

A photograph of a water treatment facility at sunset. The sky is a mix of orange, yellow, and blue. In the foreground, a long, narrow channel of water flows over a series of low, dark, rectangular weirs, creating a series of small cascades. The water is dark and reflects the sky. In the background, there are several large, white, cylindrical storage tanks and a complex network of metal pipes and structural beams. The overall scene is industrial and serene.

ENTORNOS SALUDABLES HACIA EL SANEAMIENTO BÁSICO UNIDAD 2

**OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE (OVA)
VERSIÓN DESCARGABLE**



DIRECCIÓN DE VIRTUALIDAD

FUNDADA EN 1977 - VIGILADA MINEDUCACIÓN. Resolución No. 13370 de 19 de Agosto de 2014 - Otorgada por el M.E.N.

ENTORNOS SALUDABLES HACIA EL SANEAMIENTO BÁSICO - UNIDAD 2

**OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE (OVA) - VERSIÓN DESCARGABLE
DIRECCIÓN DE VIRTUALIDAD**



Dirección de Virtualidad

UNIDAD 2

Sistemas y procesos





Gozar de un ambiente sano es uno de los derechos constitucionales, para ello es importante que todos los territorios propendan por el saneamiento ambiental desde la ruralidad y las áreas urbanas del país; es por esto que desde los planes de desarrollo en las regiones es necesario que se gestione el cuidado y protección de los recursos naturales renovables y no renovables.

Por esta razón se debe destinar e invertir el presupuesto en obras de saneamiento ambiental como son los sistemas de alcantarillado separados (sanitario y pluvial), sistemas de tratamiento de las aguas residuales y sistemas de disposición final de los residuos, garantizando que las comunidades y los territorios se vuelvan conocedores y gestores en pro de mejorar su entorno y así mejorar las condiciones de higiene y calidad de vida de todos.

BIENVENIDA E INTRODUCCIÓN

General a la Unidad:



COMPETENCIAS

A

- Conocer los sistemas de evacuación y tratamiento de las aguas residuales domésticas, alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos en el área rural y urbana para aportar al saneamiento ambiental y la salud pública.

BIENVENIDO A LA UNIDAD

Sistemas y procesos



CONTENIDO TEMÁTICO

Unidad 2



TEMAS

2

Sistemas y procesos

1. Agua, saneamiento e higiene.
2. Saneamiento básico rural.
3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales.
4. Sistemas de captación de aguas lluvias.
5. Manejo de desechos sólidos en comunidades rurales.





Shutterstock/2023

RESULTADO DE APRENDIZAJE

Unidad 2

El estudiante estará en la capacidad de identificar problemáticas relacionadas al saneamiento básico y alternativas de solución con un enfoque hacia la calidad de agua para consumo humano, las aguas residuales y los residuos sólidos en el ámbito rural y urbano.





PROBLEMATIZACIÓN

Unidad 2

En los últimos años se ha vuelto clave que Colombia avance en la ampliación de la cobertura de los servicios públicos de agua, alcantarillado y aseo, contribuyendo a la reducción de esa brecha tan amplia entre lo rural y lo urbano, por esta razón, desde los territorios y las comunidades se debe trabajar para que en lo posible todo el mundo cuente con agua apta para consumo humano y puedan de manera adecuada evacuar las aguas residuales de las viviendas, descontaminarlas y verterlas de forma segura, por último se espera disponer los residuos sólidos en lugares que cumplan con las normas ambientales.

Comprendiendo el contexto de la importancia del saneamiento básico, surge la siguiente pregunta:

¿Por qué es necesario identificar la relevancia del saneamiento ambiental en las comunidades para mejorar la calidad de vida de las personas, proteger el medio ambiente y mantener entornos saludables?



TEMA 1. AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE

Sistemas de recolección y transporte de aguas residuales y aguas lluvias

Los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias se clasifican de acuerdo con su naturaleza en los siguientes tipos:

- Sistemas convencionales de alcantarillado.
- Sistemas no convencionales de alcantarillado.
- Sistemas in situ.

Sistemas convencionales de alcantarillado

Estos se refieren a los alcantarillados conocidos como alcantarillados separados y alcantarillados combinados. Los alcantarillados separados son colectores (tuberías) cuya función es evacuar las aguas residuales producidas por las viviendas y el otro colector evacúa las aguas lluvias hasta la red pública de alcantarillado o el punto emisario o final de descarga, que generalmente son cuerpos de agua como ríos, quebradas, lagunas y el mar; de ahí la importancia de tratar las aguas residuales domésticas como industriales para no contaminar las fuentes hídricas superficiales y subterráneas, este tipo de alcantarillado es el ideal, en comparación con el alcantarillado combinado, ya que en este último a través de un solo colector se evacuan las aguas lluvias y residuales.



Sistemas no convencionales de alcantarillado

Son sistemas de menor costo y aun así cumplen la función de contribuir al saneamiento de los territorios, en este sistema se encuentran los alcantarillados simplificados, condominiales y por último los alcantarillados sin arrastre de sólidos; estos son usados en poblaciones pequeñas (nivel de complejidad bajo).

Los alcantarillados simplificados: funcionan como un alcantarillado sanitario convencional, pero teniendo en cuenta para su diseño y construcción consideraciones que permiten reducir el diámetro de los colectores, reducir el número de pozos de inspección o sustituirlos por estructuras más económicas.

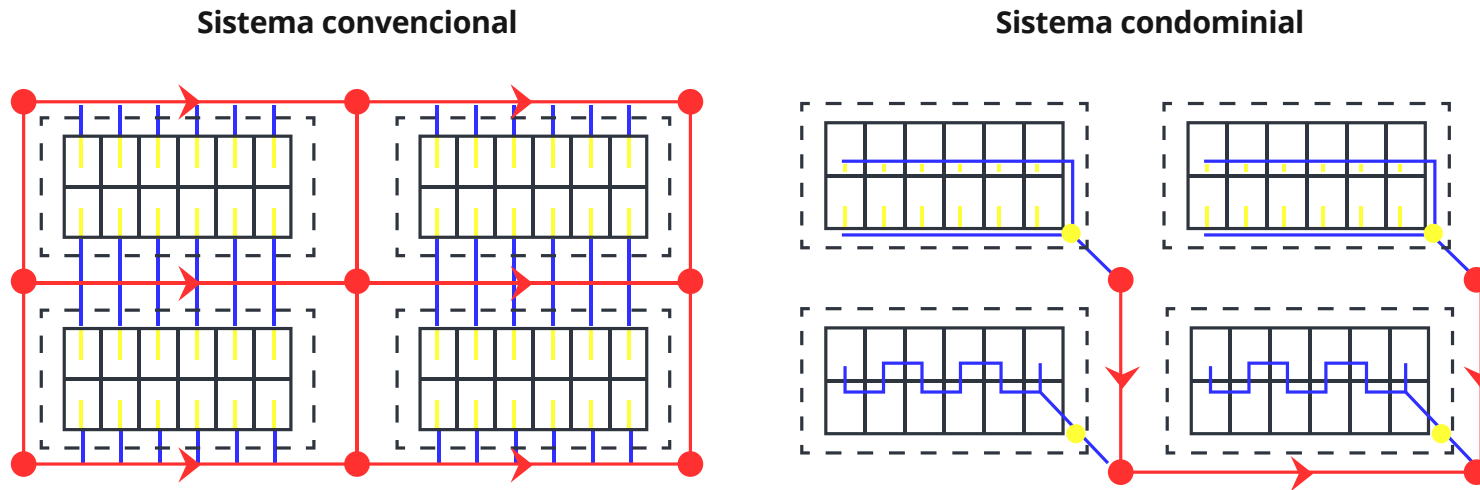
Figura 1. Alcantarillado simplificado



Nota. BID y hábitat para la humanidad

Los alcantarillados condominiales: son sistemas que recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a una hectárea mediante colectores simplificados, y son conducidas a la red de alcantarillado municipal o a la planta de tratamiento de agua residual (PTAR).

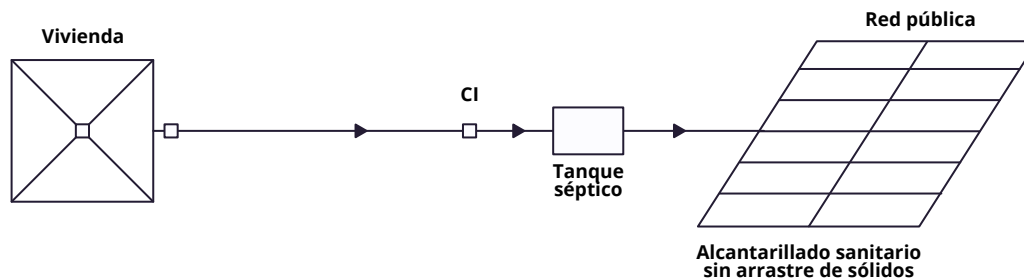
Figura 2. Alcantarillado condominial



Nota. BID y hábitat para la humanidad

Los alcantarillados sin arrastre de sólidos: son sistemas en los que el agua residual de una o más viviendas es descargada a un tanque interceptor de sólidos donde estos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos sedimentables que es transportado por gravedad en un sistema de colectores de diámetros reducidos y poco profundos que son usados en comunidades pequeñas.

Figura 3. Alcantarillado sin arrastre de sólidos



Nota. BID y hábitat para la humanidad

Sistemas in situ

Las aguas residuales son las letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego, los cuales son sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo. En el tiempo, estos sistemas deben considerarse como sistemas transitorios a sistemas convencionales de recolección, transporte y disposición, a medida que el uso de la tierra tienda a ser urbano (RAS, 2000).

TEMA 2. SANEAMIENTO BÁSICO RURAL

Contextualización del concepto de Saneamiento Básico rural

Antes que nada, hay que recordar que en las ciudades hay más posibilidades que las aguas residuales puedan ser evacuadas a través de una red pública de alcantarillado, pero aún esa brecha entre lo urbano y rural es amplia, por esto, lo que busca el saneamiento básico en la ruralidad es brindar soluciones sanitarias para esos lugares remotos, vulnerables y en ocasiones hasta desconocidos para muchos, donde las condiciones de salubridad deben mejorarse.

Existen métodos de saneamiento no convencionales, como son las letrinas, cuya función es la de prestar el servicio de unidad sanitaria, evitando por ejemplo la defecación al aire libre, esto también busca que las poblaciones no se vean afectadas en la salud por las infecciones y virus que se sabe generan las aguas residuales con heces fecales.



Descripción de algunos tipos de letrinas

Una letrina es una estructura que se construye para disponer las excretas o materia fecal, con la finalidad de proteger la salud de la población y evitar la contaminación del suelo, aire y agua (RAS, 2000). A continuación, se describen algunos tipos de letrinas:

- Letrina tradicional simple.
- Letrina mejorada de pozo ventilado.
- Letrina de cierre hidráulico.
- Letrina de pozo anegado (ciego).
- Letrina de fibra de vidrio.
- Letrina abonera seca familiar.
- Letrinas secas de doble cámara.

Letrina tradicional simple

Descripción:

- Losa colocada sobre un hueco o pozo cuya profundidad puede ser de 2 metros o más de profundidad.
- La losa debe estar apoyada por todos los lados y elevada por encima del terreno circundante.
- La losa está provista de un orificio o taza para que las excretas caigan en el pozo.
- Se produce un residuo descompuesto y compactado.
- El fondo del hueco se debe ubicar a 1,5 m sobre el nivel freático.

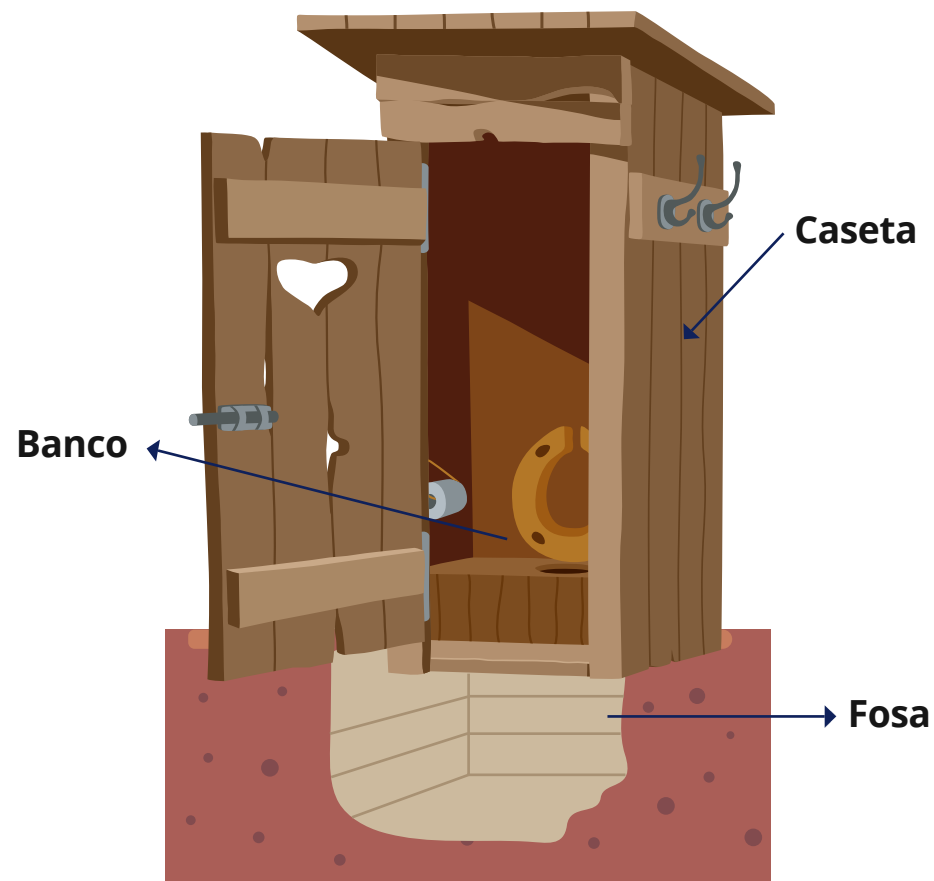
Ventajas:

- Pueden ser construidas por el usuario.
- No necesitan agua para funcionar.
- Requieren de poco mantenimiento (debe mantenerse el lugar limpio y el orificio tapado cuando no se esté utilizando).
- Nivel de saneamiento satisfactorio.

Desventajas:

- Se pueden presentar problemas de moscas y malos olores.
- No funcionan en lugares con nivel freático elevado (se recomienda que el fondo del pozo esté mínimo a 1.5 m sobre el nivel freático).
- Necesidad de espacio para mover la letrina.

Figura 4. Letrina tradicional simple



Nota. SNIP (s.f.)

Letrina mejorada de pozo ventilado

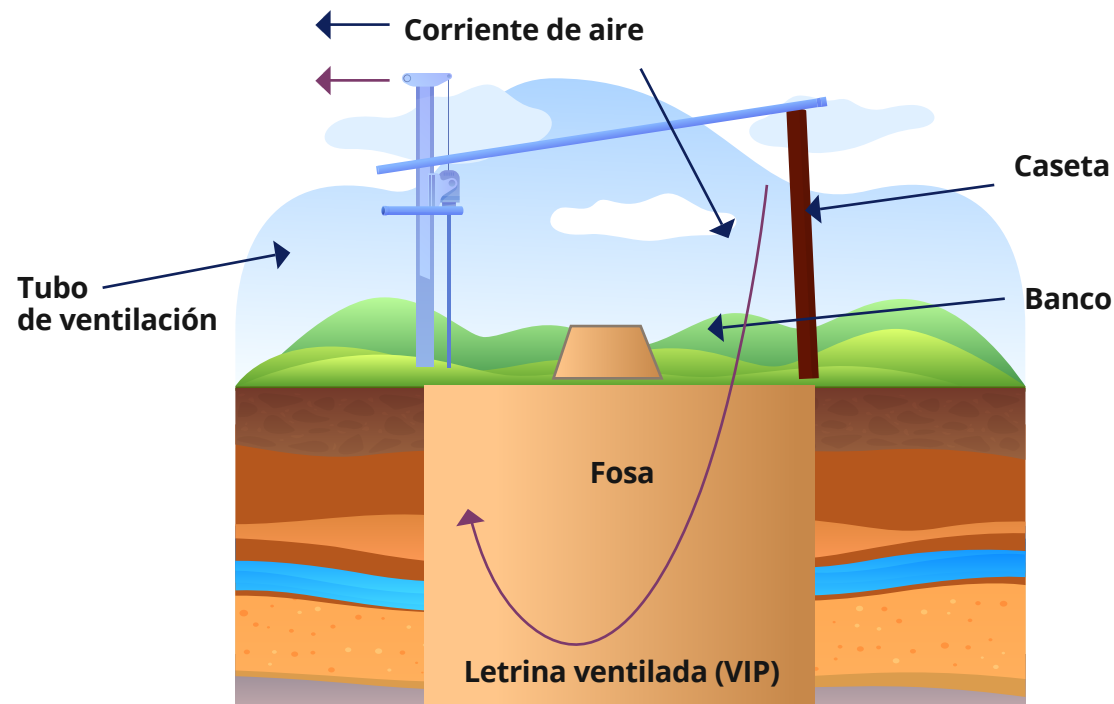
Se diferencia de la letrina tradicional simple por tener un tubo de ventilación vertical que tiene una malla en su extremo superior para evitar la entrada de las moscas que provoca una circulación de los gases.

En la pared de la puerta se debe tener una abertura en la parte superior que permita que la corriente de aire entre. Esta debe ser tres veces más grande que la sección transversal del tubo de ventilación. Los tubos de ventilación pueden ser cuadrados o circulares estos últimos deben tener un diámetro de 15 a 23 cm. El tubo de ventilación debe sobresalir 50 cm, de la caseta.

Ventajas:

La circulación constante del aire elimina los olores por la parte superior del tubo de ventilación vertical.

Figura 5. Letrina mejorada de pozo ventilado



Nota. SNIP (s.f.)

Letrina abonera seca familiar (LASF)

- La LASF tiene una taza especial con separación de heces y orina y tiene dos cámaras que funcionan en forma alterna, una se llena mientras la otra descompone el material depositado.
- Se puede instalar un orinal aparte (para los hombres y no sentarse).
- Letrina lenta con el suficiente tiempo para la descomposición de las heces.
- Hay un proceso que es seco donde se utiliza cal o ceniza (para eso se separan los orines). Las cenizas sirven para secar las heces para una mejor descomposición y muerte de microorganismos patógenos.
- Los lodos o material seco que se extraen pueden ser aplicados como abono o acondicionador de suelos, es inodoro y está descompuesto.
- Las heces caen a la cámara y la orina llega por un tubo hasta afuera de las cámaras.
- Semanalmente, se tiene que apelmazar la mezcla de heces y ceniza, para entre otros, lograr un mejor uso del volumen de la cámara.
- Cuando una cámara está casi llena, se cubre la mezcla con tierra, se coloca la tapadera, se traslada la taza al otro compartimento y se deja descansando por 6 meses, la cámara y todo su contenido.
- Cada persona produce aproximadamente la cantidad de 1,5 costales (sacos) por año de abono.

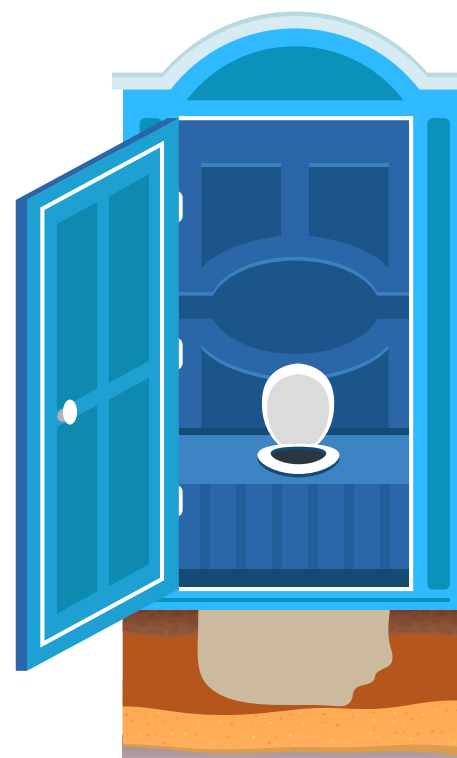
• **Ventajas:**

- No se utiliza agua
- No se producen olores
- Genera abono orgánico y urea
- Fácil de construir y operar
- Mínimo mantenimiento
- Bajo costo

• **Recomendaciones:**

- Deben construirse en terrenos secos y libres de inundación.
- La distancia mínima horizontal entre la letrina y cualquier fuente de abastecimiento debe ser de 15 m.
- La distancia mínima vertical entre el fondo del pozo y el nivel freático deben ser 1.5 m.
- La dimensión depende de la vida útil y de la cantidad de las excretas.
- Para una familia de 5 personas aproximadamente para un año deben ser de 1.6X1.5X1.8 m.

Figura 6. Letrina abonera seca familiar (LASF)



Nota. PROAPAC (s.f.)

Tabla 1. Cálculo del compartimiento de una cámara de letrina abonera seca

Peso húmedo de sólidos (S) gramos/hab/día	200		Gramos/hab/día			DATOS
Densidad de sólidos de la materia fecal (Dsf)	1200		Kg/m ³			
Humedad de la materia fecal	0.8					
Densidad de la cal (peso seco) (Dc)	560	800	Promedio	680	Kg/ m ³	
Proporción materia fecal: cal (peso húmedo)	1:01					
N° de personas por familia (P)	6					
Tiempo de compostaje	6	8	Meses			
Tiempo de operación de la letrina	1		Año			

Paso N°1. Calcule el peso de sólidos húmedos aportados por materia fecal diarios.

$$Msd = S * P$$

Paso N° 2. Calcule el peso de sólidos húmedos aportados por materia fecal al año.

$$Msa = Msd * 365 \text{ días}$$

Paso N° 3. Calcule el peso de sólidos secos aportados por materia fecal al año.

$$Mss = Msa (1 - w)$$

Paso N° 4. Calcule el volumen de la cámara para materia fecal (Vmf)

$$Vmf = Mss / Dsf$$

Paso N° 5. Calcule el Peso de cal (Mcal)

$$Mcal = Msa(\text{húmedo}) \text{ por relación } 1:1$$

Paso N° 6. Calcule el volumen de la cámara para cal (Vcal)

$$Vcal = Mcal / Dc$$

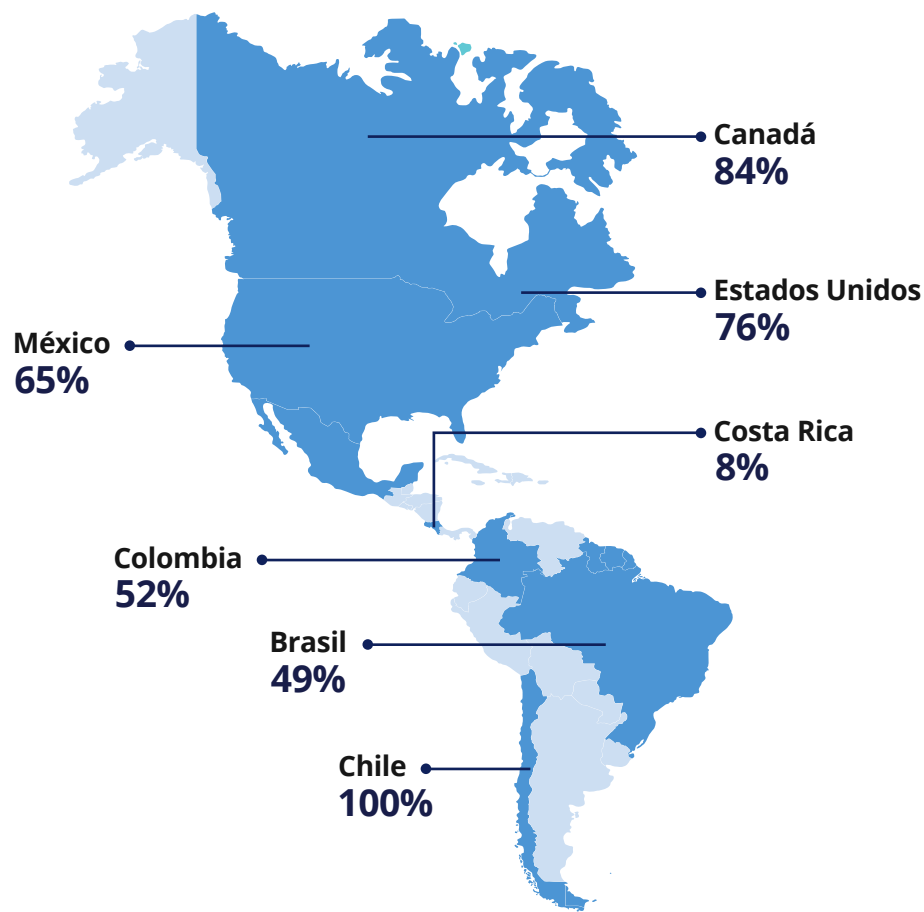
Paso N°7. Calcule el volumen total (Vt)

$$Vt = Vmf + Vcal$$

TEMA 3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En Colombia, el porcentaje de las aguas residuales tratadas es del 52 %. Actualmente en el país se generan 2.126 millones de metros cúbicos de aguas residuales municipales al año y se estima que a 2050 se generarán 2.765 millones de metros cúbicos de aguas residuales (PMAR 2020-2050).

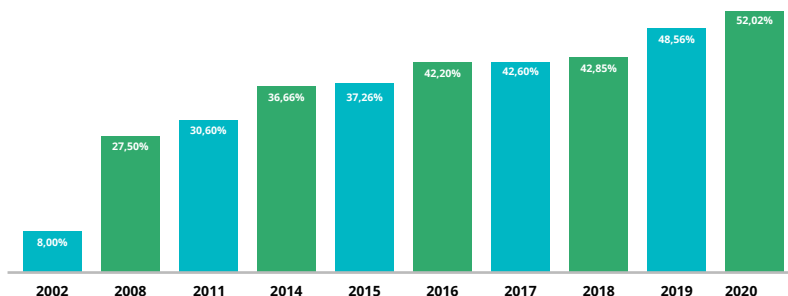
Figura 7. Porcentaje de agua residual tratada en Colombia y otros países



Nota. Adaptado del Plan Nacional del Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR 2020-2050)

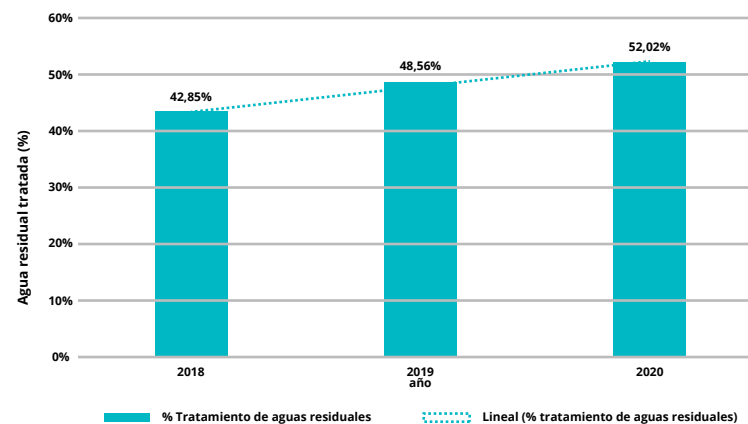
En la siguiente figura se presenta la evolución en el porcentaje de agua residual tratada en las cabeceras municipales del país.

Figura 8. Porcentaje de agua residual tratada en Colombia (2002- 2020)



Nota. Plan nacional del manejo de aguas residuales municipales (PMAR 2020-2050)

Figura 9. Comportamiento histórico del agua residual tratada 2018-2020



Nota. Consulta SUI – octubre 2021

Es una necesidad que las aguas residuales sean tratadas antes de ser vertidas a la red pública de alcantarillado, ya que estas finalmente llegan a los cuerpos de agua más cercanos de los municipios y ciudades, los cuales son contaminados y esto no solo afecta el componente ambiental del agua, también afecta la salud de las comunidades ya que aguas abajo, generalmente usan estas con fines de riego agrícola, uso en la ganadería y hasta como fuente de captación para los acueductos.

Figura 10. Factores que generan contaminación en el río Bogotá

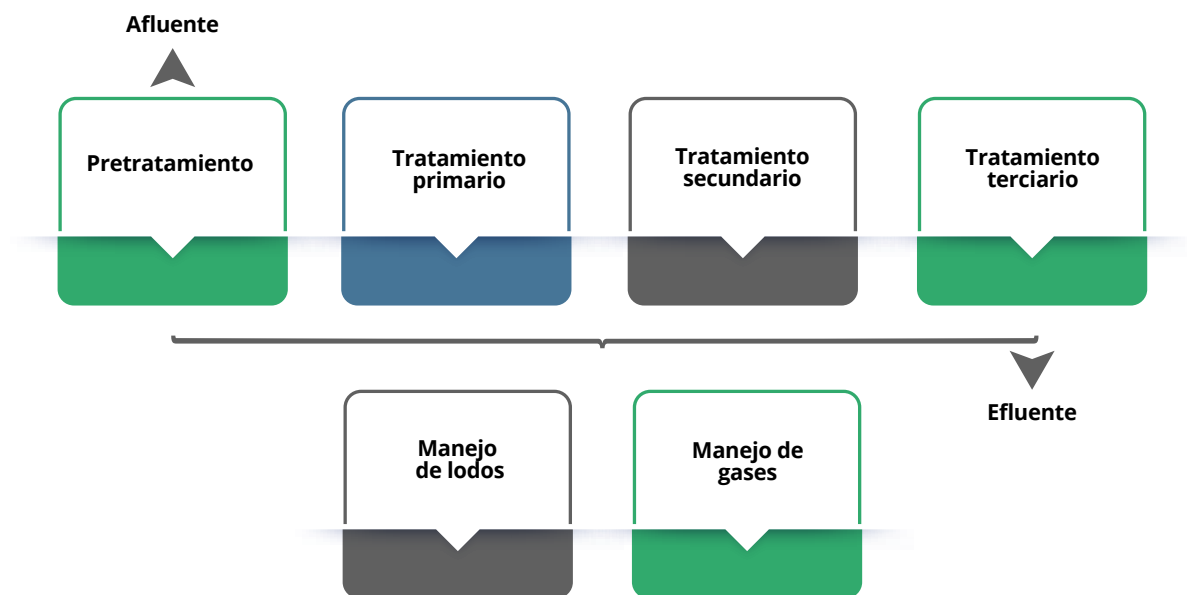


Nota. Exposición recorrido virtual PTAR-SALITRE - Acueducto de Bogotá

Tratamiento convencional en aguas residuales

Estos son procesos y operaciones unitarias que intervienen en las diferentes etapas de tratamiento de las aguas residuales:

Figura 11.



- **Pretratamiento:**

El objetivo es la eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas. Se utilizan procesos físicos que consisten en la separación de grandes sólidos, desbaste, tamizado, desarenado y desengrasado en las aguas residuales domésticas.

- **Tratamiento primario:**

El objetivo es la eliminación de materia sedimentable y flotante. Se utilizan procesos físicos y químicos como lo es la decantación primaria y tratamiento fisicoquímico (coagulación, floculación).

- **Tratamiento secundario:**

El objetivo es la eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal. Se utilizan procesos biológicos de degradación bacteriana y decantación secundaria; entre los procesos más importantes están los procesos aerobios y procesos anaerobios.

- **Procesos aerobios:** filtros percoladores, lodos activados, lagunas aerobias, sistemas biológicos de contacto rotatorio y humedales artificiales.
- **Procesos anaerobios:** filtros anaerobios, lagunas anaerobias, digestores anaerobios.

Tratamiento terciario o avanzado

El tratamiento terciario busca eliminar contaminantes orgánicos no biodegradables, organismos patógenos y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Se utilizan procesos químicos y biológicos, como la ozonificación, intercambio iónico, filtración, desinfección y radiación UV.

Dentro del proceso de tratamiento de las aguas residuales se generan unos subproductos, por ejemplo, de la línea de aguas específicamente en los decantadores en que se generan lodos. En el tratamiento de los lodos, específicamente en los biodigestores, se generan gases como el metano y dióxido de carbono; los lodos deben ser tratados para obtener biosólido.

La línea de lodos tiene como objetivo, tratar los subproductos sólidos (fangos) originados en la línea de agua de la planta de tratamiento de agua residual. Estos lodos (llamados también biosólidos) deben ser reducidos en volumen para facilitar su manejo (espesamiento), ser estabilizados para evitar fermentaciones y crecimiento de organismos patógenos (digestión) y deshidratarse para conseguir una buena textura que facilite su manejo y transporte hacia su uso o disposición final (deshidratación). Los biosólidos pueden usarse, siempre y cuando estén libres de patógenos, metales y otros elementos tóxicos y peligrosos.

Los gases pueden ser usados dentro de la misma PTAR por ejemplo para el mismo calentamiento de los biodigestores, en el uso de motores estacionarios o en microturbinas de gas, y no simplemente quemarlo.



Tabla 2. Tecnologías aceptadas para el tratamiento de aguas residuales

Proceso de tratamiento	Nivel	Objetivos del tratamiento	Medidas de reducción de patógenos	Nivel de reducción de patógenos	Productos del tratamiento y concentración de patógenos	
Velocidad de flujo baja						
Lagunas de estabilización de residuos	No procede		Lagunas aeróbicas (maduración).	Alto	Lodo líquido con concentración baja de Patógenos.	
		Gestión de nutrientes.				
		Reducción de patógenos.	Radiación Ultravioleta.			Efluente con concentración baja de Patógenos.
Humedales artificiales	Secundario o Terciario	Reducción de la DBO.	Descomposición natural	Medio	Plantas, ningún patógeno.	
		Remoción de sólidos en suspensión.	Depredación por organismos superiores			
		Gestión de nutrientes Reducción de patógenos	Sedimentación			Efluente con concentración media de Patógenos.
		Reducción de patógenos	Radiación ultravioleta			
Velocidad de flujo alta						
Sedimentación primaria	Primario	Reducción de sólidos en suspensión.	Almacenamiento	Bajo	Lodo líquido con concentración alta de patógenos	
					Efluente con concentración alta de patógenos	
Sedimentación avanzada o reforzada químicamente	Primario	Reducción de sólidos en suspensión.	Coagulación o floculación	Medio	Lodo líquido con concentración media de Patógenos.	
			Almacenamiento.		Efluente con concentración media de Patógenos.	
Reactores anaeróbicos de flujo ascendente con manto de lodos	Primario	Reducción de la DBO.	Almacenamiento	Bajo	Lodo líquido con concentración alta de Patógenos.	
					Efluente con concentración alta de patógenos.	
					Biogás	
Reactores anaeróbicos con deflectores	Primario o secundario	Reducción de la DBO.	Almacenamiento	Bajo	Lodo líquido con concentración alta de Patógenos.	
		Estabilización con o sin gestión de				Efluente con concentración alta de patógenos.
		Nutrientes.				Biogás

Lodo activado	Secundario	Reducción de la DBO	Almacenamiento	Medio	Lodo líquido con concentración media de Patógenos.
		Gestión de nutrientes.			Efluente con concentración media de Patógenos.
Filtro percolador	Secundario	Gestión de nutrientes.	Almacenamiento	Medio	Lodo líquido con concentración media de Patógenos. Efluente con patógenos
Laguna aireada y laguna de sedimentación	Secundario	Reducción de la DBO.	Aeración	Medio	Lodo líquido con concentración media de Patógenos.
		Reducción de Patógenos.			Efluente con concentración media de Patógenos
Tasa de filtración alta con grava o tasa de filtración lenta con arena	Terciario	Reducción de patógenos.	Filtración	Alto	Efluente con concentración baja de patógenos.
Filtración con medio doble	Terciario	Reducción de patógenos.	Filtración	Alto	Efluente con concentración baja de Patógenos.
Membranas	Terciario	Reducción de patógenos.	Ultrafiltración	Alto	Efluente con concentración baja de patógenos.
Desinfección	Terciario	Reducción de patógenos.	Cloración (oxidación)	Alto	Efluente con concentración baja de patógenos.
Desinfección	Terciario	Reducción de patógenos	Ozonización	Alto	Efluente con concentración baja de patógenos.
Desinfección	Terciario	Reducción de patógenos.	Radiación ultravioleta.	Alto	Efluente con concentración baja de patógenos.

Nota. Adaptado de OMS (2006)

Tratamientos no convencionales en las aguas residuales

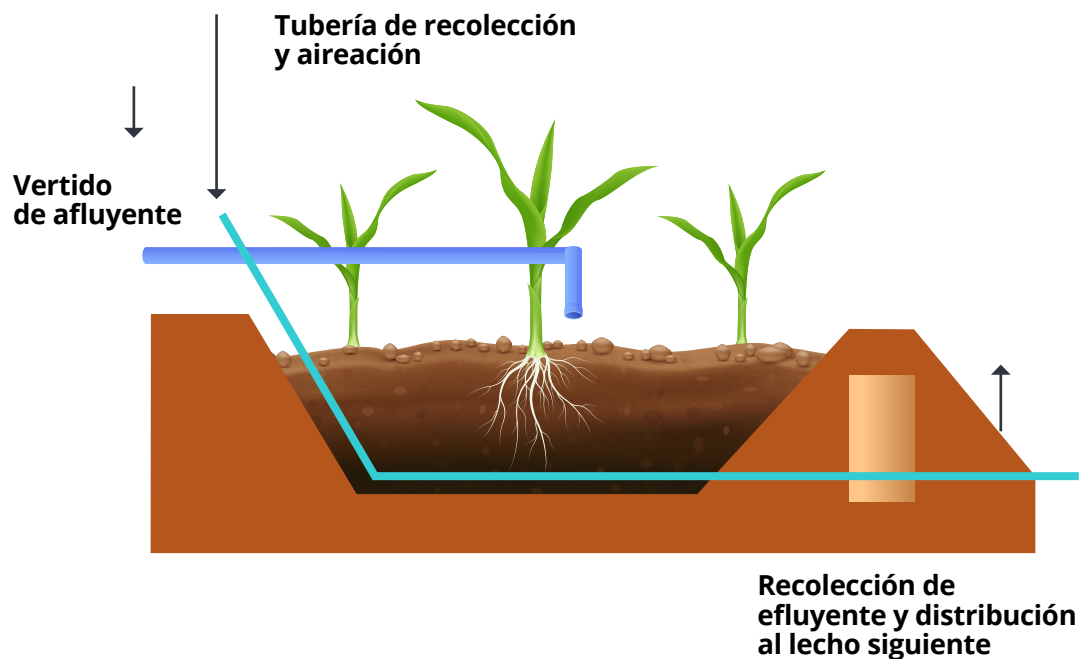
Generalmente en regiones rurales, las comunidades carentes de agua potable no presentan condiciones sociales, económicas y culturales adecuadas para mantener y operar una estación convencional de tratamiento de agua. Las opciones de tratamiento de agua en el punto de uso (POU) son sistemas de bajo costo y pequeño porte que pueden ser una alternativa para el abastecimiento de agua potable a nivel familiar en zonas rurales (Duran et al., 2019).

En relación a lo anterior, las alternativas de tratamiento in situ o individuales pueden ser atractivas si se construyen a partir de materiales comunes y si son lo suficientemente simples como para ser construidas y mantenidas por los usuarios (Wong & Stenstrom, 2018).

A continuación, se describen los principales tratamientos no convencionales que son: construcción de humedales, infiltración rápida, flujo superficial, aplicación en terrenos de baja velocidad, infiltración sub superficial, pozos o tanques de estabilización, filtración lenta en arena y zanja de oxidación.

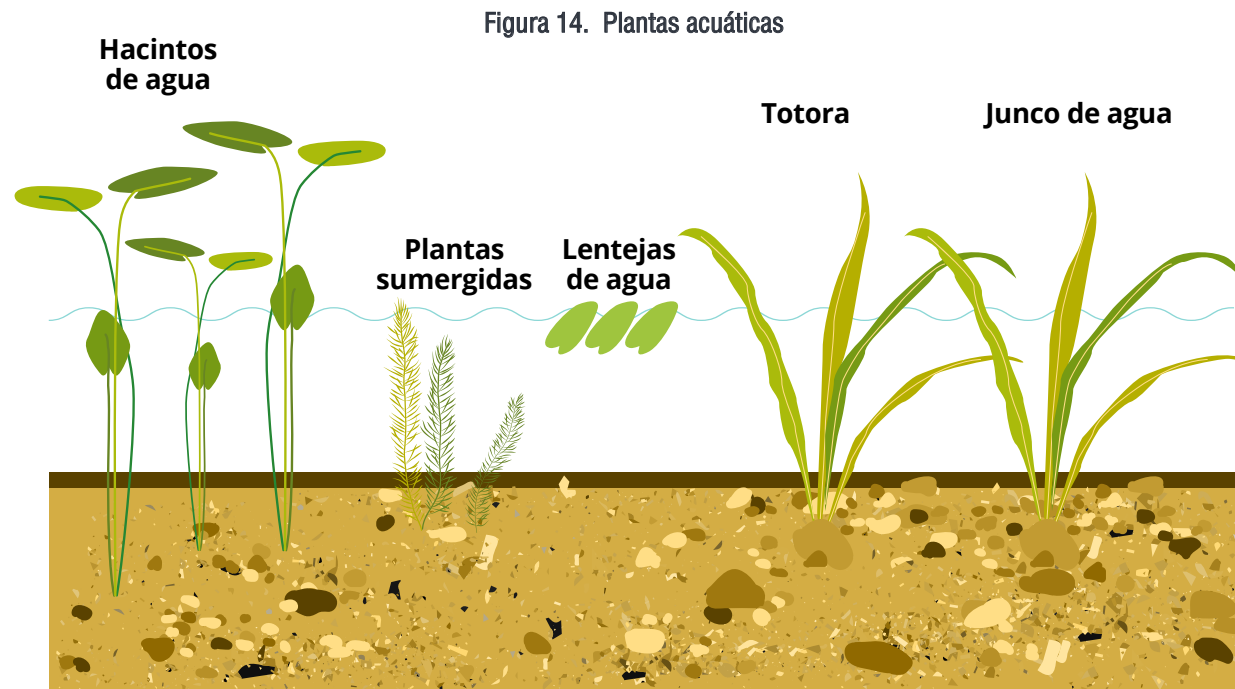
Humedales de flujo subsuperficial para tratamiento de aguas residuales

Figura 13. Humedal de flujo subsuperficial



Nota. Estrada Islena, humedales artificiales de flujo subsuperficial (UTP, s.f.)

Este tipo de humedales se componen de: un medio poroso, nivel del agua debajo de la superficie del medio en la que se presenta penetración de raíces; las plantas más usadas son las Macrófitas emergentes.



Nota. Adaptado de Tchobanoglous, G. Aquatic plant system for wastewater treatment

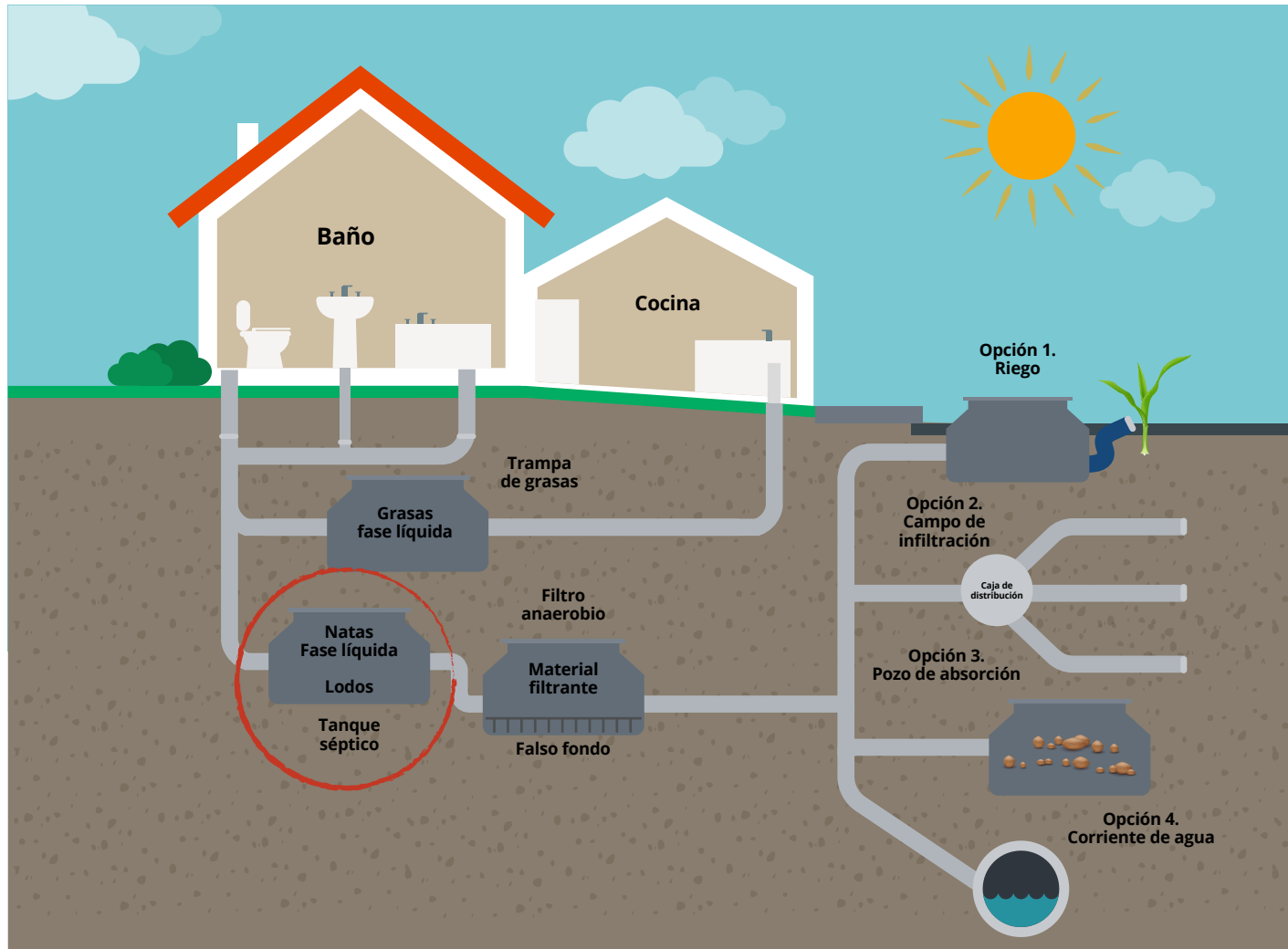
Tabla 3. Funciones de las plantas para asimilar los contaminantes

Tipo	Proceso involucrado	Contaminación tratada
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces).	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio y zinc.
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos.	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos y compuestos fenólicos.
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el escape a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, entre otros.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosforados, fenoles y nitrilos.

Nota. Uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales (Cabo, s.f.)

Tanque o fosa séptica

Figura 15. Tren de tratamiento de aguas residuales usando tanque séptico



Nota. SUMATEC (s.f.)

Este tipo de estructuras se caracterizan por:

- Son tanques generalmente subterráneos, sellados, diseñados y construidos para el saneamiento rural.
- Deben llevar un sistema de pos tratamiento.
- No está permitido que les entre aguas lluvias ni desechos que puedan causar interferencia negativa en cualquier fase del proceso de tratamiento.
- Los efluentes a tanques sépticos no deben ser dispuestos directamente en un cuerpo de agua superficial; deben ser tratados para mejorar la calidad del vertimiento.

Tienen por objeto provocar la sedimentación de los sólidos que se encuentran en contacto con el agua y retenerlos por un periodo de tiempo suficiente para asegurar la descomposición satisfactoria de la materia orgánica mediante la acción anaerobia bacterial.

Deben ser ubicados así:

- 1.50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración.
- 3.0 m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.
- 15.0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

Funciones:

- Eliminar sólidos suspendidos y material flotante.
- Realizar el tratamiento anaeróbico de los lodos sedimentables.
- Almacenar lodos y material flotante.

Procesos:

- Separación de fases: sólida, líquida y gaseosa.
- Sedimentación de los sólidos con densidad mayor del agua por acción de la gravedad.
- Flotación de sólidos: las burbujas de gas producidas en la digestión anaerobia aceleran el ascenso de las partículas menos densas.
- Formación de una espuma de 20 a 25 cm de espesor.
- Degradación y digestión del lodo y de la espuma.
- Actividad biológica de la fase líquida (mayor en clima caliente).
- Remoción de DBO= 30 a 50 %.
- Remoción de grasas y aceites= 70 a 80 %.
- Remoción de fósforo= 15 %.
- Remoción de sólidos sedimentables= 50 a 70 %.

Ventajas:

- Apropiado para comunidades rurales.
- Su limpieza no es frecuente.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Fácil de construir y opera.

Desventajas

- Uso limitado para un máximo de 350 habitantes.
- Requiere sistemas para la remoción de lodos.

Diseño y dimensionamiento

Volumen total = suma del volumen destinado a la digestión (Vd) + Volumen de lodos (VI)

$$V = Vd + VI$$

Volumen de digestión

$$Vd = C * N * T$$

Donde:

Vd= Volumen de digestión (L)

C= Contribución percapita de aguas residuales (L/hab*día)

N= Número de personas (hab)

T= Tiempo de retención hidráulico (días) (de 1 a 3 días)

Volumen de lodos

$$VI = N * Lf * K$$

Donde:

VI= Volumen de lodos (L)

N= Número de personas (hab)

Lf= Contribución de lodo fresco (L/hab*día)

K= Tasa de acumulación de lodos

Volumen total

$$V = N ((C * T) + (Lf * K))$$

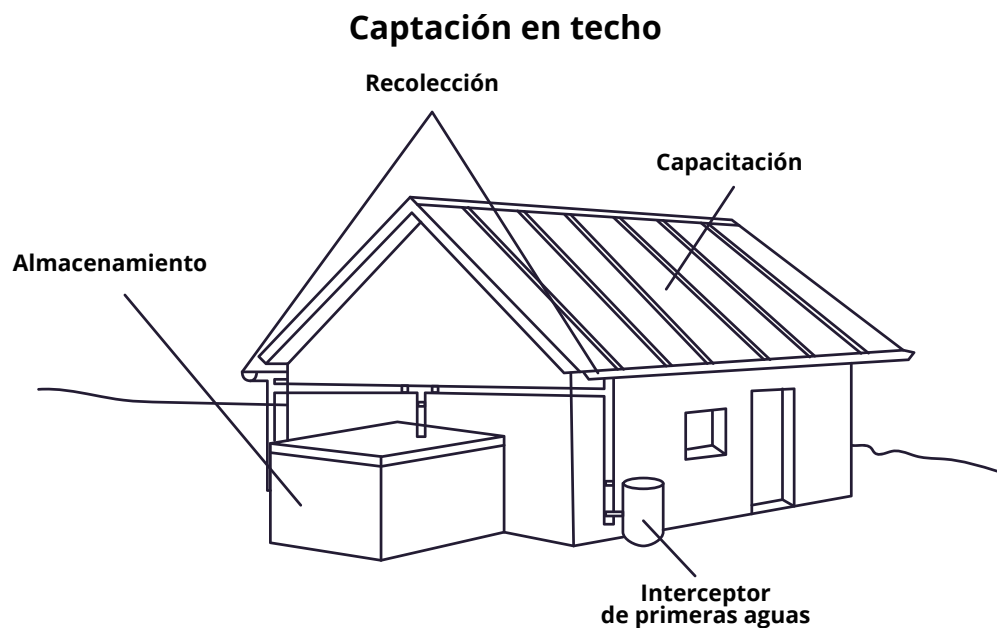
Este volumen se debe incrementar en 1000 L (natas + espacio libre)

$$V = 1000 + N ((C * T) + (Lf * K))$$

TEMA 4. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

Sistema de captación de agua lluvia en techos

Figura 16. SCAPT – Sistema de captación de agua pluvial en techos



Nota. OPS/CEPIS

Para este tipo de captación de agua lluvia se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

CAPTACIÓN

Pendiente del techo no menor de 5 % en dirección de las canales de recolección.

Coefficiente de escorrentía según el material constructivo:

Lámina metálica: 0.9

Tejas de arcilla: 0.8 - 0.9

Madera: 0.8 - 0.9

Paja: 0.6 - 0.7

Recolección

El material de las canales debe ser liviana, resistente al agua y fácil de unir.

Figura 17. Canales para la recolección de agua lluvia

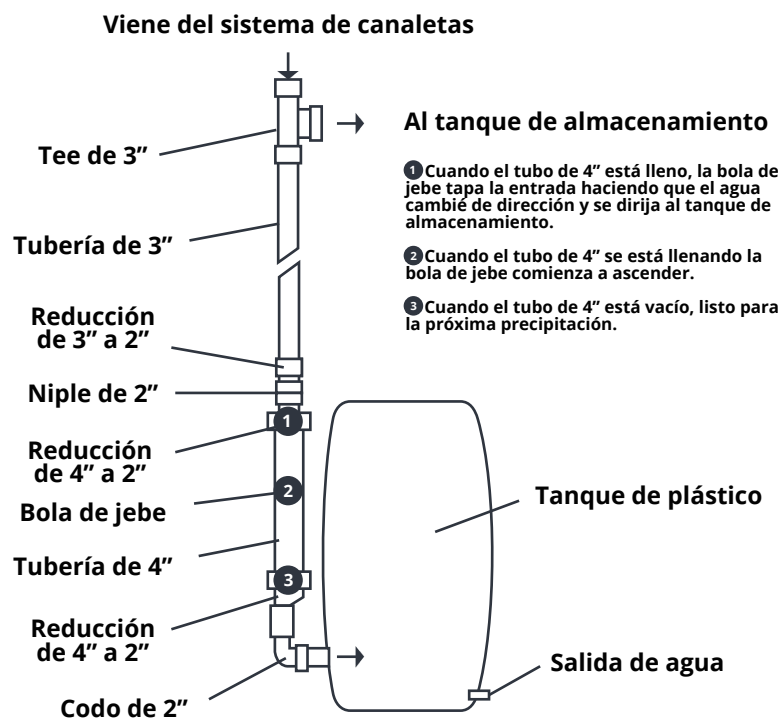


- Las canales puedan ser de PVC, metálicas, galvanizadas o cualquier otro material que no altere las condiciones fisicoquímicas del agua.
- El ancho de la canaleta va de 75 mm a 150 mm.
- El techo deberá prolongarse hacia el interior de la canaleta mínimo 20 % del ancho de esta.
- La velocidad del agua en las canaletas no debe ser mayor a 1 m/seg.

Interceptor

- Dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia.
- Impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada.
- Al inicio del tubo de bajada al interceptor debe haber un ensanchamiento del tubo igual al doble del diámetro de la canaleta para que no hallan reboses.
- La parte superior del interceptor deberá contar con un dispositivo de cierre automático una vez que el tanque de almacenamiento del interceptor se haya llenado con las primeras aguas lluvias

Figura 18. Interceptor de las primeras aguas



Nota. OPS/CEPIS

Almacenamiento:

- El volumen del tanque se diseña a partir de la demanda de agua, de la intensidad de las precipitaciones y del área de captación.
- El tanque tendrá una altura máxima de 2m. En el caso de que sea enterrado no puede estar a menos de 0.3 m del área de la captación.
- El grifo debe estar situado a 10 cm del fondo.
- El volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m² de techo.

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y, además:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración.
- De no más de 2 m de altura para minimizar sobre presiones.
- Con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje.

Tipos de tanques de almacenamiento:

- Mampostería para volúmenes menores 100 a 500 L.
- Ferrocemento para cualquier volumen.
- Concreto para cualquier volumen.

Tratamiento:

- Remover partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas.
- Acondicionamiento bacteriológico.
- El tratamiento puede efectuarse por medio de filtros de mesa de arena seguida de la desinfección con cloro.
- Generalmente se usan sistemas de filtración o de desinfección.



Bases de diseño

- Tener en cuenta los siguientes aspectos:
- Precipitación en la zona. Datos pluviométricos mínimo de los últimos 10 años, preferiblemente de los últimos 15 años.
- Número de personas beneficiadas (promedio de habitantes por vivienda - población).
- Consumo de agua per cápita (dotación).
- Tipo de material del que está o va a estar construida la superficie de captación.

TEMA 5. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN COMUNIDADES RURALES

La inadecuada disposición de los desechos sólidos genera serios problemas como lo es el deterioro del ambiente por contaminación del recurso agua, aire y suelo, afectaciones en la salud pública, malos olores y proliferación de vectores.

Disposición adecuada de los residuos sólidos domésticos

Como primera medida se debe evitar al máximo la producción de residuos desde la fuente de origen (viviendas) y reciclar lo que más se pueda, antes de usar la alternativa de disposición final.

Estas son algunas de las recomendaciones:

Tabla 4.

Separe los residuos en el lugar.
Aproveche los residuos (proceso de reciclaje: para papel, cartón, vidrio, entre otros; además para el proceso de compostaje que sirve como recuperador de suelos).
Almacenar temporalmente los residuos en recipientes con tapa, de material de fácil limpieza y que no tenga acceso a los animales domésticos y/o vectores, el lugar donde esté el recipiente debe estar seco.
Si se cuenta con servicio de recolección domiciliar de los residuos, conozca los horarios y puntos de recolección para poder sacar los residuos y que sean llevados al relleno sanitario, si existe.
Si no existe relleno sanitario, los residuos deben ser descargados en un foso o hueco seco, luego se tapa con una capa de ceniza, o cal y/o tierra.
El foso o hueco debe tener una cubierta de tal forma que evite que el agua de lluvia o animales puedan entrar en él.
No debe quemar los residuos a cielo abierto, ni arrojarlos a las fuentes hídricas.

Nota. MINSALUD (s.f.)

Tratamiento y disposición final de residuos aprovechables

Compostaje

Consiste en la degradación de los desechos sólidos biodegradables con el fin de obtener abono orgánico.

Figura 19. Ciclo del aprovechamiento de los residuos orgánicos



Nota. UAESP (Unidad administrativa especial de servicios públicos)

¿Cómo se hace el compostaje?

Para hacer este proceso se debe preparar el lugar en el que se va a hacer la pila del compostaje (puede ser camas hechas en madera).

Disposición de los desechos sólidos biodegradables

Se deben disponer las capas de la siguiente forma:

1. Capa de desechos sólidos biodegradables.
2. Capa de estiércol.
3. Capa de ceniza o cal (regula el pH y evita la proliferación de vectores).
4. Capa de tierra.

Tapar con plástico para evitar el ingreso de aguas lluvias.

La digestión tarda tres meses.

Después de los tres meses retire la capa de encima y se utiliza el abono orgánico (visualmente el material es oscuro).

Otras alternativas de aprovechamiento de los residuos orgánicos

Figura 20.

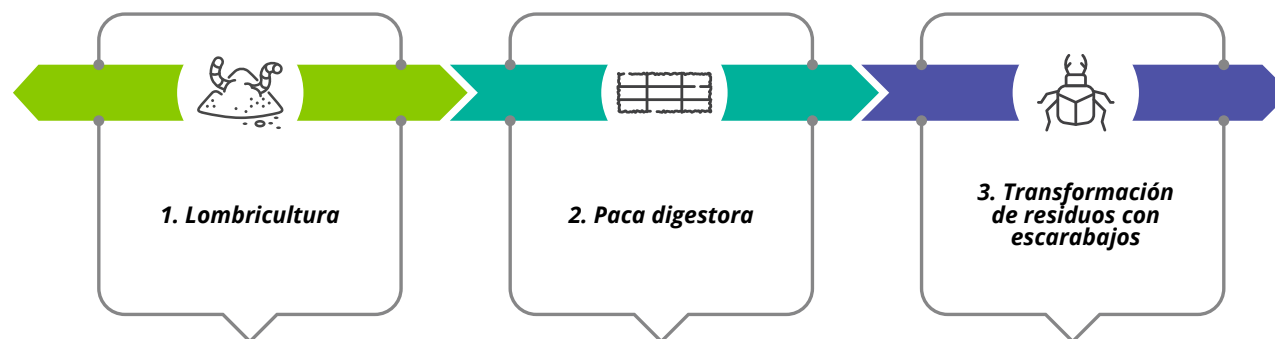


Tabla 5.

Construcción de una paca digestora
1. Colocar el molde en el suelo para empezar a realizar una cama en el fondo, con la ayuda de ramas y palos secos.
2. Cubrir las ramas con pasto y hacer una forma de nido, compactarlo para que quede a una altura de 30 cm y empujarlo a los lados para que quede el centro libre para agregar los residuos.
3. Agregar los residuos orgánicos hasta donde llega el pasto, la idea es que no tengan contacto con el exterior para evitar vectores, malos olores, insectos. Si los residuos orgánicos están muy grandes, es necesario triturarlos para que la descomposición tarde menos tiempo y la paca tenga más firmeza.
4. Agregar otra capa de pasto en forma de nido, y luego se volver a compactar. Realizar este proceso hasta completar toda la capacidad del molde con ayuda de los pies, para que se pueda adecuar más firme el molde y éste no se caiga.
5. Retirar el molde, al notar que la paca ya está suficientemente firme, teniendo como producto final un excelente aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Nota. Pérez, G. S. Tecnologías ecológicas en la paca digestora de desperdicios orgánicos generadoras de ambiente sano, trabajo digno y bienestar comunal.

Tabla 6. Diferencias entre el proceso de compostaje y la lombricultura

Diferencias entre el proceso de compostaje y lombricultura	
	Compostaje
	Forma de realizar el proceso: pilas, se puede a libre exposición o bajo cubierta.
	Tipo de seres vivos que realizan el proceso: microorganismos (el ojo humano no los ve) se llaman hongos y bacterias.
	Forma de realizar el proceso: se puede a campo abierto o bajo cubierta.
	Producto a obtener: compost (abono rico en nutrientes y microorganismos).
	Cuidados del proceso: requiere volteos periódicos, control de humedad y temperatura.

Nota. Adaptado de la cartilla de formación para la certificación en competencias laborales en manejo de residuos sólidos a recicladores de oficio (2008).

RESUMEN

Unidad 2

Todas las personas deben conocer hacia dónde van las aguas residuales cuando salen de las viviendas y la forma correcta como deben ser vertidas para no llevarlas directamente al cuerpo de agua más cercano sin realizar ningún tipo de tratamiento, lo mismo sucede con los residuos sólidos que se generan en las viviendas, no se trata solo de esperar que el carro recolector se lleve los residuos o en el peor de los casos como se hacen en muchas zonas rurales realizar quema al aire libre, además es cierto la poca vida útil que queda a la mayoría de los rellenos sanitarios de Colombia.

Por esto se requiere una verdadera conciencia de todos los daños ambientales que se hacen al agua, al suelo, al aire y también a la salud humana, por las mismas actividades antrópicas e industriales, por la incorrecta gestión de los vertimientos y residuos domésticos. A través de este escenario de formación se conocerá la importancia de diseñar correctamente obras de saneamiento como son los sistemas de alcantarillado convencionales y no convencionales, las plantas de tratamiento de agua residual, métodos y tecnologías para aprovechar los residuos sólidos orgánicos, así como formas para captar y tratar el agua lluvia, ya que en varias zonas rurales este recurso vital es escaso.

GLOSARIO

Unidad 2

- **Aguas lluvias:** aguas provenientes de la precipitación pluvial.
- **Aguas residuales domésticas – ARD:** son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a: 1. Descargas de los retretes y servicios sanitarios. 2. Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (no se incluyen las de los servicios de lavandería industrial).
- **Alcantarillado:** Conjunto de obras para la recolección, conducción, tratamiento y disposición final de las aguas residuales o de las aguas lluvias.
- **Biodegradable:** cualidad de un compuesto químico o sustancia de poder ser degradado por acción biológica.
- **DBO:** demanda bioquímica de oxígeno la cual representa la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos aerobios para asegurar la descomposición de la materia orgánica contenida en el agua que se analizará.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.
- **Lombricultura:** actividad que consiste en complementar con la acción de lombrices de tierra la maduración de la materia orgánica compostada.
- **Red local de alcantarillado:** conjunto de tuberías y canales que conforman el sistema de evacuación de las aguas residuales, pluviales o combinadas de una comunidad, y al cual desembocan las acometidas del alcantarillado de los inmuebles.
- **Residuos sólidos:** son todos aquellos objetos, materiales, sustancias o elementos de consistencia sólida de recipientes, envoltorios, empaques, botellas, frascos, resultantes de los alimentos, y otros artículos de consumo en el hogar.
- **Tanque séptico:** sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas; combina la sedimentación y la digestión. Los sólidos sedimentados acumulados se remueven periódicamente y se descargan normalmente en una instalación de tratamiento.
- **Vertimiento:** descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

LECTURAS SUGERIDAS


Unidad 2

- Banco Mundial. (20 de marzo de 2020). Las aguas residuales no son un residuo. [Video]. YouTube. <https://youtu.be/Z4al-B1y8EM>
- TvAgro. (12 de abril de 2022). Cómo aprovechar el agua lluvia. [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=nwo9agEqgNc>
- Murcia. (16 de noviembre de 2010). Planta de tratamiento de agua residual PTAR el salitre en Bogotá. [Video]. YouTube. <https://youtu.be/m4IK-Vyzjms>
- Organización Mundial de la salud. (2019). Guías para el saneamiento y la salud. OMS. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330097/9789243514703-spa.pdf>
- Organización Mundial de la Salud & Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) . (2021) . Estado mundial del saneamiento: un llamamiento urgente a transformar el saneamiento para mejorar la salud, los entornos, las economías y las sociedades. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/342012>.
- Pérez, G. S. (2018). ¿Qué es la paca digestora Silva? Un reciclaje orgánico limpio y saludable. TecsisecatI, (23).



REFERENCIAS

Unidad 2

- Arteaga Mora, P. A. (2003). Depuración avanzada de agua residual, aplicación a la filtración, al microtamizado y a la eliminación de nutrientes (Bachelor's thesis). <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/7358>
 - Banco Mundial. (2020). Aplicar acciones más inteligentes en aguas residuales mediante la economía circular: El caso de Bogotá. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/aplicar-acciones-mas-inteligentes-en-aguas-residuales-mediante-la-economia-circular-el>; consultado: octubre de 2022.
 - Cáceres Magnus, H. (2018). Guía para la construcción de cámaras sépticas y sistemas de infiltración a nivel domiciliario. In Guía para la construcción de cámaras sépticas y sistemas de infiltración a nivel domiciliario (pp. 63-63).
 - Casas-Matiz, E., & Martha Lucía Malagón Micán. (2019). Manejo del agua lluvia en el campus de la universidad de américa. [Water management rain in the campus of the Universidad de América] *Gestión y Ambiente*, 22(1) doi:<https://doi.org/10.15446/ga.v22n1.75334>.
 - Frers, C. (2008). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. *Observatorio Medioambiental*, (11), 301-306.
 - Hernández-Moreno, C. A., & Medina-Ramírez, C. C. (2018). Análisis de alternativas no convencionales para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales que se generan en el sector rural. Caso de estudio: Mundo Nuevo-Calera.
 - Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática, Departamento de Saneamiento, Agua y Residuos Sólidos para el Desarrollo (Sandec) Dübendorf, Switzerland. (2018). Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento.
 - Jacome-Pilco, C., Ballesteros, C., Rea, E., Cayambe, L. M. R., & Poma-Villafuerte, P. (2021). Microalgas en el tratamiento de aguas residuales generadas en industrias de curtiembres. [Microalgae in the treatment of wastewater from the curtiembres industry] *Ciencia y Tecnología*, 14(2), 47-55. doi:<https://doi.org/10.18779/cyt.v14i2.502>.
 - MacDonald, M. (2017). Guía de planeación estratégica para el manejo de residuos sólidos de pequeños municipios en Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio, 107.
- 

REFERENCIAS

Unidad 2

- Organización Panamericana de la Salud. (2017). Agenda de Salud Sostenible para las Américas 2018-2030 (CSP29/6).
- Pérez, G. S. (s.f.). Tecnologías ecológicas en la paca digestora de desperdicios orgánicos, generadoras de: ambiente sano, trabajo digno, bienestar comunal. NOTA DE AGRADECIMIENTO, 8.
- Ramírez-Escobar, C. A., & Buriticá-Arboleda, C. I. (2021). Prototipo de cosecha inteligente de agua lluvia para mejorar la eficiencia energética residencial en Bogotá. *Tecnura*, 25(69), 171-195.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico–RAS Título E (2010). Tratamiento de aguas residuales municipales.
- Rodríguez, J. D., Serrano, H., Delgado, A., Nolasco, D., & Gustavo, S. (2020). De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe. Banco Mundial, Washington, DC.
- Senante, M. M., Sancho, F. H., & Garrido, R. S. (2012). Estado actual y evolución del saneamiento y la depuración de aguas residuales en el contexto nacional e internacional. *Anales De Geografía De La Universidad Complutense*, 32(1), 69-89. Retrieved from <https://www.proquest.com/scholarly-journals/estado-actual-y-evolución-del-saneamiento-la/docview/1033050286/se-2>.
- Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. (2020). Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado. https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inlinefiles/informe_sectorial_aa_30-12-21_vf%20%281%29.pdf.
- Unatsabar, C. (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. OPS/CEPIS.
- "WWAP (Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos). (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. París, UNESCO". <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019#download>; consultada el 4 de noviembre de 2022.



CRÉDITOS

Autor de contenido: Nancy Carolina Amaya Camargo
Equipo de producción Dirección de Virtualidad
Directora virtual: Anny Daian Garzón Madero
Coordinador pedagógico: Germán Darío García Largo
Correctora de estilo: Ángela Viviana Silva Rodríguez
Administrador aulas virtuales: Robinson Leonardo Pimiento Gómez
Virtualizadora: Nathalia Duarte Gallo
Diseñadora gráfica: Lina María Trujillo Zuluaga

2022

Versión 4.1

