

AÑO 2025

ANEXO TÉCNICO 1

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

MEDIANTE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN).

OFICINA DE AMBIENTE Y
ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.

OFICINA DE PLANEAMIENTO
URBANO Y OBRAS PRIVADAS.





MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

ANEXO 1

SISTEMAS DE TRATAMIENTO AUTÓNOMO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE ECO TECNOLOGIAS: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ÍNDICE

1.- Importancia de un óptimo tratamiento de las aguas residuales.....	Pág. 2
2.- ¿Por qué usar tecnologías de eco saneamiento?	Pág. 3
3- Requerimientos sanitarios del tratamiento autónomo de efluentes	Pág. 3
4.- Componentes de un sistema autónomo de tratamiento de efluente	Pág. 6
5.- Tratamiento primario anaerobio por cámara séptica: especificaciones	Pág. 9
6.- Generalidades del tratamiento secundario aerobio	Pág. 14
7.- Tratamiento secundario, opción 1: Humedal de Flujo Sub Superficial (fitodepuración)	Pág. 15
8.- Tratamiento secundario, opción 2: Campo filtrante:	Pág. 26
9.- Metodología para la toma de muestras	Pág. 28
10.- Bibliografía consultada	Pág. 29
11.- Parámetros de vuelco: Decreto 487/16 y normativa de referencia	Pág. 32
12.- Fotos de HFSS y plantas palustres emergentes óptimas para fito depuración	Pág. 31

1. IMPORTANCIA DE UN ÓPTIMO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento escaso de efluentes domiciliarios, es un problema que contribuye a la contaminación de cursos y napas de agua y al deterioro de la salud pública. Siendo un factor de contaminación que favorece el desarrollo de vectores, afectando de forma indirecta, e incidiendo también por contacto directo (aunque no siempre evidente) en la salud humana.

Los suelos de patios y veredas donde las aguas residuales sin tratamiento (o con tratamiento deficiente) se infiltran mediante sangrías o pozos negros, pueden hallarse colmatados de coliformes y otros patógenos. Esto implica que el trabajar moviendo tierra, el jugar sobre el suelo o el hacer jardinera, pueda ser fuente de enfermedades que deriven en cuadros de gravedad. Las aguas residuales, escurriendo por cañadas, arroyos, o subsuelo, pueden ingresar al curso de los ríos, ampliando el área de contaminación y afectando importantes fuentes de agua dulce.

Los efluentes comerciales y domésticos contienen distintos contaminantes. Entre estos se pueden encontrar:

- Microorganismos patógenos (bacterias, virus, parásitos) que producen hepatitis, cólera, disentería, diarreas, giardiasis, etc.
- Materia orgánica (materia fecal, papel higiénico, restos de alimentos, jabones y detergentes) que



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

consume el oxígeno del agua y produce malos olores.

- Nutrientes que promueven el proceso de eutrofización: con desarrollo desmedido de algas y cianobacterias en ríos, lagos, embalses y lagunas (afectando flora y fauna).
- Otros contaminantes como aceites, ácidos, pinturas, solventes, etc., que alteran el ciclo de vida de las comunidades acuáticas.

2. ¿POR QUÉ USAR TECNOLOGÍAS DE ECO SANEAMIENTO?

Se puede realizar un buen tratamiento de aguas residuales mediante una fosa séptica (tratamiento primario anaerobio), seguida de un método de aplicación al terreno como el HFFSS: humedal artificial de flujo sub superficial (tratamiento secundario aerobio). Siendo sistemas de bajo costo de implantación y mantenimiento y de moderada a escasa ocupación de terreno. Resaltando de este último sistema (HFSS, también llamado tratamiento por fitodepuración) su buena respuesta a variaciones de caudal y carga para núcleos con picos estacionales pronunciados. Además de no requerir su mantenimiento de personal calificado.

Los métodos de tratamiento de efluentes basados en sistemas naturales de adecuado diseño, que se presentan a continuación, son apropiados para su instalación en áreas privadas y públicas donde hay circulación de personas (áreas linderas a las unidades habitacionales u oficinas), siendo posible su integración al paisaje y a los jardines de patios e instituciones.

3. REQUERIMIENTOS SANITARIOS DE UN TRATAMIENTO AUTÓNOMO DE EFLUENTES.

En un tratamiento cloacal en pequeños núcleos (viviendas, instituciones o comercios) el agua residual no debe aflorar a la capa superficial de terreno, de modo que no sea accesible a moscas u otros vectores que puedan propagar enfermedades. Las instalaciones deben estar exentas de olores. El líquido cloacal no debe tampoco contaminar las aguas subterráneas ni las superficiales.

Es deseable que el sistema de evacuación y tratamiento sea sencillo en cuanto a su construcción y mantenimiento.



← SI →





MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

NO



Los sistemas de eco saneamiento (también llamados de tecnologías blandas o naturales) se desarrollan para cada contexto, combinando tecnologías que integradas entre sí conforman un sistema colaborativo, haciendo posible incluso la reutilización del efluente.

Consideraciones a tener en cuenta a la hora de diseñar el sistema de saneamiento:

- No existen soluciones tecnológicas únicas, ni universales.
- Existen diversas modalidades para tratar aguas residuales cada una de las cuales tiene sus ventajas y limitaciones.
- La combinación de distintas tecnologías va a estar determinada por factores a tener en cuenta, tales como:
 - Cantidad y calidad de las aguas residuales
 - Disponibilidad de terreno y tipo de suelo
 - Características del cuerpo receptor (del vuelco o la infiltración)
 - Requerimientos de operación y mantenimiento
 - Costos de instalación y mantenimiento
 - Patrones culturales
 - Posibilidad de integrar, mejorando, los tratamientos de efluentes preexistentes.

Para el diseño de los sistemas se deberá analizar la factibilidad de reúso del agua tratada, según lo plantea el Dec 847/16

Los generadores de efluentes líquidos deberán evitar el arrojado de sustancias químicas al sistema de conducción de aguas residuales (vivienda o establecimiento) que pudieran afectar el normal desarrollo de las especies vegetales o microbiológicas actuantes en la depuración.

Son ejemplos de dichas sustancias: restos de herbicidas del agro o de jardín, sustancias corrosivas o contaminantes de uso industrial o doméstico, sustancias antibióticas de uso veterinario o humano, o el arrojado **excesivo** de cloro y otras sustancias desinfectantes, etc. Los restos de las sustancias mencionadas, que precisen ser desechadas (en una escala no comercial-industrial), deberán disponerse con los residuos sólidos domiciliarios, en su envase original. De



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

no ser esto posible, deberá disponerse el producto absorbido en trapos o papeles, junto con la fracción de los residuos sólidos sanitarios o especiales (no reciclables).

SE RECOMIENDA, PARA EL DISEÑO SANITARIO DE LA VIVIENDA:

- **Considerar la recuperación de agua de lluvia:**

Considerar la viabilidad de recolección de agua de lluvia de los techos, por medio de un sistema de canalización apropiada. En c u y o c a s o e l agua se acumulará en tanques cisterna (los que deben tener su correspondiente tapa en función de prevención del dengue) para su reutilización en riego o actividades que no requieran agua potable, tales como el sistema de eliminación de heces y excretas (mochila de inodoros), lavado de autos, etc.

- **Considerar la separación de aguas grises y negras**

En el sistema de tratamiento de aguas es recomendable la separación de aguas grises y negras para su tratamiento diferenciado. Las aguas de cocina, ducha y lavarropas puedan tratarse en una línea paralela (grasera-HFSS). En caso de que el tratamiento preexistente no permita la separación, o si no se puede asegurar la separación de efluentes en grises y negros, pueden reunirse las aguas procedentes del baño, incluyendo desagües de inodoros, bidets, duchas y lavamanos, en la línea de aguas negras. **Las aguas de lavarropa en ningún caso deberán ingresarse a la cámara séptica (tratamiento de aguas negras)**, siendo factible para estas un tratamiento por fitodepuración-absorción en el que podrán diversificarse las especies vegetales palustres, facilitando la integración al jardín de la vivienda, hotel u hospedaje.

4. **COMPONENTES DE UN SISTEMA AUTÓNOMO DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES** (tratamiento in situ del efluente). Los componentes marcados con asterisco (*), son imprescindibles y por tanto obligatorios. En todos los casos el efluente final deberá cumplir con la normativa provincial vigente: Dec 847/16.

El presente instructivo, en tanto es anexo técnico de la Ordenanza de tratamiento de efluentes líquidos de Salsipuedes, establece que todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales (negras o grises) que se ejecuten en la localidad, deberán contar, sin excepciones, con tratamiento primario anaeróbico, tratamiento secundario que involucre fase aeróbica, así como una infiltración final del efluente que resulte ambientalmente óptima (según especificaciones del anexo 1).

Las aguas grises tratadas y que pueden ser verificada su calidad en la cámara de inspección o aforo podrán emplearse en forma parcial o total, siempre que fuese viable en función de las características del inmueble (vivienda residencial, institución, comercio, etc.), para riego del jardín o parqueado, mediante gravedad o bombeo hacia tanque reserva para su posterior uso como riego subsuperficial (único destino que permite el APRHI). Ubicando el punto de bombeo, en forma posterior inmediata a la cámara de inspección instalada a continuación del tratamiento secundario. Dado que las aguas grises continúan albergando, incluso una vez ya tratadas y depuradas, una carga (totalmente clarificada) de nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) que las vuelve susceptibles a la



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

eutrofización de los cuerpos de agua receptores. Siendo en cambio, dicha carga de nutrientes, un aporte excelente para riego de jardines y parqueizados, dado que actúa como fertilizante de calidad.

Disposición final, post tratamiento primario y secundario

- **Aguas grises** tratadas a *riego subsuperficial*, único destino que admite el APRHI

Aguas grises mezcladas con aguas negras, se consideran **AGUAS NEGRAS**

- **Aguas negras** tratadas, único destino de disposición final que admite el Aphri es *a punto de infiltración*, alrededor de los cuales se podrá plantar árboles y arbustos para favorecer su absorción

Detalle de los componentes principales:

- Tratamiento primario anaerobio: (*) **cámara séptica (C.S.)**. Es crucial para la depuración de las aguas negras y debe estar correctamente dimensionada. En caso de recibir aguas residuales de toda la casa (aguas grises y negras: inodoro, bidet, ducha, lavabo, pileta de cocina), o aguas grises y negras solo del baño (ducha, lavabo, inodoro, bidet) debe realizarse una adecuada estimación del consumo de agua por persona/día, para cumplir con un T.R.H. (tiempo de retención hidráulica) de 36 hs. mínimo. La C.S. puede ser construida de mampostería con la forma prismática tradicional o bien constituida por tanques plásticos siempre que se respeten las dimensiones y dispositivos imprescindibles para su buen funcionamiento.

Respecto a los llamados (por firmas comerciales) **biodigestores**, estos cumplen la misma función que las cámaras sépticas; por lo cual requieren ser acompañados de tratamiento secundario a posterior (completando, la fase anaerobia, con una fase aerobia). En caso de decidir usar un equipo de este tipo (biodigestor Rotoplast o similar) suplantando una cámara séptica de dos compartimentos, debe considerarse que **la capacidad de este deberá dimensionarse en función del caudal, siguiendo las especificaciones de dimensionamiento del apartado 5- b) c), en pags. 9 y 10.**

Teniendo en cuenta además que **en ningún caso podrá usarse un 'biodigestor' menor a 1300 l.**

Grasera: dispositivo separador de grasas y aceites que se instala a la salida de la pileta de cocina y en caso de tratarse de una línea de tratamiento exclusivo de aguas grises (**efluentes de la cocina, que pueden juntarse con los de ducha y lavabo**) **actúa como tratamiento primario**, suplantando la C.S. en dicha línea. El tamaño mínimo de la grasera debe ser de 320 l, con un dispositivo tal que el efluente de salida tome el agua residual de la zona inferior y no de la superficie para que la capa de grasa permanezca en la grasera (codo o tabique). Puede utilizarse un tanque plástico. Las graseras típicas son más profundas que anchas (0,60 x 0,60 x 1 m); de construirse una grasera horizontal (altura: 0,6 x 0,5 x 1,20) debe tener tabiques superiores e inferiores.

- Tratamiento secundario aerobio: (*) Para el tratamiento autónomo (de viviendas, comercios, etc.) resultan



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

aptos los métodos de aplicación sub-superficial al terreno, que introducen el agua residual (parcial y previamente tratada mediante cámara séptica), por debajo del suelo (lecho construido o suelo intervenido para tal fin). El **H.F.S.S. (Humedal de Flujo Sub Superficial** conocido también como fitodepuradora) es la opción de mayor rendimiento en cuanto la relación área requerida-depuración obtenida. En predios rurales o semi rurales, donde la disponibilidad de terreno lo permite, el campo filtrante (o lecho nitrificante) aporta una óptima depuración, pero el área requerida dependerá de la porosidad del suelo natural donde este se instale y será en todos los casos entre 4 a 12 veces mayor que la requerida para el HFSS (no debe confundirse este sistema de tratamiento denominado campo filtrante con la llamada 'sangría', que cumple función de infiltración pero no de tratamiento, contaminando suelos y napas). Algunas otras alternativas de tratamiento secundario aeróbico son: lombri-filtro, planta de Biodiscos (Contactador Biológico Rotativo: RBC), planta compacta que incluya fase aerobia por adición de ozono, etc., si bien estos sistemas, al ser usados para tratamientos domiciliarios, puede estimarse que requieran una inversión mayor (en función de la relación costo-rendimiento) que las alternativas de aplicación al terreno (excepto lombrifiltro).

- Tratamiento terciario: Optativo. Se exige cuando se va a reutilizar el efluente de un modo que implique contacto con las personas (riego, lavado de vehículo, etc.). Ver: *Decreto 847/16, Anexo III, Reúso de efluentes líquidos y uso agronómico de efluentes*. Algunas opciones son:

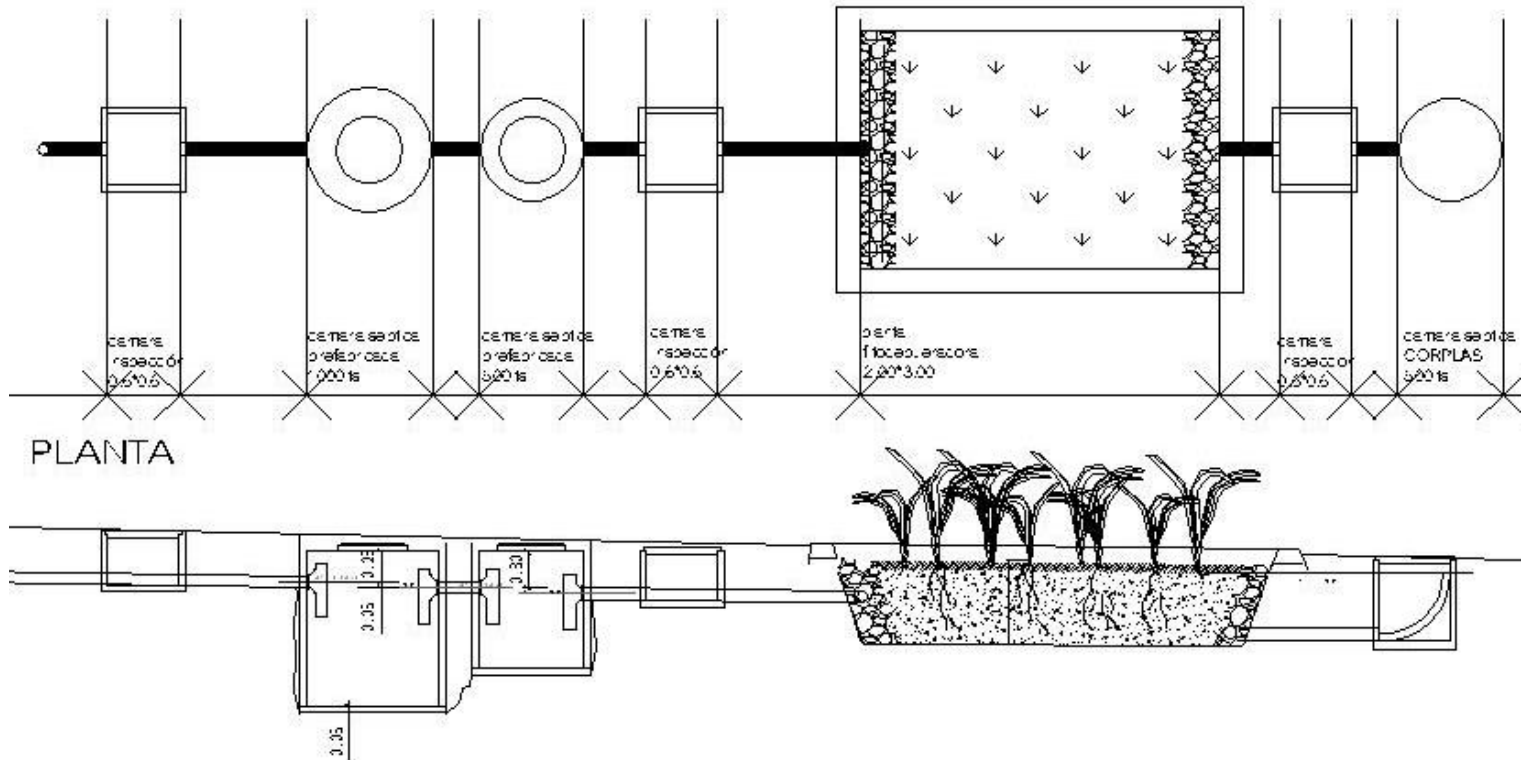
- Cloración
- Radiación
- Aireación

- Cámaras de inspección y de aforo: (*) Antes del ingreso a c.s., entre el tratamiento primario y el secundario y a la salida de este último, deberá contarse con cámaras de inspección, que servirán para desobstrucción y para la toma de muestras (permitiendo el análisis ocasional del efluente a fin de evaluar funcionamiento del sistema).

- Infiltración o vuelco: En caso de que el efluente final no se reutilice (para riego o similar), deberá infiltrarse mediante zanja filtrante, o bien ingresar a pozo negro o a cuerpo de agua receptor (en caso de contar con un cuerpo de agua lindero a la propiedad), en cuyo caso el efluente tratado ya, deberá cumplir rigurosamente con los valores de vuelco establecidos para tal caso en la normativa provincial, lo que se determinará mediante análisis semestrales (ver apartado **9.- PARÁMETROS DE VUELCO: Decreto 847/16**). En todos los casos la infiltración o vuelco final debe ejecutarse a través de una conducción que evite cualquier modo de encharcamiento (o anegamiento de aquellos suelos por donde no discorra un curso de agua permanente)

Ejemplo a escala de una línea de tratamiento de aguas negras mediante c.s. prefabricada (tanques de material plástico) como

LINEA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTE MEDIANTE HFSS



PLANTA

CORTE

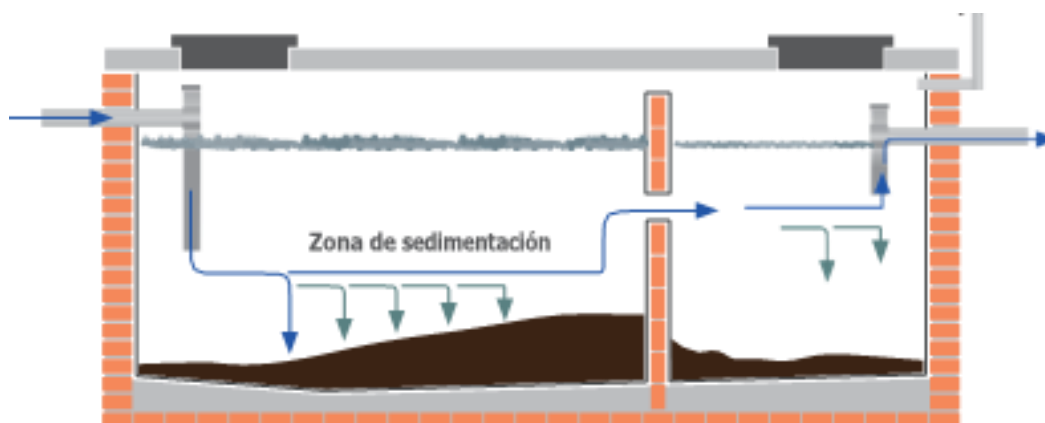
tratamiento primario y HFSS (Humedal de Flujo Sub Superficial) como tratamiento secundario.

5. TRATAMIENTO PRIMARIO ANAEROBIO POR CÁMARA SÉPTICA: Especificaciones, dimensiones y mantenimiento

a) Características Generales

La cámara séptica está diseñada para favorecer la descomposición de la materia orgánica presente en el agua servida, por acción de bacterias anaeróbicas (que viven sin oxígeno). Estas van degradando tanto el sólido como las grasas y la materia orgánica disuelta; convirtiéndola en compuestos volátiles, sustancias orgánicas de menor tamaño, sustancias inorgánicas y lodo. Esto genera un efluente de descarga, que, en el caso de cámaras sépticas bien dimensionadas, logra una depuración con eliminaciones típicas del 60% de los sólidos en suspensión y del 30% de la carga orgánica. Por limitaciones técnicas, una cámara séptica no puede realizar la depuración completa (por ello la importancia de un tratamiento secundario, a posterior).

La C.S. trabaja mejor de forma enterrada y consta de dos o más compartimentos. En el primero se produce la sedimentación, digestión y almacenamiento de sólidos en suspensión. El siguiente compartimento sirve para mejorar la sedimentación (clarificación de las aguas) y reserva de los fangos que rebosen del primer compartimento. Ya sea que la C.S. sea construida de mampostería con la forma prismática tradicional o bien que esté conformada por un mínimo de dos tanques plásticos (cada tanque hace las veces de un compartimento diferenciado, asimilándose a una cámara séptica construida de modo convencional); en el diseño, dimensiones y mantenimiento de la cámara séptica deben cumplirse los siguientes requisitos



b) Características técnicas mínimas a cumplimentar

Capacidad mínima de la cámara: la cámara deberá constar de dos compartimentos como mínimo y para su dimensionamiento se considera una cantidad cuanto menos de 4 personas.

Ejemplo de cálculo de cámara para servir a un baño completo (ducha lavabo bidet e inodoro)

$$80 \text{ l.} \times 4 \text{ personas} = 320 \text{ l.}$$

$$320 \text{ l.} + 640 \text{ l. (TRH)} = 980 \text{ l.}$$

$$980 \text{ l.} + 490 \text{ l. (volumen de aire)} = 1470 \text{ l.}$$

$$1470 + 200 \text{ l. (por fango acumulado en dos años)} = \mathbf{1670 \text{ l.}}$$

- Tiempo de retención: 36 horas mínimo. Periodo de limpieza: 2 a 4 años
- Volumen zona líquida: 2/3 del vol. Total. Volumen del aire: 1/3 del volumen total.
- Cantidad de lodo y espuma acumulada: 55 l/persona/año.
- Ventilación del sistema: por ventilación del artefacto primario (último inodoro).

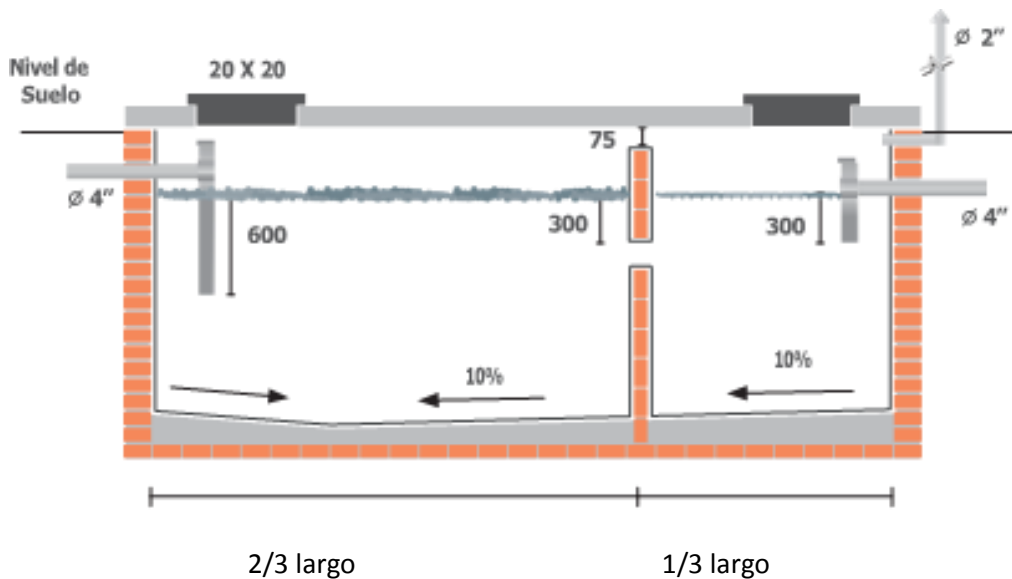


MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

- Cantidad de agua x día por persona (que ingresa al sistema): 75 l/persona/día.
- Todos los afluentes y consumos de la vivienda: 200 l/persona/día.

La relación de volúmenes de los compartimentos será de 2:1 en el caso de dos compartimentos y de 6:3:1 en el caso de 3 compartimentos.



c) Criterios de dimensionamiento en función de caudal a recibir:

Las cámaras sépticas se dimensionan para la cantidad de habitantes máxima de la vivienda. Un tanque séptico debe tener suficiente volumen para garantizar el tiempo de retención necesario para la sedimentación de la mayor parte de los sólidos suspendidos/sedimentables, así como reservar el volumen necesario para el almacenamiento y digestión de lodos (parte inferior) y para el almacenamiento de gases y costra flotante (parte superior).

La capacidad mínima de una c.s. para aguas negras y grises debe alcanzar 1600 l. (ver cálculo ítem anterior) En el caso de que el número de ocupantes (habitantes equivalentes) en la vivienda o emprendimiento, supere o pueda superar a 4; se le sumarán 250 l. de capacidad útil, por cada habitante equivalente extra, a la dimensión mínima de la cámara especificada en el punto anterior, considerándose este criterio hasta los diez ocupantes. A más de 10 ocupantes

Podrán adicionarse 200 l de capacidad útil de la cámara por cada habitante equivalente extra.

Para una vivienda de 4 personas donde se han separado las aguas negras de las grises: Exclusivamente en aquellos casos donde se traten aguas negras (solo inodoro y bidet) separadas de las grises (ducha, lavabo, bacha de cocina); podrá considerarse el uso de una Cámara Séptica con capacidad de 1000 l., que sirva únicamente al efluente de inodoro-bidet.



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

Tabla 1. Dimensiones de las cámaras sépticas por número de habitantes

Tipo de Cámara Séptica	Nº habitantes P (hab)	Volumen total requerido Vt (litros)	Profundidad total desde el ras de suelo H (m)	Ancho total A (m)	Largo total (m)	Altura Linterior h (m)	Ancho interior a (m)	Largo interior l (m)
T - 1	1 - 4	1.600	1,65	1,10	2,00	1,50	0,90	1,80
T - 2	5 - 10	3.200	1,65	1,40	2,60	1,50	1,20	2,40
T - 3	11 - 15	4.800	1,65	1,70	3,20	1,50	1,50	3,00
T - 4	16 - 20	6.400	1,65	1,90	3,60	1,50	1,70	3,40
T - 5	21 - 25	8.000	1,65	2,10	4,00	1,50	1,90	3,80
T - 6	26 - 30	9.600	1,65	2,30	4,40	1,50	2,10	4,20

En caso de ocuparse un tanque de los comercialmente llamados biodigestores, deberá también cumplirse una capacidad mínima del mismo: de 1 a 4 personas

Para escuelas diurnas y otras instituciones, así como para servicios o emprendimientos recreativos se tomará un número de habitantes equivalentes dado por el cálculo de $1/5$ a $1/6$ del número total de alumnos-docentes (o del número de ocupantes) previsto en la capacidad máxima calculada para las instalaciones.

Para los comedores se calcularán los habitantes equivalentes multiplicando la capacidad máxima de ocupantes calculada para las instalaciones por 0,4. Además de instalarse antes de la cámara séptica una cámara previa, interceptora de grasas (por la cual no pasarán los efluentes provenientes de los sanitarios -baños- del establecimiento, en caso de trabajarse con una línea única de tratamiento que integre aguas grises y negras), la misma contará con una capacidad mínima de retención de los líquidos residuales, de aproximadamente 6 horas.

El volumen máximo establecido para tratar las aguas servidas en cada cámara séptica es de 5 m³. A volúmenes mayores adicionar otra cámara en paralelo.

Respecto a los llamados (por firmas comerciales) **biodigestores**, estos cumplen la misma función que las cámaras sépticas; por lo cual igualmente requieren ser acompañados del tratamiento secundario a posterior (completando la fase aerobia). En caso de decidir usar un equipo de este tipo (biodigestor Rotoplast o similar) en lugar de una cámara séptica de dos compartimentos, debe considerarse que **la capacidad de este deberá dimensionarse en función del caudal, siguiendo las especificaciones de dimensionamiento del apartado 5- b) c), en pags. 9 y 10.**

Teniendo en cuenta además que **en ningún caso podrá usarse un 'biodigestor' menor a 1300 l.**



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

d) **Tiempo mínimo de retención hidráulica:** En todos los casos debe asegurarse un tiempo de retención de los líquidos dentro de la cámara (para el máximo caudal previsto) de 36 hs. mínimo una vez descontada la máxima acumulación de fangos (estimándose una generación de lodos de 55 l. por habitante equivalente / año).

e) **Proporciones, medidas y accesorios para el buen funcionamiento de la cámara:**

- La profundidad de ubicación de la cámara respecto a la descarga más baja (generalmente Inodoro) será de 0,30 m. mínimo.

- La altura de la cámara séptica con respecto al tratamiento secundario se determinará mediante una pendiente de 1 %.

- La profundidad útil de la cámara respetará una distancia mínima desde el nivel del caño de salida al fondo de la cámara de 1,10 m. mínimo y 2 m. máximo.

- Además, para definir la altura o profundidad total de la cámara, se considerará un espacio libre encima del pelo de líquido o nivel de salida de 0.30 m. mínimo para la formación de la costra de grasa y retención de gases.

- La distancia horizontal entre el caño de entrada y el caño de salida será de 1,20 m. mín.

- La entrada del afluente a la cámara deberá estar sumergida en el líquido entre 0.30 a 0.45 m. mediante un codo de 90 ° o un caño "T" con un extremo sumergido y el opuesto sobresaliendo 0.15 m. mínimo por encima del pelo de líquido.

- La salida del efluente se realizará mediante un conducto de salida que debe estar sumergido entre 5 a 8 cm por debajo de la profundidad sumergida del conducto de entrada.

- La salida se realizará necesariamente mediante un ramal recto conectado a una "T" para retener las grasas. El extremo sumergido de la "T" deberá tener un filtro, o directamente estar tapado y poseer suficientes ranuras de unos 3 mm. a ambos lados del caño. El extremo opuesto a la punta sumergida de la "T" deberá sobresalir 0,15 m. por encima del pelo de líquido para facilitar la salida de los gases sumergidos.

- El exceso de gases deberá tener salida efectuándose una ventilación a suficiente altura de venteo para evitar olores indeseables.

- La tapa cubierta de la cámara deberá tener bocas de acceso a ajuste hermético en cada compartimento para efectuar la limpieza y las reparaciones.

- La cámara deberá ser construida con paredes impermeabilizadas y con una modalidad de construcción tal que se prevenga toda posibilidad de filtración exterior, sea por razones de permeabilidad en los materiales como por fisuras incidentales en los mismos.



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

f) Distancias mínimas de seguridad desde la ubicación de la c.s. en el predio

- Distancia mínima de la cámara a cualquier edificación (propia o ajena): 2,5 m.
- Distancia de la cámara a pozo de abastecimiento de agua: 15 m. mínimos
- Distancia de la cámara a curso de agua superficial: 15 m. mín.
- Distancia de la cámara a líneas de agua (pluvial, cañería agua potable, acequia, etc.): 3 m. mín.
- Distancia de la cámara a línea vecino (límite terreno): 1,5 m.

g) **Medidas de manejo y mantenimiento:** El lodo acumulado en el fondo de las cámaras sépticas debe ser retirado cada dos años. La inspección rutinaria de las cámaras deber ser realizada entre una vez al año como mínimo, debiendo contemplar:

- Revisión de la hermeticidad de la cámara
- Revisión del ingreso de sustancias tóxicas y contaminantes a la cámara
- Revisión de obstrucciones en las conducciones que conectan la cámara con el tratamiento secundario
- Revisión de la cantidad de lodo y espuma acumulados

Las aguas de lluvia de patios en ningún caso deben ser evacuadas a la cámara.

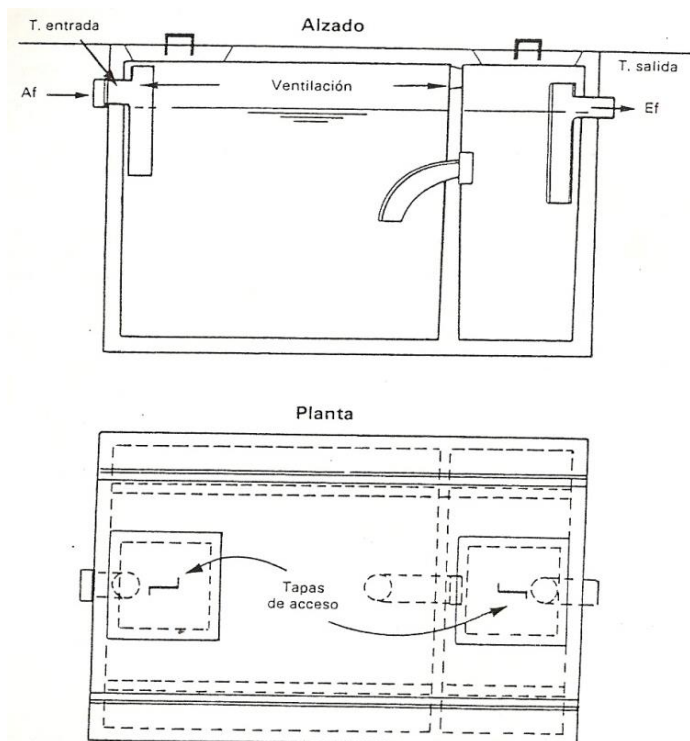
En viviendas o complejos turísticos para las aguas de lavado (lavarropas, etc.) es apropiado tener una derivación opcional, que las desvíe del sistema de tratamiento primario y secundario previsto para las aguas negras; de forma tal de poder usarse las mismas para riego del predio (pero en ningún caso esta agua deben producir encharcamientos o derivarse a predios linderos o caminos públicos). Este manejo diferenciado de las aguas de lavado aportaría a los tratamientos primarios y secundarios un rendimiento mucho mayor, frente al cual los tratamientos secundarios de aplicación al terreno no presentarán inconvenientes de ningún tipo (olores, deficiencia en la depuración o encharcamiento superficial por obstrucción o colmatación de la porosidad del sustrato, etc.).

Debe evitarse el arrojado de productos químicos que puedan perjudicar el normal funcionamiento microbiológico del sistema (Ej.: Cloro, desinfectantes, agroquímicos, insecticidas, etc.), así como el arrojado de papel.



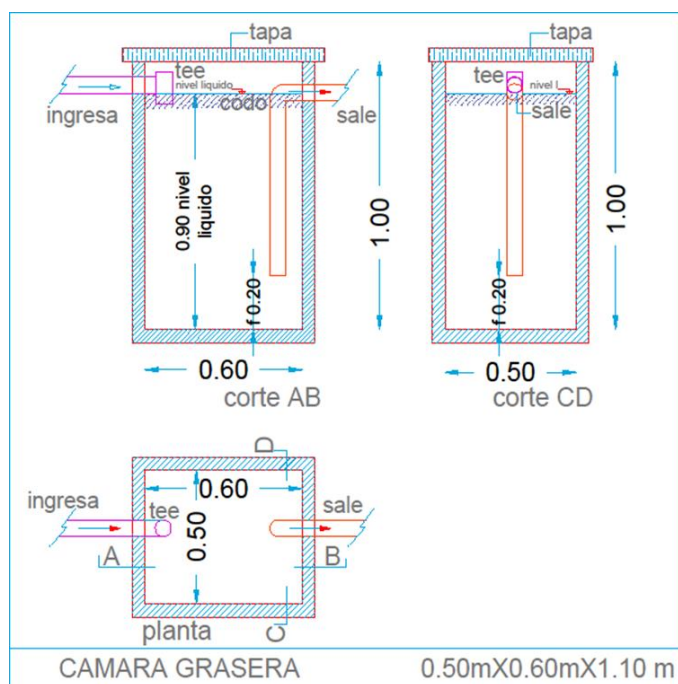
MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina



ESQUEMA DE CÁMARA SÉPTICA DE DOS COMPARTIMENTOS. Collado Lara 'Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades'

Fig 10. Fosa séptica de dos compartimientos (14. EPA 1980).



ESQUEMA DE GRASERA, NECESARIA PARA AQUELLOS CASOS DONDE SE HA SEPARADO AGUAS NEGRAS DE GRISAS (en línea de tratamiento exclusivo de aguas grises suplanta a la cámara séptica)



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

6 GENERALIDADES DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO AEROBIO MEDIANTE SISTEMAS DE APLICACIÓN SUB SUPERFICIAL AL TERRENO

El grupo de los llamados *sistemas naturales o de eco saneamiento*, también conocidos, en términos generales, como *bio-filtros o tratamientos de aplicación al terreno* son aquellos que logran la eliminación de las sustancias contaminantes de aguas residuales mediante procesos de depuración que se desarrollan sobre el propio suelo (o sustrato construido a semejanza de un específico suelo), sin requerimiento de energía externa ni aditivos químicos.

En este tipo de tratamientos son fundamentales las interacciones entre el agua intersticial (que se aloja en poros formados entre medio de los gránulos de arena, gravilla, etc.) y la bio-película que crece adherida sobre el sustrato sólido (formado por dichos gránulos del suelo).

Dentro de estos sistemas encontramos los humedales artificiales o construidos y también los campos o terrenos filtrantes.

6) TRATAMIENTO SECUNDARIO AEROBIO, OPCIÓN 1: HUMEDAL CONSTRUIDO DE FLUJO SUB-SUPERFICIAL (también conocido como sistema por fito depuración).

a) Función y Características Generales

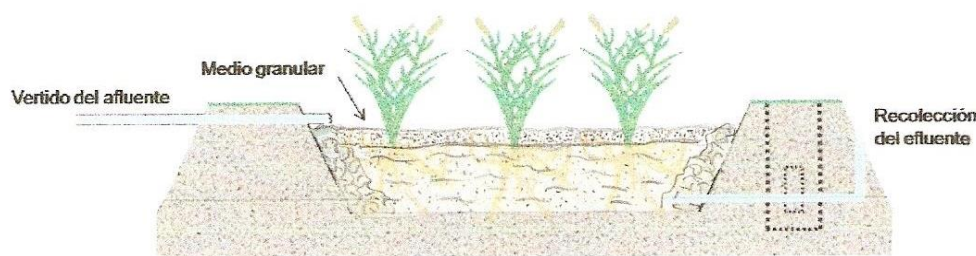
Los humedales artificiales son sistemas de depuración constituidos por lechos poco profundos, plantados con vegetales propios de zonas húmedas. En los casos de **Humedales de Flujo Sub Superficial (HFSS)** el líquido residual se desplaza por debajo de la superficie de un sustrato poroso, con el que se rellena el lecho artificial en el cual se desarrolla el sistema. Circulando a través de dicho medio granular en contacto con las raíces y rizomas de las plantas, las que aportan oxígeno a la biopelícula (comunidad de microorganismos depuradores) que se desarrolla sobre la superficie del medio granular. En los HFSS el agua entra por uno de los extremos del lecho, y se reparte atravesando la zona de grava, sembrada con los vegetales palustres. En el otro extremo, el agua es recogida en el fondo. El nivel máximo se regula de manera que no aflore la lámina de agua y se mantenga unos pocos centímetros debajo de la grava o sustrato elegido; **haciendo visitable el humedal e impidiendo la proliferación de moscas y mosquitos.**

Los mencionados sistemas se fundamentan en tres principios básicos:

- La actividad bio-química de microorganismos que viven adheridos al sustrato granular del lecho (bio-película).
- El aporte de oxígeno al lecho a través de las raíces de los vegetales.
- El apoyo físico de un lecho que sirve como soporte de los vegetales macrófito-depuradores, además de servir como material filtrante.

Los HFSS están compuestos por los siguientes elementos:

- Estructuras de entrada del afluente.
- Impermeabilización del fondo y laterales, con láminas sintéticas o arcilla compactada este último sistema es válido en tierras arcillosas e impermeables, pero en tierras arenosas, muy filtrantes e irregulares no asegura la retención y el tratamiento del líquido. Siendo necesario una impermeabilización con láminas sintéticas.
- Medio granular.
- Vegetación emergente típica de zonas húmedas (se recomiendan especies testeadas en la práctica y en estudios académicos por su excelente servicio: ver siguiente apartado).
- Estructuras de salida regulables para controlar el nivel del agua.
-



Estos sistemas, han demostrado tener una eficiencia alta en la depuración de aguas cloacales de complejos residenciales, pueblos y ciudades, en distintas regiones del mundo. **Un aspecto importante derivado de la aplicación de estos sistemas es el re-uso del agua depurada, para riego u otro uso equivalente.**

a) Especificaciones técnicas para el óptimo diseño de HFSS

Área requerida por habitante equivalente

Se requiere, para el diseño de los FSS, un área por habitante equivalente nunca menor al siguiente rango: entre 1 a 4 m²/hab.

El área requerida por persona, varía en función de la profundidad de la celda de FSS. Como referencia para el dimensionamiento se considera que **para un HFSS de 0,65 m de profundidad** del líquido (la recomendada para viviendas) se requiere la siguiente superficie:

- **1 M² DE SUPERFICIE POR PERSONA EN EL CASO DE TRATAR SOLO AGUAS NEGRAS.**
- **1,5 M² SI SE TRATA TODO EL BAÑO.**
- **3 M² POR PERSONA SI VA EL AGUA DE TODA LA CASA.**
- **1 A 1,25 M² POR PERSONA PARA TRATAR SOLO AGUAS GRISES**



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

Se recomienda como dimensión mínima del HFSS 4 m² (de 1 a 4 personas). Se considera que para que haya un buen desempeño del HFSS, debería tener al menos 2 m por 3 m.

Para el caso del diseño de un HFSS de proporciones grandes (barrio o comunidad), se recomienda dimensionarlo usando la ecuación propuesta al final de este apartado. La misma permite definir el área requerida en función de características del efluente a tratar (caudal y DBO₅ con que ingresará el afluente: o sea DBO₅ con que saldrán las aguas residuales de la cámara séptica). Siempre considerando que, a menor profundidad mayor transmisión de oxígeno al medio desde las raíces, y por tanto mayor reducción de Nitrógeno (aunque la menor profundidad de lámina de agua implica una mayor superficie para alcanzar un mismo valor en la depuración de la DBO₅). El margen de profundidad del sustrato de un HFSS es de 0,35 a 0,70 m.

Tiempo de retención Hidráulica (TRH)

Se establece un TRH mínimo de entre 2 a 4 días. Según los siguientes valores recomendados:

Tabla 2: Valores recomendados para diseño de los HFSS. Fuente: Tchobanoglous, 2000

PARÁMETRO	VALOR
Tiempo de detención (d)	2 – 4
Carga superficial DBO (Kg/ha-d)	< 112
Carga de SST (Kg/m ² -d)	0.04
Altura lámina de agua (m)	0.3 - 0.65
Altura del medio	0.40 - 0.80
Radio (L/A)	2:1 - 4:1

Se verifica el TRH medio, según el diseño de un FSS en particular, a partir de la siguiente ecuación:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{\epsilon \times S \times h}{Q}$$

Siendo:

V = el volumen del humedal, en m³

Q = el caudal medio, en m³ / día



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

ε = la porosidad, en tanto por uno

S = la superficie del humedal en m²

h = la profundidad media del humedal, en m.

Altura o Profundidad de la lámina de agua.

Los HFSS pueden construirse con una altura entre 0,30 a 0,65 m. **Se recomienda entre 0,60 y 0,65 m. para los domicilios constituidos por viviendas familiares**, dado que a una profundidad mayor en la lámina de agua se requiere un área superficial menor para alcanzar un mismo valor de depuración. En los FSS de profundidades menores (0,3 a 0,4 m. aproximadamente) se obtienen mayores rendimientos en la eliminación del nitrógeno. Dado que se facilita una rápida y completa penetración de las raíces en el medio granular y por ende una mejor oxigenación del lecho que permite el desarrollo de los procesos de nitrificación.

Altura entre la superficie del medio granular y la superficie del agua residual.

Entre 0,05 a 0,10 m.

Altura o profundidad del medio granular.

Entre 0,35 a 0,70 m. En diseños con la altura mínima (0,35-0,40 m.) pueden alcanzarse muy buenos rendimientos (del 60 %) en la eliminación del nitrógeno pero se requiere más área superficial. **Se recomienda 0,70 m. para los domicilios constituidos por viviendas familiares.**

Tipo de medio granular o sustrato.

El medio granular debe ser limpio, exento de finos, homogéneo, duro y durable. La conductividad hidráulica del material mejora el servicio y esta disminuirá con el paso del tiempo. El medio granular habitual es grava y /o arena gruesa. Una grava rica en hierro o aluminio facilita la reducción del fósforo.

Los materiales graníticos (silicio-magnesio) de 5 a 8 mm. de diámetro ofrecen muy buenos resultados. Por lo cual **se recomienda el uso de arena gruesa o gravosa** (limpia de finos), la cual reúne las mencionadas condiciones; o bien gravas finas de no más de 16 mm de diámetro. También funciona un sustrato de granza en la base del módulo HFSS, con arena gruesa (y limpia) en su parte superior para facilitar la adherencia de las raíces de las plantas al sustrato de mayor granulometría constituido por la granza.

Período de diseño

Los sistemas HFSS se diseñan considerando el uso que se dará a la vivienda o establecimiento en un tiempo no menor a un rango entre 20 a 25 años (García Serrano y Corzo Hernández, cap. 4 y 9; EPA 2020, Tabla 6, y otros). Por tanto se sugiere un período de 25 años para el criterio de diseño; considerando que con un diseño adecuado



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

(siguiendo las especificaciones de este anexo) los indicios de colmatación del sustrato se presentarán hacia la finalización de este período (si se presentan), y que entonces se puede suplantar el sustrato o medio granular sobre el que se asientan las plantas y seguir operando el mismo módulo HFSS.

Vegetación palustre emergente.

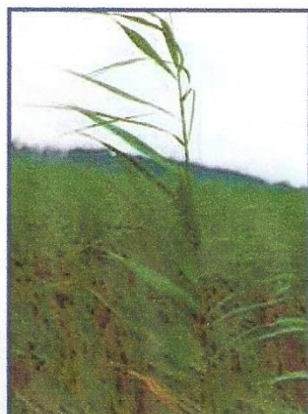
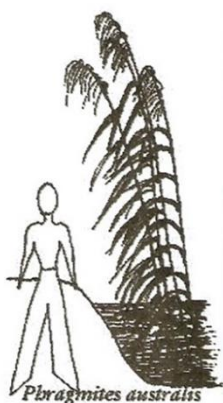
Las macrófitas emergentes típicas de zonas húmedas más utilizadas en los FSS son las siguientes (dado su comprobado y óptimo servicio integral):

- **Carrizos (*Phragmites australis*)**
- **Juncos de Laguna (*Scirpus lacustris*)**
- **Espadañas, eneas o totoras (*Typha latifolia* o *angustifolia*)**
- **Juncos (*Juncos* sp.)**

Para los HFSS (módulos de fitodepuración) que sirvan exclusivamente a aguas grises, la experiencia indica una mayor variedad de especies propicias de utilizar (incluyendo aquellas especies palustres locales apropiadas).

Estas son las especies establecidas por la bibliografía académica, dado su potencial depurador, sumándose los siguientes aportes estratégicos: sus raíces no abren surcos preferenciales en el sustrato (lo que impediría el rendimiento en función de un trabajo completo en toda la superficie y profundidad del humedal). Tienen gran capacidad de transporte de oxígeno hasta el fondo del sustrato, lo que es crucial para la depuración (basada en microorganismos aerobios) y para garantizar la ausencia de olor (las bacterias aerobias no producen olor). Éstas especies no actúan como invasoras, evitando así un impacto negativo en el ambiente.

Por su penetración en grava o arena son usados principalmente carrizos (*Phragmites*), con una penetración entre 0,4 a 0,60 m.; y juncos de laguna (*Scirpus lacustris*), con una penetración entre 0,60 a 0,75 m. Los Carrizos son además muy utilizados en humedales ubicados en áreas agrestes, ya que, dado su bajo valor alimenticio, no se ven atacadas por animales silvestres.



A la izquierda fotos de Phragmites australis y su potencial de máximo crecimiento (las plantas pueden ser podadas para disminuir su porte y quitar follaje seco.

(género gramíneas)



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

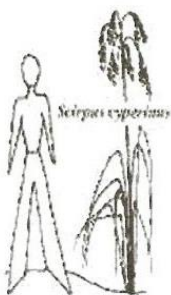


En foto de la izquierda se ve la etapa de plantación con carrizos, en un HFSS para núcleo barrial



Espadañas, eneads o totoras (Typha latifolia o angustifolia)

Abajo: Imágenes de *Scirpus* (género ciperáceas) y su potencial máximo de crecimiento.



Scirpus validus



Scirpus robustus

juncos de laguna (*Scirpus lacustris*), se recomienda por su penetración de raíces en grava: entre 0,60 a 0,75 m.



Al final del anexo pueden verse fotos de módulos HFSS, plantados con esta especie, y con las otras recomendadas (*Phragmites* y *Typha*)



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

Pendiente

Se debe proveer al humedal de un fondo con una inclinación que sea suficiente para permitir un drenaje completo cuando sea necesario.

El gradiente hidráulico o pendiente utilizada más comúnmente, en los HFSS, oscila entre 0,5 a 1 %; siendo este último el valor más común y recomendado. En los HFSS de gran tamaño (para todo un barrio o comunidad) es posible proporcionar al lecho una pendiente entre el 2 al 6 % para facilitar el flujo del agua o en función de las características topográficas del terreno.

Impermeabilización del fondo del lecho

La impermeabilización de la celda FSS debe garantizar la contención de las aguas en el interior de la misma, evitando cualquier infiltración.

En los HFSS de tratamiento autónomo (descentralizado) (viviendas o comercios) se utilizan láminas sintéticas como polietileno de alta densidad, también puede ser caucho o PVC. Láminas de 1 mm. dan buenos resultados. Se recomienda el uso de geomembranas de 400-500 hasta 750 micrones y de silobolsas.

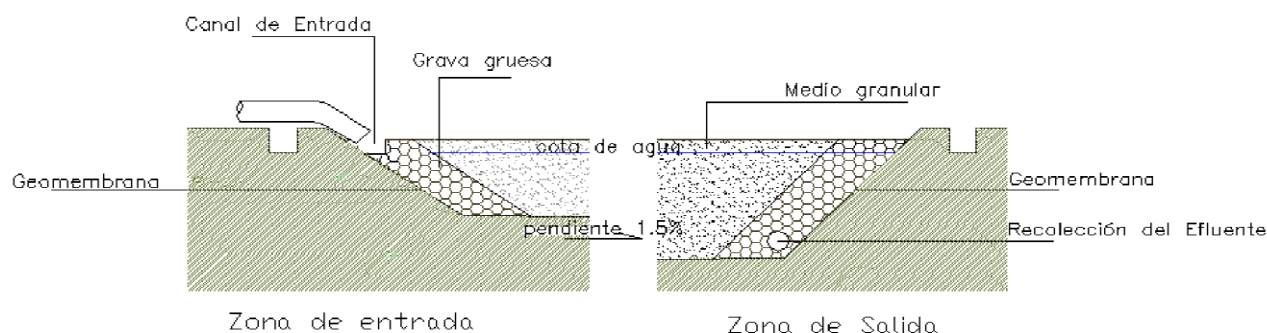
En caso de módulos HFSS de grandes superficies (humedal comunitario) y dependiendo de las condiciones del terreno, puede ser suficiente realizar aportación de arcilla común o bentonita, más una adecuada compactación. Alternativamente puede usarse suelo cemento o asfalto. Para anclar las láminas sintéticas en grandes HFSS (de todo un barrio, por ejemplo) se realiza una zanja periférica, consistente en una excavación (a una distancia entre 0,3 a 1 m. de la cresta del talud), en la cual se fija la lámina mediante el relleno de la propia zanja. En un humedal de gran superficie (Conjunto de barrios, por ejemplo) y dependiendo tipo de suelo, puede ser necesario proteger exteriormente la lámina con un geo-textil, para distribución de cargas del medio filtrante. En un humedal comunitario, cuyo medio granular tenga más de 5 mm. de diámetro y posea aristas, puede ser necesario proteger interiormente con otro geotextil. Se puede asegurar la estabilidad de la zanja de anclaje con piedras de conveniente tamaño.

Distribución y recogida del caudal

El agua ingresa a través de la zona de entrada, circula por el humedal y se evacua por la zona de salida. **La zona de entrada está constituida por dos elementos:** un sistema de vertido (pueden ser una tubería con codos o perforaciones, que se extienda a lo ancho de toda la celda para mayor distribución del flujo) y una franja de material granular de gran tamaño. Estas piedras o material granular de mayor tamaño cumplen la función de evitar que el material granular de menor tamaño que ocupa el resto de la celda, tape las perforaciones de la tubería, al mismo tiempo que favorecen la más rápida distribución del flujo. Siendo el objetivo que el agua se reparta uniformemente en la cabecera de cada celda. Esta franja de material granular (compuesta de piedra de unos 100 mm a 300mm de

diámetro (que está nivelada con el resto del medio granular y tiene alta conductividad hidráulica), no se planta; debe mantenerse libre de vegetación para evitar posibles colmataciones.

La zona de salida está constituida también por dos elementos: una franja de material granular de gran tamaño situada en el tramo final de la celda y un sistema de recogida. Esta franja tiene las mismas características que la franja que hay en la zona de entrada.

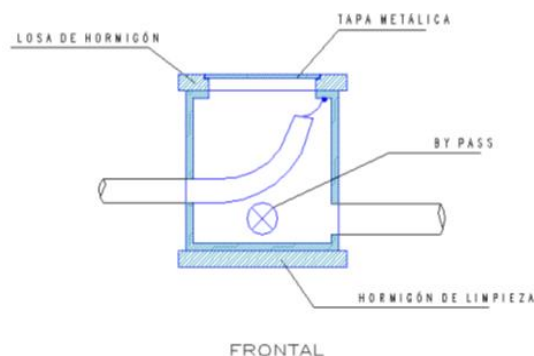


Verificar zona de salida, levemente más baja de la zona de entrada.

Es fundamental garantizar una buena distribución y recogida del agua residual. Principalmente en los HFSS de importantes dimensiones (sistemas comunitarios o barriales).

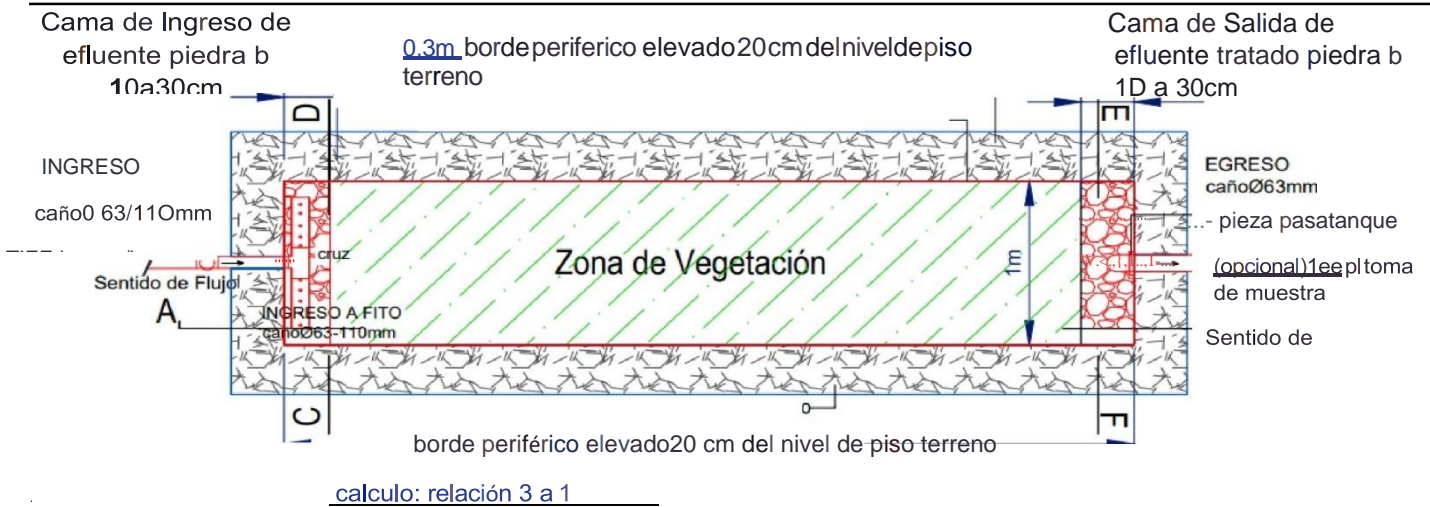
En estos casos, si el caudal no se reparte equitativamente en todo el ancho del sistema, se generarán zonas muertas, circuitos preferentes y mayor riesgo de colmatación en la zona donde se vierta o circule mayoritariamente el agua.

El sistema de recogida consta de una tubería de drenaje y una arqueta de salida. La tubería de drenaje va colocada en forma transversal a la dirección del flujo y ubicada sobre el fondo del lecho en el tramo final de la celda (como muestra la figura a continuación). Dicha tubería está perforada para permitir el paso del agua pero no del árido de gran tamaño (puede ser ranurada o perforada, con agujeros de 5 a 10 mm). La tubería de recogida, extendida a lo ancho de toda la celda y rellena de material rocoso, **se coloca ligeramente por debajo del fondo de la celda del humedal, para garantizar un drenaje completo**. Esta tubería va conectada a un tubo que atraviesa el talud hasta llegar a una arqueta donde la conducción termina en forma de "L" invertida; la altura a la que se coloque el extremo superior de esta conducción permite controlar el nivel de agua dentro de la celda.



Una alternativa para la zona de drenaje es colocar codos, los que a través de un caño que llegue a los 20 cm. del fondo, permitan evacuar el agua (suplantando a la cañería perforada que se describe arriba)

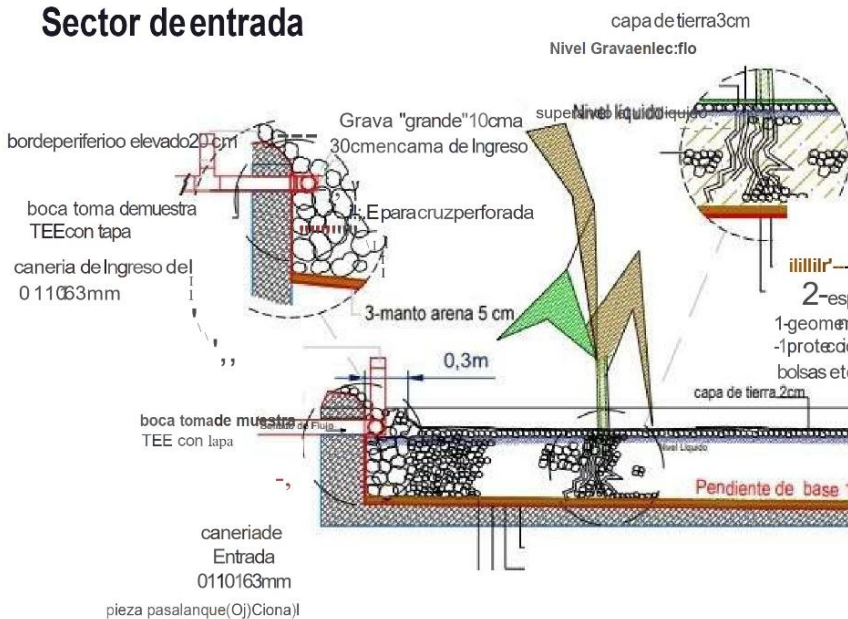
MÓDULO DE FITO DEPURACIÓN vista superior



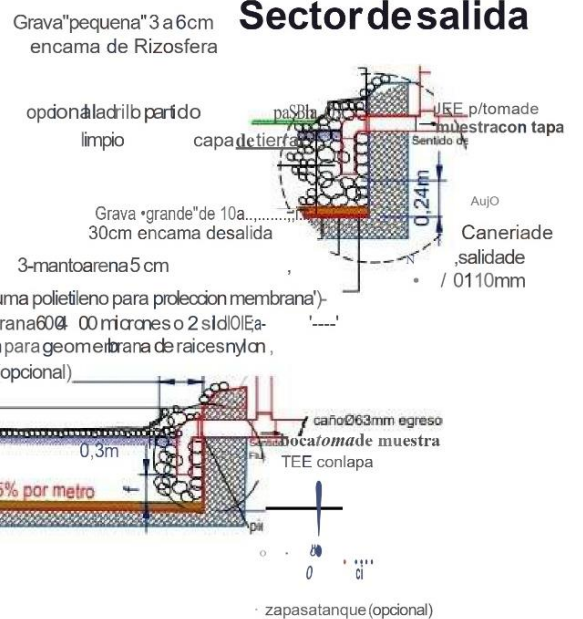
PLANTA FITODEPURADORA

AGUAS GRISES-AGUAS NEGRAS o GRISES Y NEGRAS JUNTAS Relleno

Sector de entrada



Sector de salida



CORTE A-B

- 1-nylon de descarteparaprotecciondegeomembrana
- 2- geomembrana 600micrones/sibolsa
- 3- mantodeespuma polietileno proteccion geomembrana (opcional)
- 4- manto arena 5 cm proteccion geomembrana



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

Modalidad y consideraciones de plantado

La plantación es la última etapa en la construcción del sistema. Cuando se realiza la plantación las celdas deben tener agua. Las plántulas cultivadas en viveros dan muy buenos resultados. También funciona la plantación de rizomas que se obtienen de humedales construidos o naturales.

- Las plantas se insertan en pequeños agujeros operados manualmente en el medio granular, que luego se tapan.
- Una parte de la biomasa subterránea de la planta debe estar sumergida en el agua.
- La plantación se puede efectuar al tresbolillo con una densidad de 4 a 5 plantas por m² en el caso de los Carrizos (*Phragmites*), o de 5 a 8 plantas en el caso de las ciperáceas (*Scirpus*). Con estas densidades puede lograrse un excelente cubrimiento en alrededor de un año.
- De utilizarse rizomas, los mismos deben tener como mínimo 3 entrenudos. Los entrenudos también se insertan en pequeños agujeros de manera que un extremo debe estar sumergido en el agua y el otro sobresale por encima del nivel del medio granular.
- Durante la plantación debe prevenirse la inclusión accidental de malas hierbas. Debe controlarse, durante dos primeros meses principalmente, el desarrollo de malas hierbas así como el ataque de los brotes por parte de roedores de la fauna local.
- Es necesario vigilar la luz (necesitan un buen grado de insolación).
- Si luego de un año la vegetación no llega a consolidar, se debe proceder a su reposición.
- Puede ser necesario 1 año para que vegetación y microorganismos del sustrato alcancen desarrollo óptimo. Puede llegar a ser necesario dos años en HFSS de gran tamaño. Vale aclarar que el sustrato granulométrico colabora con la depuración (siendo su principal responsable), y que las plantas son de rápido crecimiento, sobre todo en primavera verano, por lo que en la experiencia muestra que suele alcanzarse más rápido el funcionamiento eficiente del sistema.

Selección del lugar

- A la hora de construir el FSS se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:
- Orientación geográfica que garantice buena cantidad de luz natural por día.
- Evitar la existencia de raíces de árboles que puedan perforar el canal.
- Integración estética del FSS al entorno.
- Permeabilidad y granulometría del suelo (necesario solo cuando sean grandes humedales, de tipo comunitario), para definir el tipo de impermeabilización a realizar en el fondo del canal y siempre necesario



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

para definir el destino de disposición final del efluente de salida de la FSS, es decir **la capacidad de absorción del suelo**, definirá la disposición final adecuada, en 1 o más puntos de infiltración para aguas negras).

- Pendientes naturales del terreno para realizar el menor movimiento de tierra posible.
- Los FSS deben situarse alejados de zonas con bastante pendiente o taludes susceptibles de ser erosionados, puesto que si los materiales son arrastrados y entran en los humedales pueden acelerar el proceso de colmatación. (realizar bordes de 20cm de alto para evitar el ingreso de agua de lluvia de esorrentías).

Mantenimiento y controles requeridos

Cuando los vegetales han alcanzado buen desarrollo, **el nivel se sitúa 5 cm. por debajo de la superficie del medio granular** (siendo este el nivel con el que se opera habitualmente. Esto se logra con el nivel del punto de salida por debajo del punto de entrada. Otra posibilidad de regulación ocasional (para reparaciones en el sustrato, etc.) es mediante una cámara de inspección (y de toma de muestras) ubicada al final del sistema, donde llega el efluente a una manguera o caño flexible, sencillo de bajar y/o subir, regulando así el nivel en el módulo de fitodepuración, según sea necesario circunstancialmente (ver esquema pág. 21).

Es muy importante que los tratamientos previos (primarios) funcionen correctamente de forma continuada, ya que en caso contrario se acelerará el proceso de colmatación. Revisar trimestral o semestralmente los procesos. Esta revisión incluirá un control del nivel de inundación del humedal. **No debe permitirse que las raíces de las plantas se queden sin agua.**

Se recomiendan siegas (cortar la parte seca de las plantas) cuando empiecen a secarse las partes aéreas de las plantas, sobre todo en humedales de gran tamaño. **Eliminando material vegetal que se descompone en la superficie del medio granular y acelera el proceso de colmatación.** También contribuye a la eliminación de nutrientes. El material retirado se puede compostar.

Con el paso del tiempo, en el caso de que la colmatación del medio granular aparezca muy severa, con extensas zonas encharcadas y reduciéndose la eficiencia, se debe proceder a la sustitución del medio. En sistemas bien diseñados, la colmatación, si aparece, lo hace hacia el final de la vida útil de la instalación. No obstante, una excesiva carga contaminante, junto con una gran acumulación de restos vegetales puede reducir notablemente los espacios intersticiales y obturar el medio granular antes de lo previsto. Por lo cual es fundamental un buen diseño y mantenimiento, sobre todo en HFSS de gran tamaño. Se resumen medidas fundamentales, el nivel de detalle del control dependerá del tamaño y complejidad del sistema a verificar:

- a) Debe verificarse que en el FSS no se esté desarrollando flujo en la superficie.
- b) Se requiere una mínima cantidad de agua para que los FSS sobrevivan, pero no soportan estar completamente secos.
- c) Los humedales deben verificarse después de subidas importantes de caudal.



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

- d) Cualquier daño, corrosión u obstrucción, debe corregirse lo más pronto posible para prevenir fallos y reparaciones posteriores más costosas.
 - e) Deben quitarse especies invasoras o agresivas
 - f) Los sistemas ligeramente cargados y que han estado bien operados solo necesitaran ser verificados una vez al mes y después de cada tormenta importante
 - g) Los sedimentos, la capa de residuos superficial (de la vegetación u otros) deben verificarse de vez en cuando.
 - h) En los HFFSS de importantes dimensiones deben inspeccionarse vertederos y estructuras de control de agua de forma regular.
 - i) **PARA GRANDES HUMEDALES:** Es importante captar señales de enfermedad en las plantas (considerando que a menudo los cambios vegetativos son lentos y no obvios a corto plazo, por los que es propicio, registrar los cambios que se presenten
- En un humedal de importantes dimensiones (módulo HFSS no domiciliario sino comunitario y que no se encuentre ubicado lindero a las viviendas sino más retirado, dada su escala mayor) es factible permitir después de la plantación, que el nivel de agua aflore en la superficie (unos 2 cm.) para evitar el crecimiento de malas hierbas, durante uno o dos meses. Se pueden intercalar períodos de encharcamiento y otros de nivel normal.
- j) **Deben elevarse y protegerse los bordes de la HFFSS para que no ingresen escorrentías del agua de lluvia**

Dimensionamiento Biológico

Se propone la siguiente ecuación para el dimensionamiento biológico de grandes humedales de flujo sub superficial (la cual sirve para dimensionar el sistema en función de qué contaminantes del agua residual se pretendan depurar prioritariamente). Se establece que los HFSS para el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias de la localidad de Salsipuedes, deberán dimensionarse para la eliminación de la DBO₅. Ya que entonces se eliminará también la materia en suspensión en forma suficiente (y se reducirá el nitrógeno entre un 30 a 60 %, según la profundidad que se dé a la lámina de agua).

Para el dimensionamiento biológico se propone la siguiente ecuación:¹

$$A_s = \frac{Q I_n (C_a/C_e)}{K_t \text{ y } n}$$

K_t y n

Donde

A_s : Área superficial del humedal, en m²

Q : Caudal medio a través del humedal, m³/d

C_a : Concentración del contaminante (DBO₅) en el afluente, mg/l

¹ Modelo de Shermood Reed. Citado por Borrero y Salgot, Universidad Politécnica de Cataluña, 1999. Pág. 46



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

C_e : Concentración del contaminante (DBO5) en el efluente, mg/l

K_t : Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura, d^{-1} Su valor para 20 °C (la temperatura promedio a tomar habitualmente para esta latitud) es $K_{20} = 1,104d^{-1}$ Por tanto: $K_{20} = \text{entre } 0,805 \text{ a } 0,905$

y : Profundidad de la celda del humedal, m.

n : Porosidad, o espacio disponible para el flujo del agua a través del humedal

Tabla 2: Órdenes de magnitud de la porosidad y de conductividad hidráulica, según el tipo de material granular utilizado como sustrato en un humedal construido de flujo sub superficial

Tipo de sustrato	Tamaño efectivo D_{10} (mm)	Porosidad (%)	Conductividad hidráulica K_s ($m^3/m^2 \cdot d$)
Arenas graduadas	2	28-32	100-1000
Arenas gravosas	8	30-35	500-5000
Gravas finas	16	35-38	1000-10 000
Gravas medianas	32	36-40	10 000-50 000
Rocas pequeñas	128	38-45	50 000-250 000

Relaciones largo ancho de 1:1 hasta 3:1 o 4:1 son aceptables

Se debe verificar que la relación largo: ancho se ajuste a estos valores (una relación largo-ancho menor o igual a 3:1 suele ser la mejor selección). En caso de que no se cumpla esta condición, se debe dividir la superficie total en diferentes celdas que funcionarán en paralelo, que sí cumplan este criterio.

8 - TRATAMIENTO SECUNDARIO AEROBIO, OPCIÓN 2: TERRENO O CAMPO DE INFILTRACIÓN (para ubicaciones donde se disponga de terreno suficiente: entre 7 a 18 m de longitud de zanja filtrante por persona.)

Función y Características Generales

El método de tratamiento llamado "campo de Infiltración" constituye también un posible tratamiento secundario (aerobio) de aplicación al terreno. Viable de ser aplicado, en lugar de un humedal de flujo subsuperficial, para aquellos casos en los cuales las características del suelo y las dimensiones del terreno disponible lo permitan.

En esta modalidad de tratamiento, el agua residual que sale de la cámara séptica pasa y se distribuye por el terreno de infiltración. Consistente en una red de caños perforados, colocados en zanjas rellenas con material poroso (que puede ser grava, escombros o piedra partida) y tapadas con tierra. El agua pasa a través del material de relleno de las zanjas, donde colonias de microorganismos aerobios comienzan a absorber y digerir los contaminantes. Finalmente llega al fondo de las mismas y penetra en el suelo. El cual funciona como un filtro que retiene y elimina partículas muy finas. La flora bacteriana que crece sobre las partículas de tierra, absorbe y se alimenta de las sustancias disueltas en el agua. Después de atravesar 1,20 m. de suelo, el tratamiento de agua residual se ha completado y se incorpora purificada al agua subterránea.



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

La ventaja de este sistema sanitario, a la par de ser de construcción sencilla reside en su automaticidad, pues una vez instalado no necesita mayor atención, consistiendo su mantenimiento en sembrar sobre él césped o plantas de raíces cortas, evitando la plantación de árboles o vegetales de raíces largas.

Características técnicas exigidas: Requisitos básicos para determinar la factibilidad de construcción de un campo de infiltración como tratamiento secundario

A) Profundidad de la napa freática: Debe asegurarse previamente que el fondo de la capa de piedras en la zanja pueda quedar por lo menos a 1,5 0 m. por encima del nivel freático. Para lo cual deberá cavarse un pozo de 2 m. de profundidad mínima y entre 30 y 40 cm. de diámetro (durante un período estacional lluvioso en el que previsiblemente la napa se halle en su altura máxima); y observar el fondo del mismo. Si dicho fondo permanece seco (no aflora agua por el mismo) el terreno podría ser adecuado para este tratamiento secundario de aguas residuales.

B) Área requerida de terreno por habitante equivalente: Dado que el sistema consiste en una red de caños perforados enterrada, y que la longitud de la cañería debe ser calculada según la permeabilidad del terreno y el número de habitantes equivalentes del domicilio; y considerando que cada zanja debe tener 0,6 m. de ancho y una separación entre ramales será de 1,8 m.; se requiere de un área mínima por habitante equivalente (en los terrenos más altamente permeables) de 6,75 a 8 m² / hab. eq. Aprox. y entre 10 a 30 m²/hab. eq. en los terrenos de permeabilidad más baja

C) La permeabilidad del terreno o capacidad de infiltración del agua en el mismo: para determinar correctamente la factibilidad en relación a este aspecto del suelo, de manera correcta, se adjunta un ensayo de infiltración como anexo 3. Para una estimación de prefactibilidad del terreno se presenta la siguiente tabla de cálculo aproximado.

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	LONGITUD DE CAÑERÍA FILTRANTE En m. / hab. eq. (200 l. persona /día aprox.)
Arena gruesa o grava	4,5 m.
Arena fina	6 m.
Arena arcillosa	10 m.
Arcilla con mucha arena y grava	18 m.
Arcilla con poca arena y grava	24 m.
Arcilla compacta	No sirve

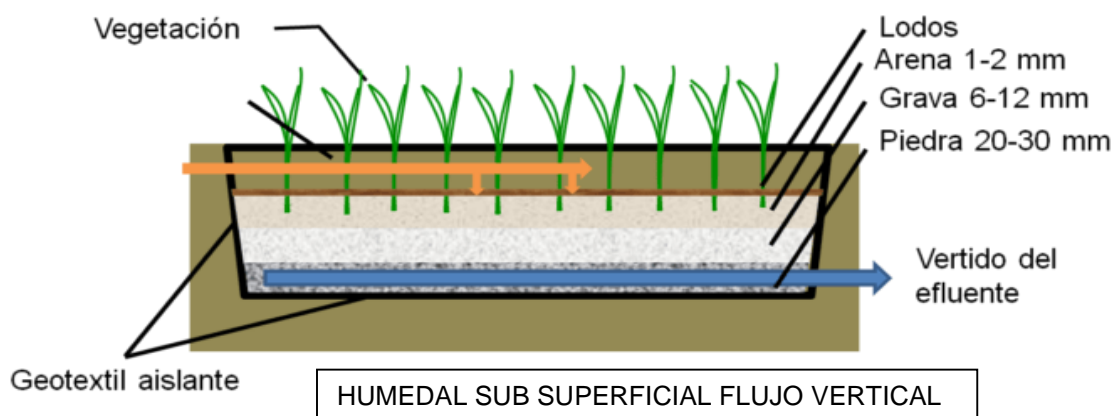
9-OPCION 3 TRATAMIENTO SECUNDARIO: FITODEPURACION FLUJO VERTICAL-(PARA INDUSTRIAS)

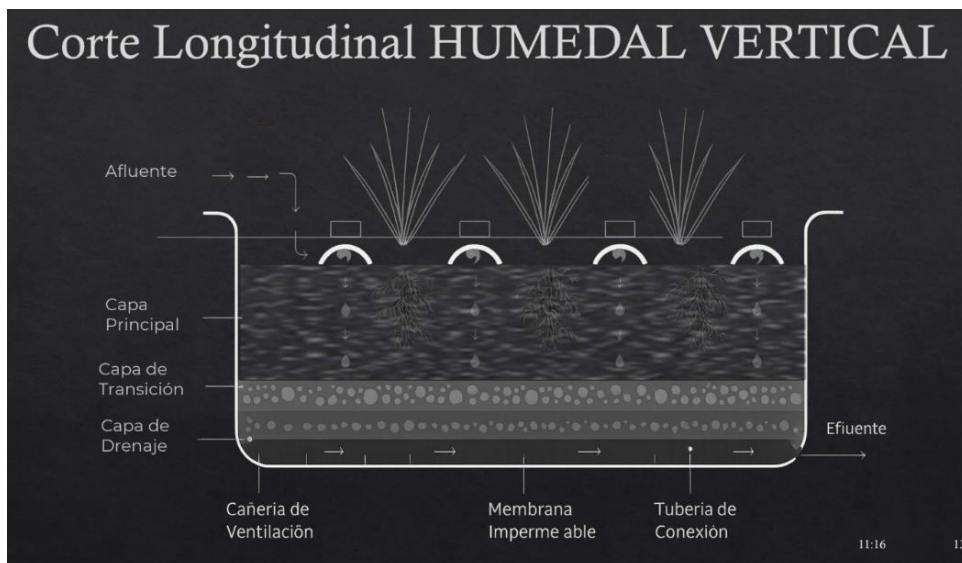
La tecnología de fito depuración mediante flujo subsuperficial vertical, está siendo utilizada en todo el mundo para sistemas de tratamiento que exceden el uso domiciliario: mayor escala. Como por ejemplo complejos de viviendas multifamiliares, comercios de cierta escala e industrias. Estas requieren de menor superficies y son más eficientes en su función.

Si bien no son propicios para patios de viviendas (ni de comercios o establecimientos que no cuenten con un campus tal que permita un retiro suficiente para la ubicación de los sistemas de tratamiento, respecto a las zonas donde circula gente (dado el contacto con el exterior que implica la instancia de vertido del efluente)

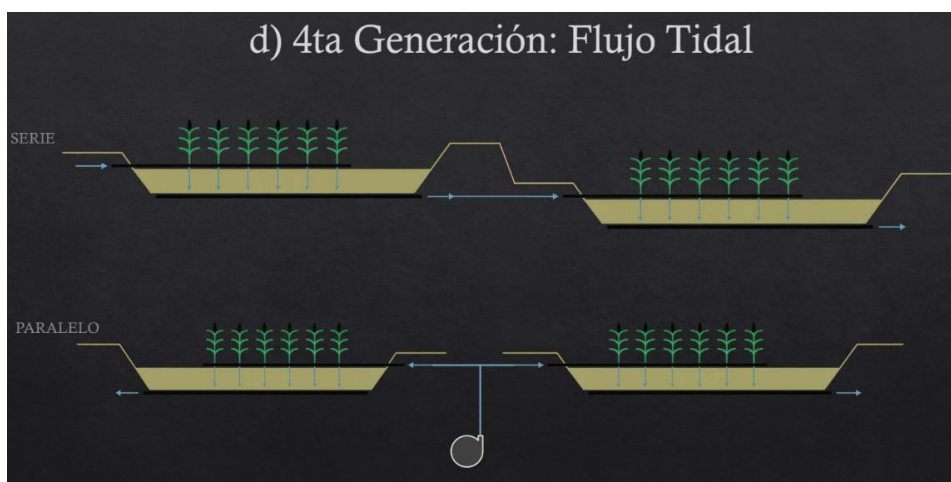
El flujo del líquido es vertical permitiendo mayor oxigenación por lo que colabora con una mayor capacidad de degradación de la materia orgánica, además de aportar una mayor nitrificación y desnitrificación del efluente. Si bien puede desarrollarse con ingeniería meramente mecánica, si los niveles de terreno y la obra lo permite, habitualmente llevan bomba, no siendo de mayor complejidad su aplicación

Esquema general de un HFFSSBV (Humedal Flujo Sub Superficial Vertical)





Gráficos de humedal de flujo vertical y de flujo tidal:
GENTILEZA BIOANTU



10.- METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE MUESTRAS

En forma posterior al tratamiento primario (cámara séptica) se deberá instalar una cámara de inspección (AFORO), y a posterior del módulo de tratamiento secundario, se deberá contar con otra cámara de aforo, de manera que permitan realizar los necesarios muestreos de control del funcionamiento del sistema de tratamiento aplicado. Las muestras serán tomadas según protocolo correspondiente a cada tipo de análisis, desde la cámara de inspección



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

ubicada entre el tratamiento secundario y el cuerpo o modulo receptor del efluente mediante riego sub-superficial (solo efluentes de aguas grises) o infiltración de acuerdo con el cuadro de valores del Aprhi aquí publicado decreto 847-16 (Ver apartado 11- Parámetros de vuelco...)

Para aquellos casos en los cuales la Autoridad de Aplicación haya aprobado la construcción de un campo filtrante o terreno de infiltración, como modalidad de tratamiento secundario; los controles de efluente final previstos en el artículo anterior, se suplantarán por muestreos del agua subterránea (un muestreo previo al inicio de funcionamiento del sistema y posteriores). Tomadas las muestras desde el pozo de captación de agua más cercano, que se halle aguas abajo (a menos de 100 m. y en caso de no haber uno aguas abajo a esa distancia 100 m., se podrá utilizar algún pozo ubicado en cualquier dirección a menos de 30 m.) medido desde cualquiera de los límites ocupados por el terreno filtrante; sea dicho pozo propio o ajeno.

Ante la detección de anomalías en los sistemas de tratamiento evaluados, se procederá a establecer un control-diagnóstico para proponer soluciones orientadas a asegurar un buen funcionamiento. Dado que el objeto del muestreo es determinar el grado de eficiencia o anomalía del sistema, se realizarán muestras compuestas de la entrada y salida del mismo (en forma previa y posterior al tratamiento primario y al tratamiento secundario).

11.- BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

NORMATIVA PROVINCIAL VIGENTE

- Decreto N° 847/16 de la Provincia de Córdoba
- Resolución General APRHI (Administración Provincial de Recursos Hídricos) N°031 del 24 de junio de 2022

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Allen Laura, 2015. Manual de diseño para manejo de aguas grises. Versión 2. Publicado por Greywater Action (<http://www.greywateraction.org>).
- Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. and Trimmer, C. (2021). Saneamiento, gestión de aguas residuales y sostenibilidad: de la disposición de desechos a la recuperación de recursos. 2da edición. Nairobi y Estocolmo: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo.
- Borrero Jaime y Salgot Miguel; 1999. "Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales", Instituto Catalán de Tecnología, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- Castaño, J. M. Paredes, D.; 2001. "Sistemas de humedales construidos pretratamientos básicos". Seminario Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales. Septiembre 3 - 8 de 2001 Armenia - Manizales – Pereira; Colombia.
- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) / OPS (Organización Panamericana de la Salud); 2005. "Especificaciones Técnicas para la Construcción de Tanque Séptico, Tanque Imhoff y Laguna de



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

Estabilización". OMS (Organización Mundial de la Salud), Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, Lima Perú.

- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) / OPS (Organización Panamericana de la Salud); 2003. "Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampas de Grasa". Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Lima, Perú.

- Cáceres-Magnus; 2018. "Guía para la construcción de cámaras sépticas y sistemas de infiltración domiciliarios"

- Collado Lara, Ramón; 1992. "Depuración de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades", Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, España

- Comuna de Potrero de Garay, Resolución 33/2024 "Tratamiento de aguas residuales domiciliarias por eco-saneamiento".

- Durán, C., Haberl, R., Kreiner, I., Krishnan, R., Luna, V.; 1999. "Humedales Artificiales; una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, suburbanas y urbanas que tengan áreas disponibles. Caso de estudio: Humedal de flujo horizontal en viveros de Cayoacán", Ciudad de México, D.F.

E.P.A. (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), 2000. Cartilla informativa sobre: "Tecnología para aguas residuales por humedales de flujo sub superficial"

- Franson, Mary Ann H. 1992. "Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". American Water Works Association, American Public Health Association, Water Pollution Control Federation,

- García Serrano, J. y Corzo Hernández, A.; 2008. "Depuración con Humedales Construidos: guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial". Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental, Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España

- Ghislieri D. et al. 1999. "Sistemas Naturales con plantas acuáticas: Una alternativa ambientalmente adecuada para la depuración de aguas negras". Facultad de Ingeniería – Universidad de la República. Uruguay.

- Gobierno de la Provincia de Córdoba, Decreto 415 / 1999. "Norma para la Protección de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos" Dirección Provincial de Agua y Saneamiento, Gobierno de la Provincia de Córdoba, Argentina.

- Gobierno de la Nación, 2007 "Manual de Inspectores de Efluentes Industriales". Programa Desarrollo Institucional Ambiental; Control de Contaminación Industrial (financiado por el Tesoro Nacional Y préstamos Nº 768 / OC - AR y 907 / SF - AR del BID)

- ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino) 2005. "Informaciones Técnicas para Dimensionamiento de Cámaras Séptica de Hormigón"

- Lahora, A. 1999. "Depuración de Aguas Residuales con Humedales Artificiales: la Edar de Los Gallardos". Universidad de Almería, Grupo Ecologista Mediterráneo. Almería, España.



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

- Latchinian, A. et al. 2002. "Sistemas naturales de depuración de aguas servidas en escuelas rurales". CEADU – Centro de Estudios, Análisis y Documentación de Uruguay
- Mariñelarena, Alejandro y otros; 2006. "Manual de Autoconstrucción de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias", FREPLATA (Proyecto de Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo, Prevención y Control de la contaminación y Restauración de Hábitats, Proyecto PNUD- GEF RLA/99/ G31
- Méndez Novelo, R., Gijón Yescas, A., Quintal Franco, C. y Osorio Rodríguez, H.; 2007. "Determinación de la tasa de acumulación de lodos en fosas sépticas de la ciudad de Mérida, Yucatán", Investigación del cuerpo académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Municipalidad de Colón, Entre Ríos, Argentina. Ordenanza 05/2011 sobre: "Tratamiento autónomo de efluentes líquidos, fuera del área de red cloacal"
- Municipalidad de Villa Ciudad del Parque; Pcia. De Córdoba; 2023. Anexo de Ordenanza sobre: "Sistemas sustentables de tratamiento de aguas residuales"
- Municipalidad de Villa General Belgrano, Pcia. De Córdoba, 2003. Ordenanza 1276 / 2003 sobre" tratamiento de efluentes líquidos generados fuera de red cloacal"
- Reuter, S., Demant, D., Heredia, G., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., Ulrich, L., Zurbrügg, C. (2022). Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento para la Región del Gran Caribe. Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA). Bremen, Alemania.
- Ruhl Gustavo, Bailat Federico. "Sistema de tratamientos de efluentes líquidos de bajo costo. Instituto Nacional de Tecnología Industrial".
- Sawyer, C.; Mc. Carty, P.; 1996. "Chemistry for Environmental Engineering". McGraw Hill, New York
- Tchobanoglous, G., Crites, R; 2000. "Tratamiento de Aguas Residuales en núcleos pequeños y descentralizados". Mc Graw Hill Interamericana, S.- A. Bogotá, Colombia
- Universidad Nacional de Entre Ríos, 1989. "Manual de Técnicos en Saneamiento", Dirección Nacional de Calidad Ambiental. Bs. As., Argentina
- Universidad Tecnológica de Pereyra. 2002. "Diseños definitivos de los Sistemas de Colección, Tratamiento y Disposición Final de Aguas Residuales en los Centros Nucleados y Unidades Habitacionales Dispersas en la Cuenca Media del Río Otún". Manizales, Colombia
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2006. "Informe Final Técnico del Proyecto: Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba; usando tecnologías de humedales artificiales" IIGEO-USMNM (Instituto de Investigación, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica- Universidad Nacional Mayor de San Marcos), Perú.



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

11.- PARÁMETROS DE VUELCO: Decreto 847/16 y normativa de referencia

PARÁMETROS DE VUELCO A CURSOS DE AGUA SUPERFICIALES (DECRETO PCIAL 847/16, APRHI)

Estándares Biológicos y Orgánicos

Estándares	Unidades	Valor máximo permitido
DBO ₅	mg/L	≤ 40 o 30 (*)
DQO	mg/L	≤ 250
Coliformes Totales	NMP/100 mL	5000
Coliformes Termotolerantes (**)	NMP/100 mL	1000

PARÁMETROS DE VUELCO A POZO ABSORBENTE (DECRETO PCIAL 847/16, APRHI)

Estándares Biológicos y Orgánicos

Estándares	Unidades	Valor máximo permitido
DBO ₅	mg/L	≤ 150 (*)
DQO	mg/L	≤ 350
Coliformes Totales	NMP/100 mL	NE
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	NE

NE: No se establece un valor máximo permitido

(*) Para efluentes industriales deberá ser reducido a 100 mg/L

12.- FOTOS DE HFSS Y DE PLANTAS PALUSTRES EMERGENTES ÓPTIMAS PARA FITO DEPURACIÓN.

Plantas utilizadas por su eficiencia en fito depuración. Macrófitas emergentes típicas de zonas húmedas



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

Juncos (*Scirpus Lacustris*). Puede verse un HFSS perteneciente a una comunidad o barrio (dado su tamaño).



Carrizo (*Phragmites Australis*)



Abajo puede verse un HFSS con totoras (*Tipha angustifolia*), perteneciente a una comunidad o barrio.



La foto a la izquierda muestra una alternativa de instalación de un HFSS de carrizos



Imágenes del carrizo (*Phragmites australis*). Es la planta más utilizada para tratamiento de efluentes, con densidades de plantación de 3 ejemplares por metro cuadrado del HFSS. Sus raíces penetran en grava aproximadamente 0,4 m. De bajo valor alimenticio, no es atacado por la fauna.

Tabla 1: de correspondencia entre las dimensiones propuestas de un módulo de fito depuración (HFSS) y la cantidad de personas a las que este sirve, según el mismo trate aguas negras, grises o grises y negras.

Estas dimensiones se corresponden, a la vez, con el uso de **carrizos (*Phragmites*)**, **juncos de laguna (*Scirpus*)** o **vetiver**, especies cuyos nodos radiculares pueden desarrollarse completamente a profundidades de 70 cm.

AG	AN	AG+N	Largo	Ancho	Profundidad	Distancia	Superficie
2p	2p	-	3 m	0,7 m	70 cm	35 cm	2,1 m ²
3 a 4p	3p	2p	4 m	1,0 m			4 m ²
4 a 5p	4p	3p	5 m	1,0 m			5 m ²
6 a 8p	5p	4p	5,5 m	1,5 m			8 m ²
10p	6p	5p	6 m	1,7 m			10 m ²



MUNICIPALIDAD DE SALSIPUEDES

Departamento Colón - Provincia de Córdoba - República Argentina

Tabla 2: de correspondencia entre las dimensiones propuestas de un módulo de fito depuración (HFSS) y la cantidad de personas a las que este sirve, según el mismo trate aguas negras, grises o grises y negras.

Estas dimensiones se corresponden con el uso de **totoras (Typha), juncos triangulares, o papiros reales, especies cuyos nodos radiculares pueden desarrollarse completamente a profundidades de 50 cm.**

AG	AN	AG	Largo	Ancho	Profundidad	Distancia	Superficie
2p	2p	-	3 m	1 m	50 cm	25 cm	3 m ²
3 a 4p	3p	2p	4,7 m	1,2 m			5,6 m ²
4 a 5p	4p	3p	5 m	1,4 m			7 m ²
6 a 8p	5p	4p	6,8 m	1,6 m			11 m ²
10p	6p	5p	7 m	2 m			14 m ²

Profundidad: Esta dimensión está en función al máximo desarrollo en profundidad que puedan hacer las raíces de las plantas que utilizemos para depurar (entre 50 cm. y 70 cm). En ello, y por información de bibliografía sabemos que esos valores son:

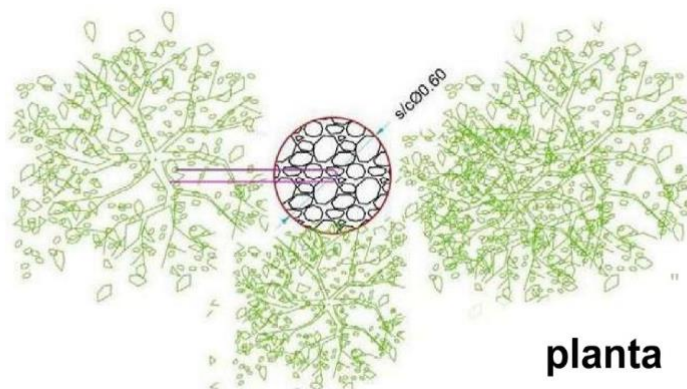
ESPECIES VEGETALES PALUSTRES	Profundidad nodo radicular	
	Mínima	Máxima
Carrizos(PragmitesAustralis)	0,35m	0.65
Juncos de laguna (Scirpus lacustris)	0,60	0,75
Juncos(Schoenoplectuscalifornianus)	0,15m	0,35m
Papiros(Cyperuspapyrus)	0,2m	0,8m
Totoras(Thypha)	0,1m	0,7m
Cortaderas(CortadeiraSelloana)	0,3m	3m
Junquillo(CarrexSpp)	0,1m	0,25m
Vetiver(Chrysopogonzizanioides)	0,3m	2m

Gráfico Punto de infiltración.

PUNTO DE INFILTRACION | PIN

dimension segun tipo de suelo

en suelos de poca infiltracion de agregaran 2 o mas PIN



PLANTAS DEPURADORAS DE SUELO SATURADO



VETIVER
VETIVERIA ZIZANIOIDES



CARRIZO
PHARGMITES AUSTRALIS

Algunas especies alternativas
para la depuración de **aguas
grises.**-

PLANTAS DEPURADORAS DE SUELO SATURADO



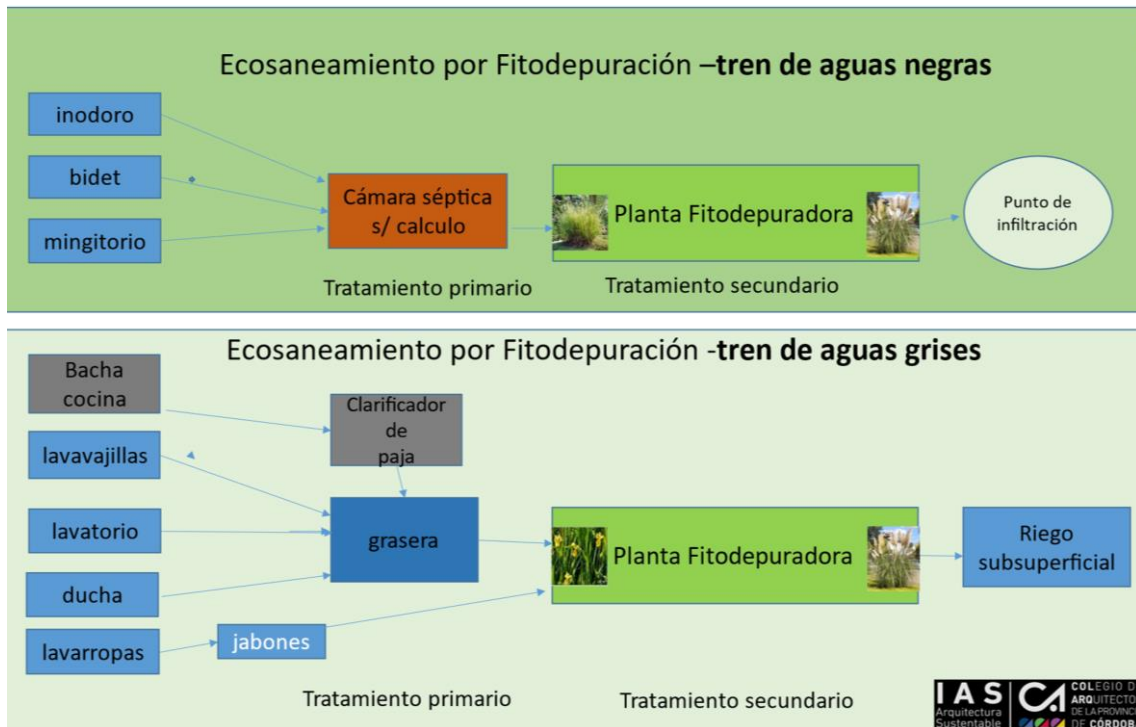
TOTORA
THYPA LATIFOLIA
(Nativa)



PAPIRO REAL O EGIPCIO
CYPERUS PAPYRUS



COLA DE CABALLO
(*Equisetum arvense*)



Ejemplo de una opción de manejo de las aguas grises con inclusión de aguas de lavarropas directamente al tratamiento secundario (HFSS).