)
DBO ₅	0.4	kg/(P*a)	DBO ₅	0.1	kg/(P*a)

Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente

N Total	0.73	kg/(P*a)	N Total	0.2	kg/(P*a)
P Total	0.07	kg/(P*a)	P Total	0.01	kg/(P*a)
K Total **	(>1.7)	kg/(P*a)	K Total **	(<0.6)	kg/(P*a)
Energía			Energía		
Suministro de agua (amplia variación)	-25	kWh/(P*a)	Suministro de agua (20% ahorro agua)	-20	kWh/(P*a)
Consumo de tratamiento de aguas residuales (demanda típica)	-85	kWh/(P*a)	Sistema de vacío	-25	kWh/(P*a)
			Tratamiento de aguas grises	-2	kWh/(P*a)
			Transporte de lodo (2/mes, retorno 50)	-20	kWh/(P*a)
Consumo	-110	kWh/(P*a)	Consumo	-67	kWh/(P*a)
			Biogas	110	kWh/(P*a)
			Sustitución de fertilizante	60	kWh/(P*a)
			Ganancia	170	kWh/(P*a)
Total	-110	kWh/(P*a)	Total	103	kWh/(P*a)
Intensidad de	3.6	t/(P*a)	Intensidad de	1.3	t/(P*a)
Material***			Material***		

*mediciones de aguas grises (NN1999)

**asumido, no hay información

***estudio IMUS (Reckerzügl y Bringezu 1998)

La Tabla anterior indica algunas ventajas importantes para el nuevo sistema que justifican continuar con su investigación. La reducción acumulada de emisiones al mar y los ahorros de energía y uso de materiales en un tiempo de vida promedio de 70 años para 350 personas sería alrededor de 250,000m³ de agua fresca, 70,000 kilogramos (kg) de DCO, 1,500 kg de P, 13,000 kg de N, 30,000 kg de K, 5,250,000 kilowatts-horas (kWh) de energía y cerca de 56,000 toneladas de IMUS de material usado. El fertilizante producido en el sistema puede además reemplazar el producido a partir de recursos fósiles.

Esto puede aplicarse al diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente se ha calculado en otros 2,450,000 kWh de energía ahorrada. Estas cifras son importantes al trasladarlas a un contexto de gran población mundial y decrecientes recursos fósiles. El interés en el concepto integrado descrito antes se ha incrementado dramáticamente desde la construcción del proyecto en Lübeck.

Existen otros proyectos donde este tipo de concepto será construido. El sistema en general puede bien ser más barato que el sistema tradicional. Esto depende de las posibilidades locales de infiltración de agua de lluvia, así como del tamaño del área a la que serviría y del número de habitantes. Un tamaño óptimo podría ser una zona urbana de entre 500 y 2000 habitantes. Unidades menores son viables si la mezcla de aguas negra y basura orgánica es recolectada y transportada a una planta de biogás más grande, preferentemente situada en una granja. Las aguas grises pueden ser tratadas en una planta de tratamiento de aguas residuales existente si el sistema de drenaje está en un punto cercano.

En algunos casos esta es la manera más económica. La eliminación de nutrientes puede ser mejorada si un cierto porcentaje de la población tiene el servicio de un sistema separado de tratamiento de aguas negras. Los sistemas de control de fuente pueden ser considerados como tecnología de alta eficiencia. La investigación en proyectos pilotos generará un paso más rápido de desarrollo y traerá nuevas tecnologías para todas las situaciones sociales y geográficas en nuestro tan poblado planeta.

- Sistemas locales de bajo costo y bajo mantenimiento.

Existen muchas ideas y tecnologías tradicionales para una sanidad sustentable con un control real desde la fuente de los desechos humanos.

Algunas son más convenientes para áreas rurales, pero hay opciones para áreas en el centro de metrópolis también. Las técnicas básicas de recolección y tratamiento de baja tecnología (con o sin desechos de cocina) son: desecación (con calentamiento solar, sistemas de doble cámara); difícil para áreas con limpieza anal húmeda (en lugar de papel higiénico); buena para colección de orina y rehúso;

- . composteo (frecuentemente difícil de operar);
- sanitarios de baja dilución con sistemas de biogás; y
- colección de orina combinada con sistemas de biogás para las heces.

El problema principal es diseñar un sistema de sanitario que sea cómodo, de baja dilución y capaz de llevar a cabo el transporte. Una técnica prometedora es el sanitario NoMix (que no mezcla), desarrollado en Suecia. Ya que la mayoría de las visitas al sanitario son para orinar, estos sistemas recolectan la orina usando muy poco agua. Esto permite la recolección y el tratamiento sencillos de la orina (incluyendo secado sobre una pared de piedra caliza en climas cálidos; sistemas solares a ser desarrollados). La orina puede ser usada como fertilizante directamente en la tierra de cultivo o después de dilución (con 5 a 10 partes de agua) en plantas, pero no directamente en hortalizas. La orina debe ser almacenada por alrededor de seis meses. Las heces del sanitario NoMix pueden ser enviadas a las plantas de biogas junto con desechos de la cocina. Un sistema de sanidad con control de fuente puede llevar a un apropiado rehúso de fertilizante. Al mismo tiempo, el agua gris purificada puede sustituir al agua fresca en caso de escasez de agua. De esta manera los sistemas pueden ser muy económicos. El sistema puede ser usado en el nivel superior de sistemas de baja tecnología en muchos países para reemplazar las fosas sépticas y sanitarias convencionales de arrastre de agua.

La recolección de orina puede convertir un sistema de drenaje convencional en uno con una muy alta tasa de reutilización de nutrientes y muy bajas emisiones de nutrientes. Cuando la mayor parte de la orina es mantenida fuera de la planta de tratamiento de aguas residuales, el paso de eliminación de nutrientes se vuelve obsoleto.

Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente. Existen dos caminos fundamentales: recolección centralizada o descentralizada. El enfoque centralizado sería almacenar la orina en tanques pequeños y abrirlas por la noche cuando el sistema de drenaje está casi vacío. Un sistema de control remoto vaciaría los tanques para generar un flujo concentrado que puede ser capturado en la planta de tratamiento. Este método está limitado a sistemas de drenaje con un buen gradiente y tiempos de retención adecuados; sin embargo, puede ser también aplicado a ramificaciones del sistema de drenaje. Almacenamiento y recolección descentralizados es la otra posibilidad.

Si todas las aguas negras son recolectadas y tratadas separadamente, un sistema convencional de drenaje puede convertirse en una planta de reciclaje de aguas grises y producir agua substituta. La conversión podría ser realizada hasta por décadas si es necesario. La viabilidad económica de tal paso tiene que ser bien pensada, porque excepto en áreas muy densamente pobladas, la rehabilitación de los sistemas de drenaje requiere un alto nivel de inversión.

El primer objetivo para la sanidad debe ser minimizar los riesgos de salud. Los nuevos sistemas deben ser mejores que los sistemas convencionales de sanidad, los cuales son higiénicos dentro de la casa pero comúnmente no para las aguas recipientes. La sanidad es un tema muy sensible con respecto al deseo natural del hombre por la limpieza y los tabúes que rodean esta cuestión. La falla de los nuevos sistemas puede ser (y lo ha sido en muchos casos) la consecuencia de esto, si no es considerado e incluido en el desarrollo del proyecto.

Los asuntos alrededor de los nuevos sistemas de sanidad son complejos, pero cubren un área básica de las necesidades humanas. El mantener los ciclos de comida y agua separados, el retorno de materia de la tierra a la tierra y cero emisiones al sistema acuático deben ser todos explicados a los usuarios prospectos de los nuevos sistemas de sanidad.

La infraestructura de aguas residuales es regularmente construida para ser extremadamente duradera. Esta estabilidad parece tan omnipotente para tantas personas que ellos no pueden ni siquiera imaginar diferentes soluciones de sanidad en el futuro.

Tenemos que considerar la vida media de las casas, los sistemas de drenaje y las instalaciones de tratamiento con el fin de evitar problemas financieros en el futuro. El cambio es más fácil para asentamientos recientemente construidos. El tiempo de vida de una casa es por mucho menor que el de un sistema de drenaje. Los componentes de un sistema de sanidad con control de fuente podría ser instalado en departamentos cuando se encuentren en renovación, y hayan sido conectados primero a los sistemas convencionales. Esto puede ser económico con ahorro de agua desde el principio. Más tarde, después de que un grupo de viviendas haya sido convertido, un tratamiento separado puede ser implantado.

Es realmente un reto participar en el desarrollo de una nueva tecnología. Con el propósito de encontrar una mejor sanidad en el futuro se requieren habilidades Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente profesionales y una búsqueda de soluciones con la mente abierta. Un diálogo abierto y un intercambio de experiencias son esenciales para llevar la cosa hacia delante. Existen tantas opciones posibles que todas las condiciones sociales y económicas se pueden satisfacer. Se necesita creatividad para encontrar la tecnología adecuada y la mejor manera de implantarla, operarla y financiarla. Hay una necesidad extremadamente urgente de nuevas soluciones, sea o no esta ignorada por los medios, los políticos y el pueblo. No obstante, en muchos países industrializados, la conversión completa tendrá que ser realizada en el transcurso de décadas, debido a la duradera infraestructura de drenaje existente, estos países tienen los mejores recursos para la investigación y construir instalaciones piloto.

En la actualidad, existen en el mercado una gran variedad de productos que tienden a separar el agua café del agua amarilla.

Por citar algunos ejemplos se pueden mencionar los mingitorios en seco y los excusados, con separador de orina, a continuación se muestran algunos modelos existentes en el mercado, así como las características que poseen, que en general son similares.

»Descripción

Mingitorio seco de marca conocida de excelente calidad, funciona sin agua únicamente se coloca una trampa ecológica que elimina malos olores.



»Descripción

Mingitorios secos de marca conocida, no utilizan agua funcionan con una trampa ecológica que elimina olores desagradables filtra la orina.



Sanitarios separadores de orina de cerámica existentes en el mercado



BIBLIOGRAFÍA

Agenda 21 (1992). Programa de Acción de las Naciones Unidas de Río. Organización de las Naciones Unidas, Nueva York.

Boisen, T. (1996) Comunicados personales, UT Dinamarca, Departamento de Construcción y Energía.

Daughton, Ch.G. y Ternes, Th.A. (1999) Pharmaceutical and personal care products in the environment: agents of subtle change? *Environmental Health Perspectives* **107**(6),907.

Harremöes, P. (1997) Integrated water and wastewater management. *Wat. Sci. Tech* **35**(9), 11-20.

Henze, M. (1997). Waste design for households with respect to water, organics and nutrients. *Wat. Sci. Tech.***35**(9), 113-120.

Henze, M., Somolyódy, L., Schilling, W. y Tyson, J. (1997). Sustainable sanitation.

Selected Papers on the Concept of Sustainability in Sanitation and Wastewater Management. *Wat. Sci. Tech.***35**(9), 24.

Lange, J. y Otterpohl, R. (1997) Abwasse. Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft, segunda edición. Mallbeton Verlag, Pfohren, Alemania. (En alemán).

Larsen, T.A. y Gujer, W. (1996) Separate management of anthropogenic nutrient solutions (human urine). *Wat. Sci. Tech.* **34**(3-4), 87-94.

Paginas usadas:

www.flintenbreite.de

<http://www.compostingtoilet.org/>

<http://habitat.aq.upm.es/bpal/onu00/bp452.html>

<http://www.laneta.apc.org/bs/>

http://es.geocities.com/permacultura_aldehuella/sanitario_seco_provisional.htm

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El saneamiento actual se basa en el agua como vehículo de transporte de todos los excrementos humanos.

Este sistema tiene como todos, sus ventajas e inconvenientes. Sus principales ventajas son la rapidez, la facilidad de uso, la (supuesta) higiene y la componente psicológica de la desaparición (el ser capaz de mandar toda la suciedad lejos de mi con pulsar una palanca, algo que me da poder sobre la suciedad).

Los inconvenientes son el gran gasto de agua potable, los problemas del transporte (olores, ratas, desarrollo de enfermedades, contaminación de ríos y arroyos, contaminación de los acuíferos) y los problemas de la depuración (construcción de estaciones depuradoras que no consiguen depurar el agua hasta dejarla otra vez potable; gran gasto de energía eléctrica, llegando a ser en 5 años igual al costo de la construcción de la propia depuradora).

Es un sistema lineal, es decir, nosotros generamos los excrementos, nos deshacemos de ellos depositándolos en el agua, y una estación depuradora que se encuentra lejos de nosotros, se encarga de separarlos del agua. Eso si, los fangos se utilizan en la agricultura industrial como abonos. Al final, los ríos recogen el agua (la supuestamente depurada y la que nunca se depuró), y en su curso intentan acabar el trabajo de limpieza (solo hay que echar un vistazo a cualquier río que nos pase cerca y observar) pero como es mucha la materia orgánica y además se va incorporando en todo su curso, al final, llega al mar sin depurar, contaminándolo.

Es pues un sistema insostenible, tanto ecológica como económicamente.

Una de las conclusiones a la que se llega después de esta investigación es que el problema de la contaminación y escasez del agua es un problema a nivel mundial, no solo ambiental, económico o de salud el problema más grande quizás sea el social cuyos estragos, se ven en mayor grado en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo ya que no cuentan con los recursos de las grandes potencias para destinarlos a estos rubros, lo cual hace que el deterioro ambiental sea mayor, ya que se toma el agua de sus cauces naturales, se hace uso de ella y se desecha en los ríos, estanques o lagunas sin un tratamiento previo lo cual hace que la escasez del recurso sea alarmante.

Por otro lado se encuentra el impacto social ya que la población requiere agua potable y servicios sanitarios que le den una mejor calidad de vida y le evite enfermedades por condiciones de sanidad adversas.

En todo el mundo se investiga la forma de reducir la contaminación del agua, así como el hacer un uso mas racional de este producto, por lo que en la actualidad las tendencias tecnológicas se enfocan a el diseño de aparatos de uso domestico como lo son regaderas, lavabos y muebles para baño en general, que reducen el uso de agua y los sistemas de tratamiento convencionales que aun son muy caros.

La otra vertiente se refiere a los sistemas descentralizados los cuales son una alternativa real, para solucionar los problemas en sus diferentes variedades ya que en estos sistemas en general el agua es reincorporada al suelo después de un tratamiento.

Existen sistemas cuyo uso de agua es mínimo y en general son considerados como el sistema ideal, además de tener la ventaja de ser mucho mas económicos que los sistemas centralizados lo cual hace viable el que se utilicen en entidades del país en donde por cuestiones geográficas, geológicas, económicas, hidrográficas, topográficas etc. no se justifique la construcción de un sistema centralizado, ya que los sistemas centralizados de drenaje en general solo se construyen en ciudades con una concentración importante de población y en las zonas rurales no se cuenta con sistemas de drenaje, incluso a veces ni siquiera se cuenta con el servicio de agua potable, lo cual hace que la gente emigre a las ciudades en busca de mejores condiciones de vida.

En fin como se puede ver el problema es muy complejo y hace necesario la participación de diversos especialistas, entre los cuales destaca la participación del Ingeniero civil, el cual debe ser capaz de elegir entre toda la gran gama de sistemas existentes, el que mas se ajuste a las necesidades de una entidad u otra, deberá hacer un uso eficiente de los recursos, en un país donde el factor económico es el factor limitante.

Como ya se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo de tesis los sistemas descentralizados no tienen por que competir con los sistemas centralizados, ambos sistemas se pueden utilizar en forma conjunta ya que aun en las grandes urbes, hay zonas en donde no se cuenta con drenaje y en ocasiones ni con el suministro de agua potable, en estos lugares lo recomendable sería elegir entre alguno de los sistemas descentralizados el que se adapte a las condiciones en las que viven estos grupos sociales en su mayoría marginados, que no cuentan con el capital para implementar dichas tecnologías, por lo cual el apoyo gubernamental a través de subsidios es indispensable.

En el ámbito rural son innegables las virtudes, de los sistemas descentralizados ya que prácticamente superan en todos los rubros a los sistemas centralizados, esto se deduce de la comparación hecha en el primer capítulo de este trabajo, pero ante todo se deben construir con estándares de calidad óptimos para evitar la contaminación del suelo, agua, aire y por consiguiente las enfermedades que suelen acarrear estos problemas.

La conclusión más importante a la que se llegó, es que en un futuro tal vez el uso del agua como medio de transporte de los residuos humanos deba ser sustituido por otro medio mucho más eficiente y ecológicamente aceptable.

Dentro de las recomendaciones, está el hacer un uso correcto de los recursos naturales, con los que se cuenta en cada una de las regiones de nuestro país, ya que contamos con prácticamente todos los climas, suelos y condiciones topográficas, lo cual nos obliga como ingenieros a estar bien preparados para afrontar uno de los retos más importantes para un desarrollo sustentable de este país, que es el de las aguas residuales, el cual ya es motivo de disputas entre gobiernos estatales y que a medida que se deje para después se convertirá en un problema de magnitudes sociales y ambientales cada vez más difícil de revertir.

Para concluir se deben tomar las medidas necesarias para tener un desarrollo sustentable, es decir con un uso equilibrado de los recursos naturales, ya que de no hacerlo no solo estará en juego la sustentabilidad de las generaciones futuras, sino también, la nuestra ya que no se puede aspirar a tener un desarrollo económico sin bases sólidas, o apostando a la sobreexplotación de los recursos naturales.