

I - INTRODUCCIÓN

Desde hace ya décadas la UNESCO plantea que la educación debe tener como fin último «la educación para la vida» y en función de ello se suelen identificar líneas o áreas temáticas que contribuyan a un desarrollo integral del individuo: Educación para la paz, Educación del consumidor, Educación vial, Educación sexual, Educación ambiental, entre muchas otras.

El éxito de las iniciativas de transversalidad en la educación dependerá de múltiples factores, pero principalmente de la correcta identificación temática, del compromiso y el trabajo de equipo en los centros educativos y del diseño de actividades y proyectos que contribuyan con esa integración. Para ello los temas desarrollados en forma transversal deben dar respuesta a problemas actuales y relevantes para la comunidad.

Hasta en un país apacible y ecológicamente equilibrado como el nuestro (de tasa poblacional estable, aire puro y agua potable en todo su territorio) esta situación de deterioro ambiental es cada vez menos teórica y exige menos capacidad de abstracción para comprenderla: ¿Quién iba a pensar hace treinta años que Uruguay asistiría a una sensible degradación de sus ecosistemas costeros dulceacuícolas y marinos, a la contaminación de suelos con agrotóxicos, a la bioacumulación de metales pesados en los niños de Montevideo, entre otros graves impactos de la actividad humana?.

Solo la educación y la concientización podrán incorporar la protección ambiental como uno de los más caros valores de la sociedad y aportar así soluciones definitivas a la problemática ambiental.

**ACTIVIDAD
PARA DESARROLLAR
EN CLASE**

Al finalizar cada capítulo se proponen algunos temas prácticos relacionados con la depuración de aguas contaminadas, que pueden contribuir con los tres objetivos principales de este manual:

- Contribuir a la toma de conciencia de que el agua es un recurso limitado por lo que no debemos malgastarlo ni contaminarlo.
- Reconocer que cada uno de nosotros es parcialmente responsable por la contaminación y cada uno de nosotros puede hacer algo al respecto.
- Encontrar en la Naturaleza sistemas y metodologías de depuración de aguas contaminadas, basados en los ecosistemas que nos rodean.

Educación Ambiental y tangibilidad

En este contexto, el gran objetivo social al que debe apuntar la educación ambiental es la educación de las nuevas generaciones en el concepto del Desarrollo Sostenible (que la explotación que nosotros hagamos de los recursos naturales, no ponga en riesgo la disponibilidad de esos recursos para las futuras generaciones), para lo cual es necesario que la educación ambiental experimente un avance cualitativo hacia su «tangibilización».

Sin olvidar las instancias de discusión y de elaboración teórica, es imperioso que el buen desempeño ambiental sea tangible. Y no solamente que cada actividad de capacitación produzca una transformación ambiental positiva que deje resultados cuantificables, sino que ese producto sea apreciable para el educando y que se convierta en una herramienta para la educación ambiental comunitaria.

La clasificación de residuos, la siembra de árboles autóctonos y otras iniciativas igualmente importantes no puede perseguir fines exclusivamente didácticos, el impacto ambiental positivo debe ser un objetivo principal y la mejora en las condiciones ambientales será la herramienta educativa.

En este sentido, la depuración de aguas contaminadas se presenta como una herramienta inmejorable para tangibilizar los resultados de las acciones ambientales en centros educativos.

II - EL AGUA Y LA VIDA

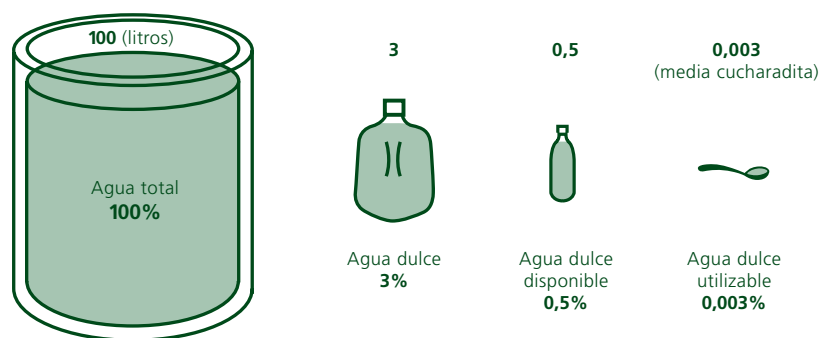
El agua es el único compuesto que se encuentra en la Naturaleza en los tres estados de agregación (líquida, sólida y gaseosa) y es el único compuesto imprescindible para cualquier forma de vida. No solo es el medio interno de todos los seres vivos, también es el medio externo. Pese a todos los ensayos realizados por la evolución para desarrollar formas de vida que se adapten a condiciones desérticas, la Naturaleza no cuenta con ningún ser vivo que pueda prescindir de agua.

La cantidad de agua en nuestro planeta es esencialmente constante, pero la población humana crece en forma exponencial. Pero no es solo que somos cada vez más, sino que nuestros hábitos de consumo se modifican aceleradamente, incrementándose el consumo de agua por habitante. En definitiva, el agua es un recurso natural cada vez más escaso y por lo tanto cada vez máspreciado.

Como se ve en la siguiente figura, del total de agua del planeta solo el 0,003 % es agua dulce disponible para consumo humano (ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas más superficiales), lo que equivale a media cucharadita de té en un tanque de 100 litros.

Lo que agrava esta situación es que en esa media cucharadita se vierte gran parte de los efluentes domésticos e industriales de las actividades humanas.

CANTIDAD DE AGUA EN EL PLANETA



ACTIVIDAD PARA DESARROLLAR EN CLASE

- Porcentaje de agua que contiene el cuerpo humano y otros seres vivos.
- Necesidades de agua de los diferentes seres vivos (intra y extracelular)
- Sinopsis del ciclo hidrológico
- Particularidades físicas y químicas del agua
- Consumo de agua por habitante y tendencias mundiales
- ¿Dónde se vierten las aguas de desecho?

La contaminación del agua

Las aguas subterráneas más superficiales son las de mayor relevancia para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales de nuestro país. Pero estas masas de agua son a su vez las más susceptibles de contaminación por actividades humanas.

Al estar aisladas de la luz solar y de la atmósfera, las aguas subterráneas tienen poca actividad biológica y pocas posibilidades de autodepurarse. Así, a diferencia de ríos y otros cuerpos de agua aireados, iluminados y en movimiento, los efectos de la contaminación sobre las aguas subterráneas son acumulativos, hasta hacerlas no aptas para uso humano.

Dentro de la polución que afecta a las aguas subterráneas del interior de nuestro país, uno de las causas más importante es la infiltración de aguas cloacales desde los pozos negros fisurados o sin fondo.

Aunque el pozo negro haya sido construido adecuadamente y no posea fisuras, en muchos casos no es posible desagotarlo periódicamente mediante un camión cisterna, por lo que se construyen «robadores» y las aguas cloacales son vertidas del pozo negro al terreno. De todas formas el acumular aguas cloacales en un reservorio aledaño a una vivienda es una práctica poco recomendable, si existen otras alternativas.

Debido a esta situación, que en un futuro no lejano puede transformarse en un riesgo para la salud de poblaciones rurales, el desarrollo de sistemas alternativos de tratamiento que no contaminen las aguas subterráneas, que no afecten la salud pública, que permitan el re-uso de las aguas depuradas y que puedan ser construidos por los vecinos de la zona es un esfuerzo muy justificable.

Sistemas Naturales de depuración de aguas servidas como los descritos en este manual, ya han sido instalados en distintos departamentos de nuestro país, consolidándose rápidamente como experiencias exitosas y de alto contenido conservacionista.

III - SISTEMAS NATURALES DE DEPURACIÓN DE AGUAS

Los sistemas convencionales de tratamiento de efluentes (filtros biológicos, lodos activados, etc.) permiten depurar grandes caudales con poco requerimiento de terreno, pero a un costo de inversión, operación y mantenimiento elevados; requieren además de mucha regularidad en los caudales y en las concentraciones de los desechos que reciben.

Estos sistemas de depuración son muy adecuados para grandes complejos industriales (con efluentes constantes y posibilidad de solventar los costos) en los que además no hay grandes terrenos disponibles, pero no se ajustan a los requerimientos de zonas rurales como las del interior de Uruguay.

Como alternativa a estos sistemas convencionales se han desarrollado los llamados "Sistemas Naturales" que aprovechan y potencian los procesos de purificación físicos, químicos y biológicos que ocurren en forma espontánea en la Naturaleza, con costos sensiblemente menores que los de los sistemas convencionales de tratamiento.

Desde hace varias décadas, gobiernos locales de muchas partes del mundo, organizaciones ambientalistas, empresas y ciudadanos vienen diseñando e instalando con éxito, Sistemas Naturales de tratamiento de aguas cloacales, basados en el uso de plantas acuáticas de gran poder depurador (totoras, camalotes, repollitos, y juncos, entre otros).

Estos sistemas, han demostrado tener una eficiencia significativamente alta en la depuración de aguas cloacales de complejos residenciales, pueblos y ciudades, en distintas regiones del mundo.

En muchos casos, un aspecto importante derivado de la aplicación de estos sistemas es el reuso del agua depurada y la obtención periódica de biomasa vegetal potencialmente aprovechable.

La instalación de Sistemas Naturales en áreas rurales de Uruguay tendrá una repercusión inmediata en la calidad de las napas superficiales de aguas subterráneas y de todo el ecosistema receptor.

**ACTIVIDAD
PARA DESARROLLAR
EN CLASE**

- Visita a un bañado y descripción del ecosistema
- Descripción de la flora del bañado
- Mecanismos de depuración: experimentar con camalotes y totoras

A mediano plazo, la instalación de estos Sistemas repercutirá en la calidad ambiental del entorno, razón por la cual los Sistemas Naturales son recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (E.P.A.) y otras agencias de protección del medio ambiente de distintas zonas del mundo.

Los principales mecanismos de depuración de aguas cloacales por parte de los Sistemas Naturales basados en plantas acuáticas se pueden sintetizar de la siguiente forma:

- **Eliminación de sólidos en suspensión** por retención física en el sustrato, los rizomas y las raíces.
- **Eliminación de materia orgánica** retenida en el sustrato, por acción de la microflora acompañante y por absorción de las partículas de arcilla del sustrato.
- **Eliminación de nitrógeno** por absorción directa, desnitrificación microbiana y volatilización de amoníaco.
- **Eliminación de fósforo** por absorción directa, por adsorción por las partículas de arcilla y por precipitación de fosfatos insolubles.
- **Eliminación de microorganismos patógenos** debida fundamentalmente a la predación de la microfauna acompañante, a la acción de antibióticos producidos por las raíces de las plantas, a la transferencia de oxígeno hacia la zona de las raíces y a otras modificaciones del microhábitat radicular.

Las plantas emergentes y la depuración de efluentes

Primeramente en países europeos con cuatro estaciones bien marcadas y posteriormente en los EE.UU., se comenzó a investigar en el uso de plantas emergentes de los géneros *Scirpus*, *Typha* y *Phragmites* (todas presentes en nuestro país), que se adaptan satisfactoriamente a condiciones invernales y tienen gran capacidad depuradora durante todo el año.

Estas plantas emergentes, que son autóctonas de Uruguay, sembradas en canales han demostrado ser tan eficientes como los camalotes en la depuración de efluentes domiciliarios, con la ventaja de no resentir las condiciones invernales, y ajustándose perfectamente a los requerimientos antes planteados para áreas rurales del interior de nuestro país.

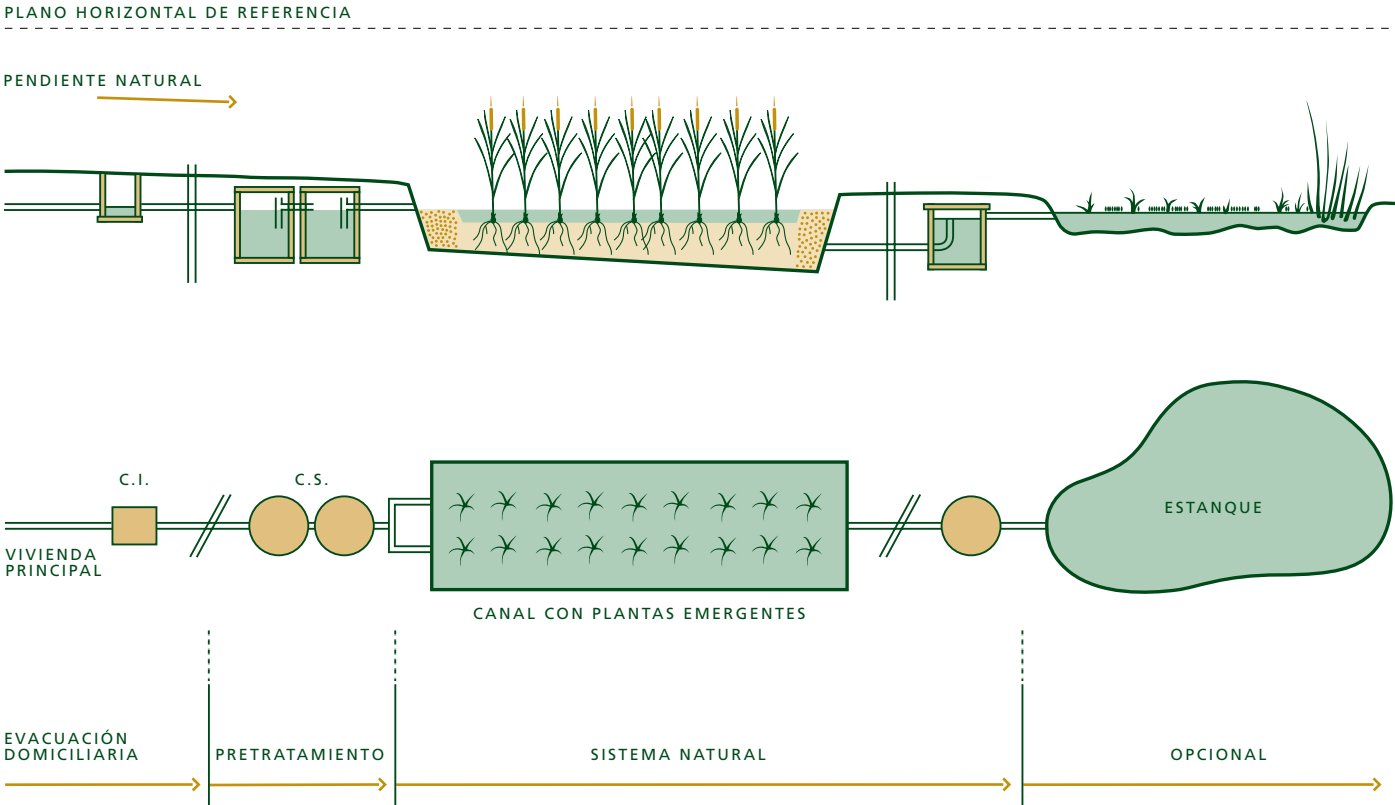
En los Sistemas Naturales del tipo de canales con plantas emergentes, la totalidad de las aguas cloacales que entran al sistema se depuran, transformando la materia orgánica del efluente en biomasa vegetal y obteniéndose agua de muy buena calidad, adecuada para ser utilizada en riego.

Los Sistemas Naturales que recomendamos para las escuelas rurales y viviendas del área rural, son del tipo Sistema de Flujo Subterráneo (SFS de aquí en más), en los que todo el flujo se canaliza bajo la superficie, por lo que no habrá mal olor ni feo aspecto.

Se considera que entre las plantas posibles de ser utilizadas en los SFS, la más adecuada para el caso que nos ocupa es la totora, aunque papiros y lirios pueden acompañarla en el diseño del jardín.



CORTE Y PLANTA DE UN SFS



Sistemas Naturales para las escuelas rurales

Los SFS, que son la alternativa ambientalmente más adecuada para la depuración de efluentes en el área rural de Uruguay, se componen de una serie de instalaciones, donde cada una cumple una función determinada en la depuración de las aguas cloacales descargadas a nivel domiciliario.

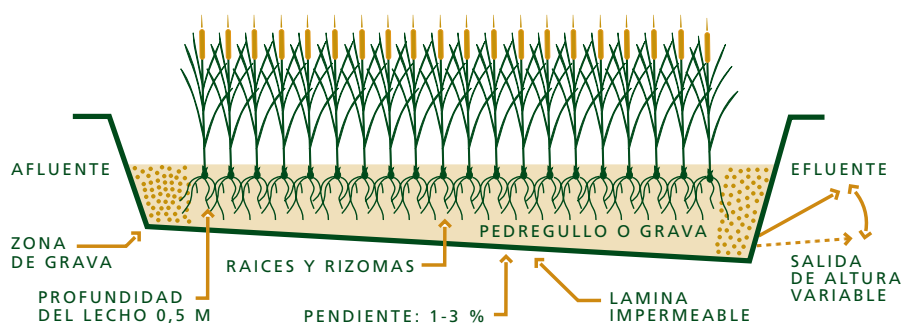
Los SFS se componen de los siguientes elementos:

- Una cámara de inspección inicial.
- Una cámara de pretratamiento (fase anaerobia).
- Un canal relleno con material poroso (pedregullín), sembrado con totoras (fase aerobia).
- Una cámara final de recolección, con sistema de regulación del nivel de agua en el sistema.

Como puede verse en los croquis en corte, todo el recorrido de las aguas negras es subterráneo, lo que garantiza que no haya evaporación de líquidos, emisión de olores, ni otros perjuicios ambientales.

Los SFS propuestos no requieren el uso de bombas ni consumo alguno de energía eléctrica, siendo los elementos fundamentales en el proceso de depuración, la cámara de pretratamiento y el canal sembrado con totoras.

CANAL CON PLANTAS EMERGENTES



**ACTIVIDAD
PARA DESARROLLAR
EN CLASE**

- Caracterizar el efluente de la escuela
- Como puede impactar el efluente en nuestro ambiente y en nuestra salud
- Como pueden actuar las plantas emergentes sobre el efluente.

La cámara de pretratamiento tiene como finalidad principal la fragmentación y remoción parcial de los sólidos orgánicos contenidos en las aguas servidas. Esta función se realiza principalmente por sedimentación de dichas materias en la cámara, consiguiéndose así que de la misma salga un líquido sin materiales grandes en suspensión.

Sin embargo, este proceso no culmina con la sedimentación, sino que ocurre un proceso de degradación biológica de los sedimentos en el interior del tanque, lo que provoca la descomposición parcial de los mismos.

Este proceso biológico transcurre en condiciones de ausencia de oxígeno (proceso anaerobio) y produce la transformación de la materia orgánica en compuestos solubles más simples y gases que se liberan.

Estos gases pueden presentar olores desagradables, por lo que es importante que la cámara de pretratamiento posea una ventilación bien ubicada y con suficiente elevación para que dichos olores se diluyan naturalmente en el aire.

Durante el proceso de degradación de las materias sedimentadas, es posible que algunas de ellas floten, por lo que también es necesario que la cámara tenga dispositivos de retención de sólidos flotantes para evitar que éstos salgan de la misma sin culminar el proceso de degradación. También es indispensable que las aguas provenientes de la cocina de la escuela, pasen previamente a su ingreso al sistema, por una cámara de retención de grasas (grasera) y que la misma cuente con un mantenimiento adecuado (limpiezas regulares).

El canal de flujo subterráneo sembrado con totoras, ubicado a continuación de la cámara de pretratamiento, cumple la función de depuración final de las aguas descargadas.

Los materiales orgánicos solubles, y aquellos que se formaron durante la digestión de los sólidos sedimentados en la cámara de pretratamiento, son degradados naturalmente durante su flujo a través del lecho con totoras, por el ecosistema formado en torno a las raíces de las plantas.

Como resultado de este tratamiento, se obtiene un agua de calidad adecuada para su reutilización en riego.

En síntesis, los mecanismos de depuración de las aguas cloacales en un SFS domiciliario se pueden ordenar de la siguiente forma:

- Separación física de la materia en suspensión, por sedimentación y flotación en la cámara de pre-tratamiento.
- Digestión biológica (anaerobia) de la materia orgánica separada, en la cámara de pre-tratamiento.
- Retención física de los sólidos, en el substrato del canal (pedregullín).
- Digestión biológica de los sólidos retenidos, por la micro-flora intersticial del substrato.
- Adsorción y absorción de nutrientes por las plantas emergentes.
- Eliminación de patógenos por modificaciones del micro-hábitat radicular.

Diseño de los SFS

A la hora de construir un SFS en una escuela rural, se deben tener en cuenta una serie de elementos que condicionarán el diseño y el tipo de materiales a utilizar, entre otros aspectos.

Algunos de los aspectos a tener en cuenta son:

- La orientación geográfica que garantice la mayor cantidad de luz natural por día.
- Permeabilidad y granulometría del suelo para definir el tipo de impermeabilización a realizar en el fondo del canal.
- La existencia de raíces de árboles que puedan perforar el canal.
- Pendientes naturales del terreno para realizar el menor movimiento de tierra posible.
- Integración estética del SFS al resto del jardín.

Un ejemplo

El ejemplo que se presenta a continuación, se aplica a una escuela rural tipo con 20 alumnos y 3 adultos.

Para una escuela rural tipo estimamos una evacuación de aguas negras de 20 litros/día por alumno y 100 litros/día por adulto. Esto haría un caudal de 700 litros/día para toda la escuela.

El sistema debe recibir los líquidos descargados en una cámara de inspección de 60 cm por 60 cm, la cual conducirá las aguas cloacales hacia la cámara de pre-tratamiento.

En primer lugar se debe dimensionar la cámara de pre-tratamiento.

Las aguas cloacales deberán permanecer 1,5 días (Tiempo de Residencia Hidráulica o TRH) en la cámara de pretratamiento para asegurar la eficiencia de esta etapa.

Supongamos que la escuela no cuenta con una fosa séptica y debemos construirla. Para su construcción recomendamos el uso de anillos de hormigón de 1 metro de diámetro x 0,50 metros de altura (disponibles en las barracas de construcción).

El siguiente cuadro muestra los parámetros de diseño con que contamos:

Parámetro	Valor
Litros / día / alumno	20
Cantidad de alumnos	20
Caudal (Q) correspondiente a alumnos	400 l/día
Litros / día / adulto	100
Cantidad de adultos	3
Caudal (Q) correspondiente adultos	300 l/día
Caudal (Q) total	700 l/día
TRH	1,5 días
Diámetro (anillo)	1 metro
Profundidad (anillo)	0,50 m

Nuestro primer objetivo será calcular el volumen de la cámara de pretratamiento para que el agua permanezca en ella durante 1,5 días, entonces:

$$\text{Volumen de la cámara (requerido)} = Q \times \text{TRH},$$

De donde:

$$\text{Volumen} = 700 \text{ l/d} \times 1,5 \text{ d} = 1.050 \text{ litros o } 1.05 \text{ m}^3$$

Como la cámara estará construida con cilindros, calcularemos el volumen de un cilindro de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Volumen de cilindro} = \pi \times r^2 \times \text{altura},$$

De donde:

$$\text{Volumen} = 3,1416 \times (0,50\text{m})^2 \times 0,50\text{m} = 0,39 \text{ m}^3 \text{ (390 lts.)}$$

ACTIVIDAD PARA DESARROLLAR EN CLASE

- Describir los procesos anaerobios y los aerobios
- Calcular el caudal del efluente de la escuela
- Describir la fosa séptica
- Describir el canal con totoras
- ¿Dónde ubicar el canal?
- ¿Cómo transplantar las totoras y como mantener el canal?

Para calcular la cantidad de anillos que se requerirán:

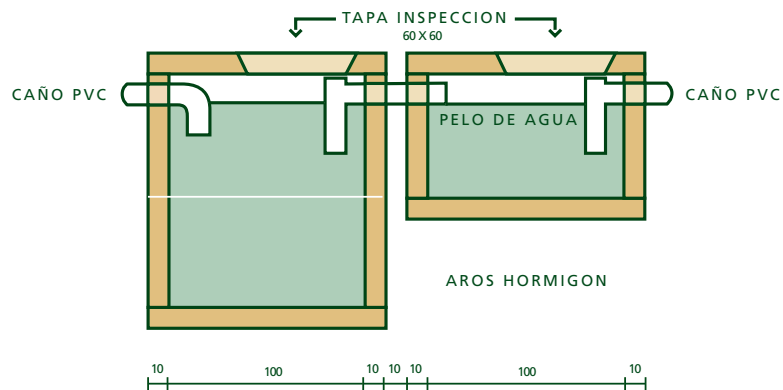
$$\text{Cantidad de anillos} = \frac{\text{Volumen de la cámara}}{\text{Volumen de un anillo}}$$

De donde:

$$1050 \text{ litros} / 390 \text{ litros} = 2.7 \text{ anillos} \approx 3 \text{ anillos}$$

Para facilitar la construcción y para obtener una mayor eficiencia, los anillos se dividirán en dos secciones (2 anillos en la primera y 1 anillo en la segunda), como se indica en el siguiente esquema.

CÁMARA DE PRETRATAMIENTO



Tendremos una cámara de dos módulos, uno con 2 anillos y uno con 1 anillo. Entre ambos módulos existirá una pendiente tal que las aguas cloacales fluyan por rebose hacia el canal con totoras.

Cada módulo de la cámara de pretratamiento tendrá una "T" que cumpla las funciones de una pantalla (como se indica en la figura anterior) para retener los sólidos flotantes e impedir que pasen a la siguiente etapa.

En segundo lugar dimensionaremos el canal con plantas emergentes

El tiempo necesario para que las aguas cloacales se depuren, en contacto con las plantas será de 3 días.

De acuerdo a la capacidad de enraizamiento de la tatora, la profundidad óptima del canal será de 0,40 m.

De esta forma nos encontramos con la siguiente información básica, a la hora de diseñar el SFS:

Parámetro	Valor
Caudal Q	700 l/d
TRH	3 días
Profundidad	0,40 m

Si bien el ancho del canal estará condicionado por algunas variables como el área de sección transversal y la porosidad del sustrato, nosotros fijaremos el ancho en 1,5 metros, en función de los datos de campo generados por CEADU y de la granulometría del sustrato disponible en canteras y barracas de construcción.

Completando el cuadro anterior tendremos:

Parámetro	Valor
Caudal Q	700 l/d
TRH	3 días
Profundidad	0,40 m
Ancho	1,5 m
Largo	15 m
Superficie	22.50 m ²

En el cuadro anterior se puede ver que para una escuela de 20 alumnos se requieren 22.5 m² de superficie sembrada de totoras. De ello se podría deducir por una simple regla de tres la superficie requerida para una escuela de un tamaño distinto.

Así, por ejemplo para una escuela de 30 alumnos diríamos:

$$\begin{array}{l} 20 \text{ alumnos} \text{ ————— } 22.5 \text{ m}^2 \\ 30 \text{ alumnos} \text{ ————— } x \text{ m}^2 \end{array}$$

$$x = (30 \times 22.5) / 20 = 33.75 \text{ m}^2$$

En otras palabras podríamos decir que se requiere 1.125 m² de superficie sembrada con totoras por alumno. De esta forma tendremos todos los elementos para dimensionar la cámara de pretratamiento y el SFS.

Es muy importante tener en cuenta que estos parámetros de diseño son válidos para dimensionar un SFS a nivel de escuelas rurales pero no para viviendas o instalaciones comerciales, donde los caudales y las concentraciones variarán significativamente.

Por último debemos señalar que el agua obtenida a la salida del sistema es de una excelente calidad para riego de todo tipo de plantas, por lo que recomendamos se la almacene al final del canal y se la reutilice para este fin.



Construcción y mantenimiento de la cámara de pretratamiento

La mayoría de las escuelas rurales cuentan con una fosa séptica de un volumen mayor al requerido para el Sistema Natural. Aunque estas fosas sépticas no fueron construidas con éste fin y en muchos casos están seriamente averiadas, lo aconsejable es su reconstrucción y acondicionamiento para operar como cámara de pretratamiento del Sistema Natural. De ser irrecuperable o inexistente la fosa séptica se procederá a la construcción de una nueva basada en anillos de hormigón.

La cámara de pretratamiento se construirá en dos secciones, utilizando anillos de hormigón de 1,00 m de diámetro (disponibles en las barracas de construcción).

Tanto la comunicación entre las dos secciones de la cámara como la salida de la misma deberán estar provistas de "tees" conectadas como se muestra en el esquema tipo, para evitar la salida de materiales flotantes hacia el canal de depuración. Las tapas ubicadas en cada sección de la cámara deberán permitir la inspección visual de la misma, así como la limpieza o mantenimiento.

Como fue mencionado anteriormente, el proceso de degradación de la materia sedimentada puede no ser completo, por lo que puede permanecer un residuo sólido en el fondo de la cámara de pretratamiento.

Si la grasera de la cocina no es limpiada periódicamente, parte de las grasas descargadas por la cocina de la escuela llegarán hasta la cámara, y quedarán retenidas en la superficie.

En este caso, será necesario realizar una limpieza periódica de la cámara para retirar estos materiales acumulados (cada pocos años).

Construcción y mantenimiento del lecho de grava

Para la construcción del lecho o canal se elegirá un lugar soleado y de ser posible con pocas raíces de árboles.

El canal tendrá una pendiente aproximada de 1 % (10 cm cada 10 metros) y a sus paredes se les dará suficiente pendiente como para evitar que se desmoronen.

El canal comenzará con una profundidad de 40 cm y terminará con una profundidad siempre inferior a 1 metro.

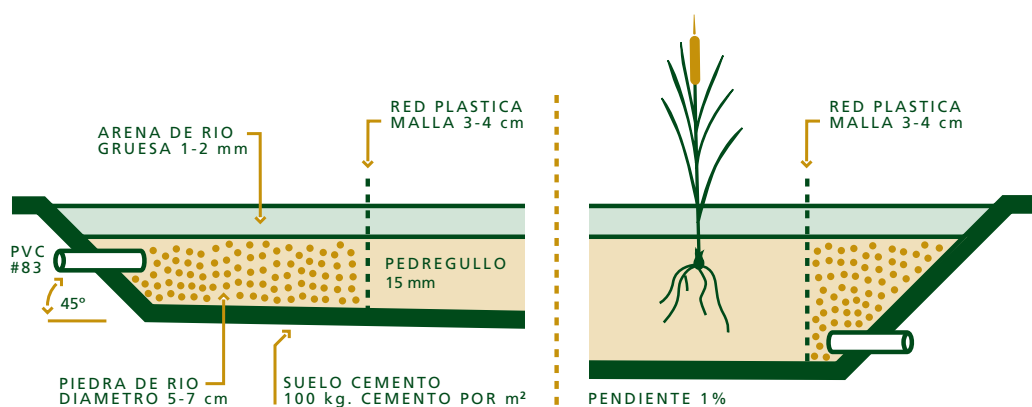
Debe tenerse presente la importancia de la impermeabilización del canal, para evitar toda posibilidad de infiltración de agua hacia el terreno durante el proceso de depuración.

Una vez excavado el pozo se cubrirá el fondo con una capa de 5 cm de tosca, la cual será compactada con un pisón o un rodillo.

Por lo general se deberá revestir el canal (fondo y paredes) con suelo cemento o membrana asfáltica para asegurar su impermeabilidad.

Una vez revestido el canal y colocados los caños de entrada y de salida, el primer metro y el último metro (por 1,5 m de ancho) del canal será rellenado con canto rodado de 10 cm de diámetro aproximadamente.

EXTREMOS DEL CANAL



El resto del canal se llenará de pedregullo (de aproximadamente 1,5 cm de diámetro) hasta una altura de 35 cm.

En este lecho de pedregullo se sembrarán las totoras según se describe más adelante. Una vez que las totora hayan crecido 40 o 50 cm se rellenará el resto del canal con arena de río.

A la salida del canal se podrá colocar un tanque de colecta si se desea emplear el agua para riego, o en su defecto se podrá realizar directamente disposición a terreno.

En el siguiente cuadro se presentan en forma resumida los materiales requeridos y los pasos a seguir en el proceso de construcción del SFS del ejemplo anterior (20 alumnos):

1. Materiales a emplear en la construcción

Item	Cantidad
Movimiento de tierra	4 horas
Membrana asfáltica	3 rollos
Pedregullo	10 m ³
Arena terciada	2.5 m ³
Cemento Portland	5 bolsas
Bloques	120
Piedra partida	1.5 m ³
Ladrillo de campo	100
Tapas de 60 x 60 (con contratapa)	2
Malla mosquitero	3
Caño PVC de 63 mm	3
Caño de PVC de 110 mm	3
Caño de PPL de 3/4 "	1
Accesorios de sanitaria y electricidad	- - -

2. Memoria constructiva del SFS

- 1 Replanteo de terreno y tendido de piolas de nivel.
- 2 Reparaciones en cámara séptica existente o construcción de una nueva
- 3 Construcción de una cámara de inspección de 60 x 60 con tapa y contratapa
- 4 Construcción de una cámara de desagüe de 90 x 90 con tapa
- 5 Construcción de canal de 15m x 1,5m x 0,40m con 1% de pendiente.
- 6 Compactado del fondo y terraplenes del canal.
- 7 Colocación de membrana asfáltica en fondo y paredes del canal.
- 8 Construcción de dos hileras de bloques perimetrales en el canal.
- 9 Llenado del canal con piedra, pedregullo y arena (según esquema).
- 10 Tendido de caños de aducción y desagüe.
- 11 Arreglo paisajístico de canales



El trasplante de las totoras

Procedimiento de extracción:

1. Se extrae la totora en el terrón con una pala, sin dañar rizomas ni cortar raíces.
2. Se cortan las hojas dejando solo brotes nuevos y yemas.
3. Se cortan los rizomas en trozos de aproximadamente 20 cm. (todos los trozos deben tener uno o más brotes).
4. Se enjuagan los trozos de rizoma en un balde con agua del lugar.
5. Se los transporta en ambiente húmedo y sombreado (envueltos en papel de diario mojado).

Procedimiento de siembra:

1. Se riega abundantemente el pedregullo del canal hasta el encharcado del agua.
2. Se plantan los rizomas a razón de 4 plantas por m², en la posición en que se encontraban en su medio natural (arriba y abajo). Deberán ser colocados superficialmente.
3. Se cubren los rizomas con una fina capa de pedregullín. Dejando yemas y tallos afuera.
4. Se agrega agua al canal hasta inundar las raíces que salen de los rizomas.

Manejo del Sistema Natural:

1. Una vez que las hojas de las plantas se hayan elevado cerca de 50 cm del nivel del canal se cubrirá la superficie del mismo con 10 cm de arena gruesa de río y se dejará que las plantas continúen creciendo.
2. Se dejará crecer las plantas libremente, sin necesidad de realizar manejo alguno, hasta que se verifique una reducción en el caudal de salida del sistema.
3. En ese punto se extraerán algunos rizomas para recuperar caudal.
4. Una vez que se establezca la densidad óptima de plantas, la cosecha será muy esporádica.



Bibliografía recomendada.

P.F. Cooper et al.

Reed beds & Constructed wetlands for wastewater treatment.
USA, 1996

Ronald Droste.

Theory and practice of water and wastewater treatment.
John Wiley & Sons, Inc. USA, 1997. (Chapter 19).

Metcalf & Eddy.

Water and wastewater treatment.
Mc Graw-Hill. USA, 1997. (Chapter 13).

Hernández Muñoz y col.

Manual de depuración Uralita.
Sistemas de depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes. Edit. Paraninfo. España, 1996. (Cap. 4 y 5).

Isaura Martín Martínez.

Depuración de aguas con plantas emergentes.
Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias. España, 1989.



CEADU (Centro de Estudios, Análisis y Documentación del Uruguay) es una Asociación Civil sin fines de lucro formada por un grupo multidisciplinario de técnicos y profesionales especializados en temas ambientales, fundada el 20 de setiembre de 1990.

Objetivos:

- Promoción y Difusión de alternativas innovadoras para el desarrollo sustentable de los sectores de bajos recursos de la sociedad.
- Estudio, Investigación y Documentación de estrategias participativas de gestión ambiental
- Fortalecimiento de la Ciudadanía Ambiental a partir de la democratización y extensión del acceso a la información.

Joaquín de Salterain 929/501

Telefax: **413 60 72**

11200-Montevideo-Uruguay

e-mail: **ceadu@chasque.apc.org**

Jardín de totoras

Sistemas naturales de depuración de aguas

AUTOR: MSc. Aramis Latchinian

DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Cra. Beatriz Ruiz

COORDINACIÓN DE PROYECTO: Gustavo Diverso

COORDINACIÓN EDUCATIVA: Maestra Cristina Rodríguez
Inspección Departamental de San José

DISEÑO: Camilo Schettini