



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**

Catálogo de

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

VICEMINISTERIO DEL AGUA.

Introducción

El tratamiento de las aguas residuales ha sido una tarea pendiente por décadas, debido a la falta de recursos, acompañamiento técnico y voluntad política. Sin embargo, garantizar la calidad de las aguas de nuestros ríos y lagos es un compromiso ineludible para poder avanzar el bienestar de la gente y de la naturaleza en todos los municipios.

En cumplimiento del mandato constitucional de promover el desarrollo social, económico y tecnológico, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) elaboró este Catálogo de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales. Si bien la competencia de tratar las aguas residuales municipales es de los gobiernos municipales —según lo establece el Código de Salud y el Código Municipal—, se trata de un desafío que requiere un esfuerzo nacional para que las municipalidades cuenten con el necesario respaldo técnico, financiamiento y coordinación interinstitucional.

Este catálogo también responde a los compromisos adquiridos en el Sistema de Consejos de Desarrollo en 2025 y refleja la visión del CONADUR, que en su Punto Resolutivo 7-2025 subraya la importancia de considerar las tecnologías desarrolladas por el MARN en los proyectos de tratamiento de aguas residuales. El Sistema de Consejos, como principal canal de participación ciudadana, fortalece la planificación democrática y promueve principios esenciales de conservación ambiental y eficiencia administrativa.

Este catálogo se concibe como una herramienta práctica (no obligatoria) para que las entidades públicas de inversión formulen proyectos sólidos y sostenibles. Ofrece soluciones tecnológicas flexibles, adaptadas a las condiciones demográficas, topográficas y sociales de cada territorio, considerando desde sistemas comunitarios de pequeña escala, hasta tecnologías convencionales para proyectos de mayor magnitud.

Con esta publicación, reafirmamos nuestro compromiso de contribuir a garantizar el derecho humano a un ambiente sano, preservar la naturaleza y fortalecer las economías. Este catálogo es una invitación a construir juntos un futuro más limpio, justo y sostenible.

Contenido:

Tecnologías de Pequeña Escala	6
Pre-tratamiento	8
Tecnología 1: Trampa de grasas.	9
Tratamiento Primario	12
Tecnología 2: Fosa Séptica.	13
Tecnología 3: Eco digestor.	15
Tecnología 4: Lombrifiltro.	17
Tratamiento Secundario / Disposición	20
Tecnología 5: Pozo de absorción.	21
Tecnología 6: Zanjas de Absorción.	23
Tecnologías Convencionales de Mediana y Gran Escala	26
Pre-tratamiento	28
Tecnología 7: Canales de rejillas (cribas).	29
Tecnología 8: Desarenador.	31
Tecnología 9: Medidores de caudal.	33
Tratamiento Primario	36
Tecnología 10: Tanque Imhoff.	37
Tecnología 11: Sedimentador Primario Dortmund.	39
Tratamiento Secundario	42
Tecnología 12: Sedimentador Secundario Dortmund.	43
Tecnología 13: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente –RAFA–.	45
Tecnología 14: Reactor de lodos activados.	47
Tecnología 15: Filtro biológico o percolador.	49
Tecnología 16: Laguna de estabilización tipo anaeróbica.	51
Tecnología 17: Laguna de estabilización tipo Facultativa.	53
Tratamiento Terciario	56
Tecnología 18: Humedales.	57
Tecnología 19: Laguna de estabilización de maduración.	59
Tecnología 20: Fotobiorreactor de algas clorofitas.	61
Tecnología 21: Biorreactor de membrana.	63
Tecnología 22: Patio de secado de lodos.	65
Fuentes de consulta.	67

Tecnologías de Pequeña Escala:

Estas tecnologías son adecuadas para proyectos con cobertura de 1 hasta 50–100 conexiones domiciliarias, dependiendo de las condiciones demográficas, topográficas y sociales de cada comunidad. Permiten soluciones flexibles y eficientes en zonas pequeñas o dispersas.

Pre-tratamiento

Tecnología 1: Trampa de grasas

Generalidades técnicas:	Dependiendo si el sistema es familiar o comunitario, la trampa de grasas puede ocupar desde 0.25 m ² hasta 4.00 m ² .
Mantenimiento:	Bajo: Su mantenimiento es sencillo para una familia campesina. Como desecante y alcalinizante puede usarse la ceniza producto de la estufa, o tierra seca mezclada con cal.
Costo aproximado:	Q500 a Q2,000, dependiendo si es construida in situ o prefabricada.
Ventajas:	Ya existen en el mercado este tipo de trampas de grasas, se sugiere revisar las especificaciones de uso, operación y mantenimiento de las mismas para su optimización.
Desventajas:	Por mal mantenimiento la grasa no removida puede ocasionar obstrucciones al sistema de tratamiento.
Fuente:	OPS/OMS (2009), Saneamiento Rural y Salud, Guía para acciones a nivel local.

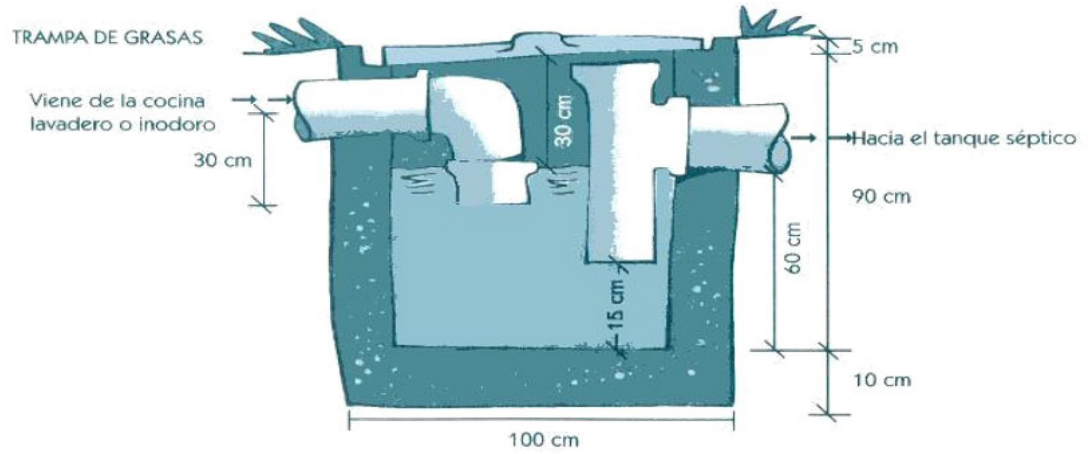


Figura 1. Dimensiones trampa de grasa típica.

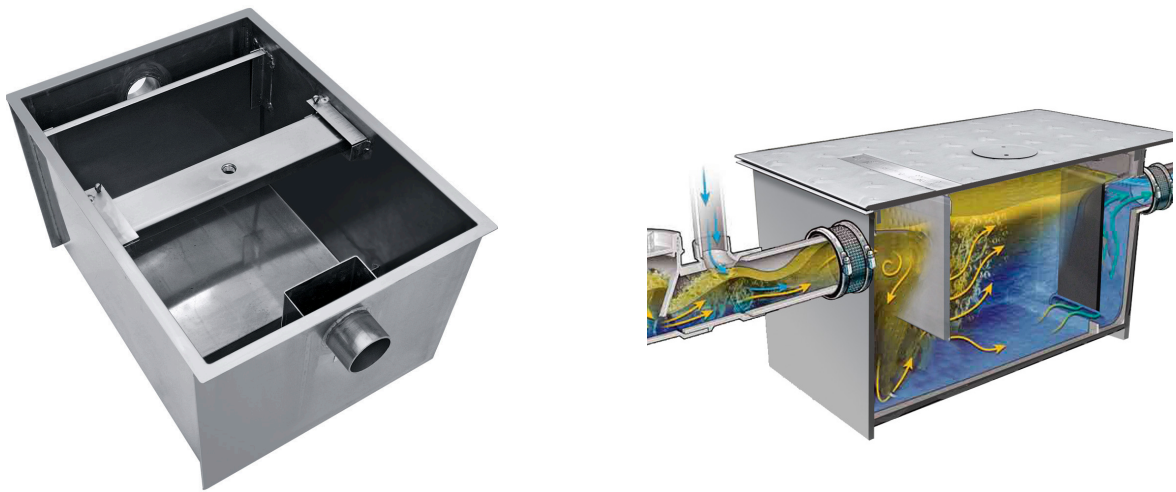


Figura 2. Trampas de grasa.

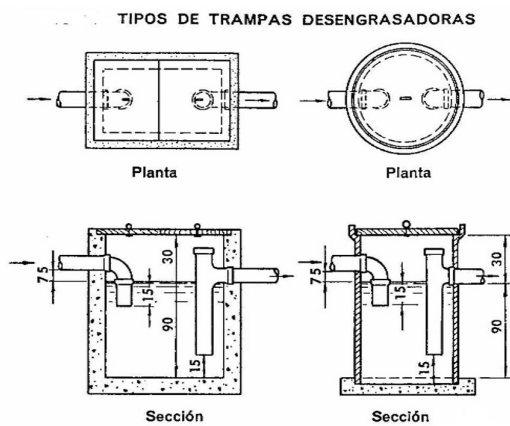


Figura 3. Trampas de grasa circulares y rectangulares.



Figura 4. Trampa de grasa rectangular.

Tratamiento Primario

Tecnología 2: Fosa Séptica

Generalidades técnicas:	<p>Altura útil:</p> <p>1.70 metros hasta 19 personas;</p> <p>2.00 metros hasta 35 personas.</p> <p>2.30 metros hasta 50 personas.</p> <p>2.50 metros hasta 100 personas.</p>
Mantenimiento:	<p>Bajo:</p> <p>Su mantenimiento es sencillo para una familia campesina.</p> <p>Como desecante y alcalinizante puede usarse la ceniza producto de la estufa, o tierra seca mezclada con cal.</p>
Costo aproximado:	<p>Q500-Q1000/persona, sin considerar los terrenos.</p>
Ventajas:	<p>Entre las ventajas de una fosa o pozo séptico se encuentran su bajo costo y la posibilidad de instalarlo en áreas rurales o remotas.</p> <p>Además, es una opción ecológica, ya que permite el tratamiento de los desechos de forma natural, sin utilizar productos químicos.</p> <p>En conclusión, un pozo séptico es una alternativa viable y ecológica para el tratamiento de aguas residuales en zonas sin acceso a redes de alcantarillado. Sin embargo, es fundamental llevar a cabo un mantenimiento adecuado y limpieza para asegurar su eficiencia y evitar riesgos ambientales.</p>
Desventajas:	<p>Existen desventajas, como la necesidad de un espacio amplio para su instalación y el riesgo de contaminación del suelo y fuentes de agua cercanas si no se realiza un correcto mantenimiento y limpieza.</p>
Fuente:	<p>MSPAS, 2011, Guía de normas para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales en zonas rurales de Guatemala.</p> <p>OPS/OMS, 2009, Saneamiento Rural y Salud, Guía para acciones a nivel local.</p>

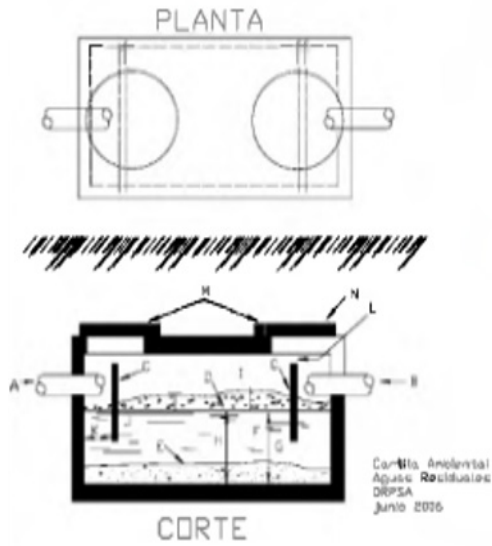


Figura 5. Sección de una Fosa Séptica.



Figura 8. Fosa Séptica.

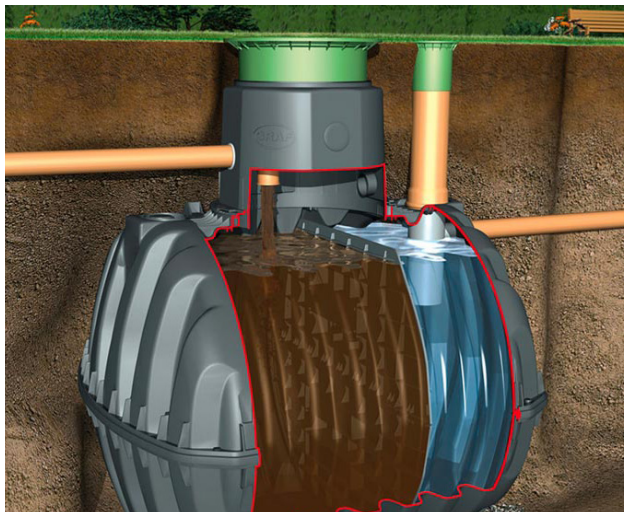


Figura 6. Fosa Séptica.



Figura 9. Fosa Séptica.

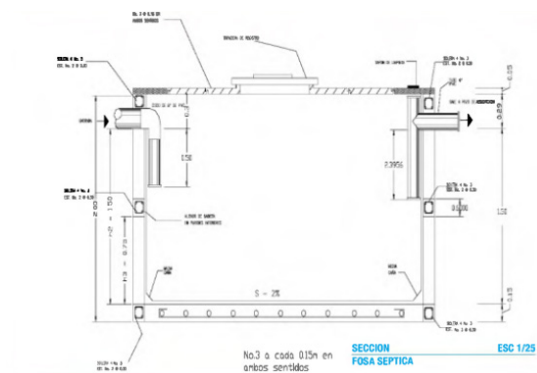


Figura 7. Planta de una Fosa Séptica.

Tecnología 3: Eco digestor

Generalidades técnicas:	Aproximadamente 20 a 50 m2. Se puede acondicionar en diferentes puntos de un terreno.
Mantenimiento:	Medio: El Eco digestor, es un sistema que permite dar un tratamiento primario a las aguas residuales de uso doméstico, de bajo costo, fácil mantenimiento, es construido con material local y mano de obra de amplia disponibilidad.
Costo aproximado:	Q 8,500.00/ familia.
Ventajas:	Evita la contaminación de mantos freáticos. Se aprovechan las aguas para riego de plantas ornamentales o bosque. Se pueden aprovechar los lodos como material orgánico abonable. Ajustable a las condiciones topográficas del lugar. 40% más barato que el modelo comercial.
Desventajas:	Necesita mano de obra calificada. Inversión en materiales y armado in situ. Es necesario capacitar a los miembros de las familias en los temas de operación y mantenimiento. Asistencia técnica de parte del personal de la municipalidad o MSPAS.
Fuente:	Water for people, Guatemala, 2025.

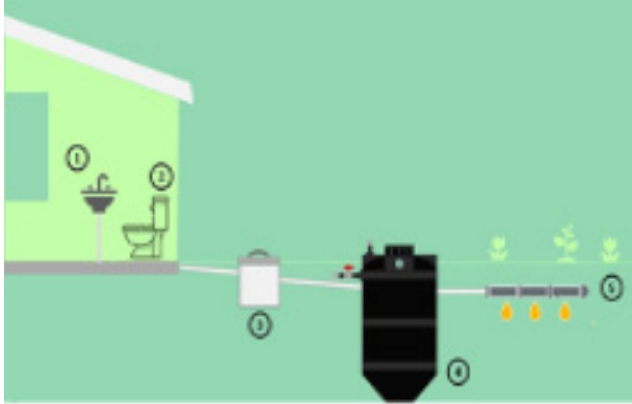


Figura 10. Localización del eco-digestor.



Figura 11. Biodigestor.

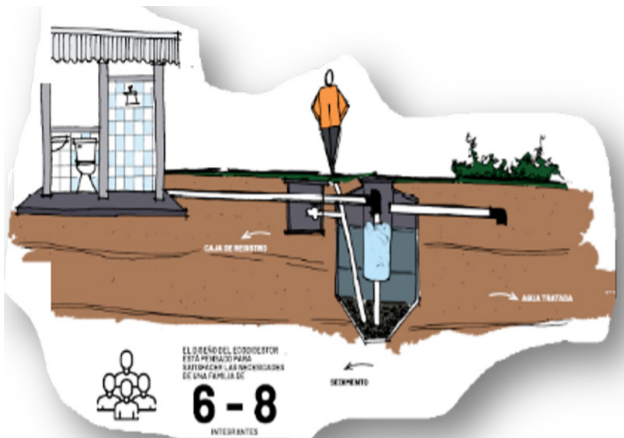


Figura 12. localización del eco digestor.



Figura 13. Biodigestor.

Tecnología 4: Lombrifiltro

Generalidades técnicas:	Se estima que se necesita alrededor de 0.75 m ² de superficie de lombrifiltro por habitante. Esta tecnología podría escalar-se para proyectos de hasta 5000 conexiones.
Mantenimiento:	Bajo: Se diseñarán cribas de limpieza manual, cuando las cantidades de material cribado sean manejables por dos turnos de cuadrillas de dos operadores. Se necesita iluminación para operación por la noche.
Costo aproximado:	Inversión inicial Q4,000.00/persona.
Ventajas:	Sistema ecológico que permite el reuso de las aguas tratadas. Produce lodos estables que pueden ser utilizado como abono natural. Alta eficiencia en el tratamiento de sólidos y líquidos orgánicos. Los lombrifiltros no se colmatan, esto por la acción constantes de las lombrices que aseguran la alta permeabilidad del biofiltro.
Desventajas:	Requiere de grandes volúmenes de reactor para su implementación. No resiste periodos sin alimentación- Necesidad de suministrar nutrientes. Requiere de un proceso de adaptación -Arranque complejo. No es recomendable para tratar grandes volúmenes de efluente.
Fuente:	CONAMA, Chile, Fundación Chile. Viceministerio de Agua y Saneamiento, Bolivia, Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales.

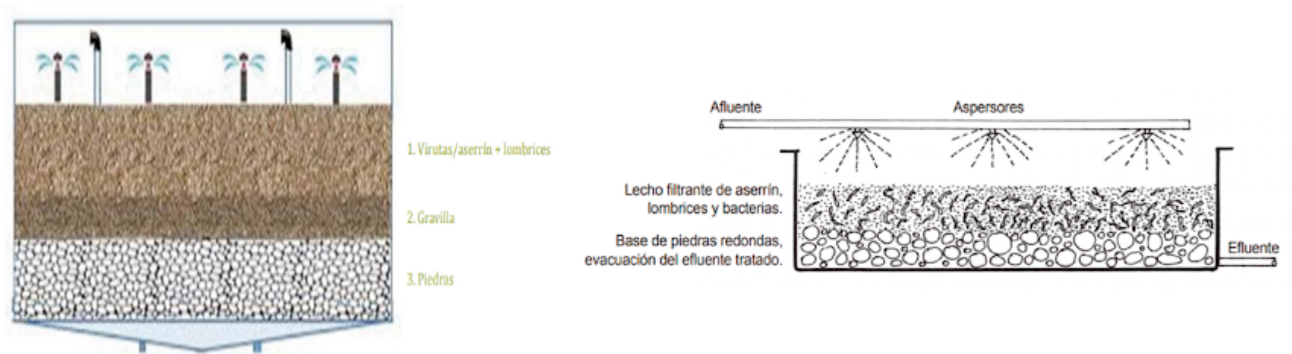


Figura 14. Lombrifiltro.



Figura 15. Aspersores para distribución de las aguas y tuberías de ventilación. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia



Figura 16. Instalación de lombrifiltro.

Tratamiento secundario / Disposición

Tecnología 5: Pozo de absorción

Generalidades técnicas:	<p>Suele tener un diámetro de 1 a 2.5 metros y una profundidad de 2 a 5 metros.</p> <p>Las paredes laterales están revestidas con ladrillo o piedras sin mortero por debajo de la tubería de la entrada.</p> <p>El hoyo puede rellenarse con piedra, en cuyo caso no se necesita revestimiento.</p>
Mantenimiento:	<p>Medio:</p> <p>El pozo de absorción debe cerrarse con una tapa hermética que impida el acceso de los mosquitos y de las moscas, así como la entrada de aguas superficiales. La duración útil de un pozo de absorción suele ser de varios años (de 6 a 10), si el efluente no es muy turbio.</p>
Costo aproximado:	Q500-Q1,000/persona, sin considerar los terrenos.
Ventajas:	<p>En los suelos homogéneos la posibilidad de que se contaminen las aguas subterráneas es completamente nula, si el fondo del pozo está a más de 3 metros por encima de la capa de aguas freáticas.</p> <p>El pozo de absorción Cuando un pozo de absorción deja de funcionar, debe excavarse otro a varios metros de distancia. La distancia entre cada pozo deberá ser por lo menos tres veces mayor que el diámetro del pozo más ancho.</p>
Desventajas:	<p>Para evitar todo tipo de contaminación bacteriana, la distancia que debe existir entre el pozo de absorción y el suministro de agua o de la vivienda debe ser como mínimo 15 metros.</p> <p>Para evitar la contaminación química, la distancia entre un pozo de absorción y uno de agua potable no debe ser menor de 45 metros, por lo menos de los cimientos de las viviendas.</p> <p>El pozo deberá instalarse de preferencia en terreno seco y por encima del nivel de las inundaciones.</p>
Fuente:	OPS/OMS, 2009, Saneamiento Rural y Salud, Guía para acciones a nivel local.

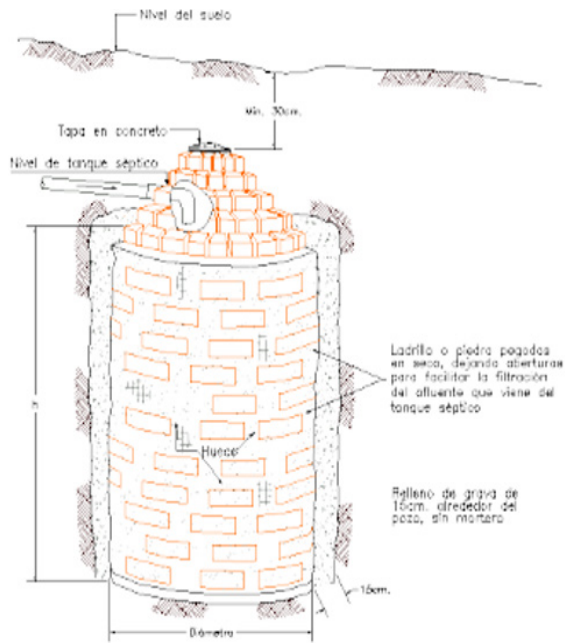


Figura 17. Localización de un pozo de absorción.

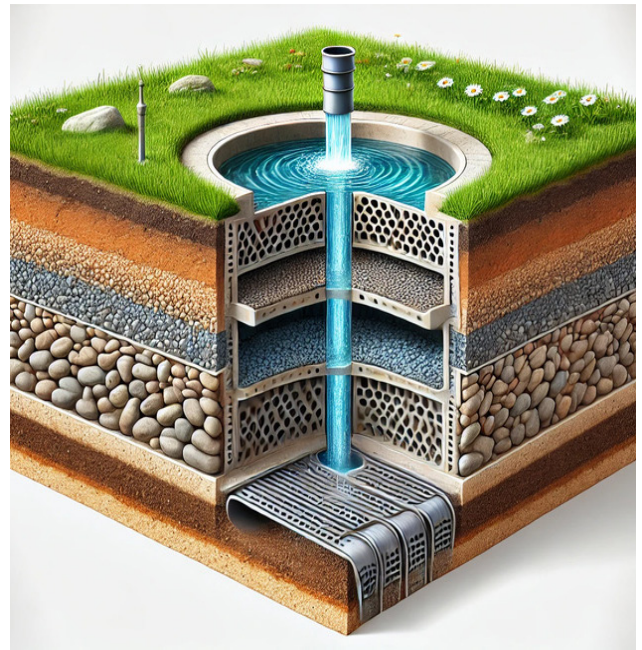


Figura 18. Pozo de absorción.

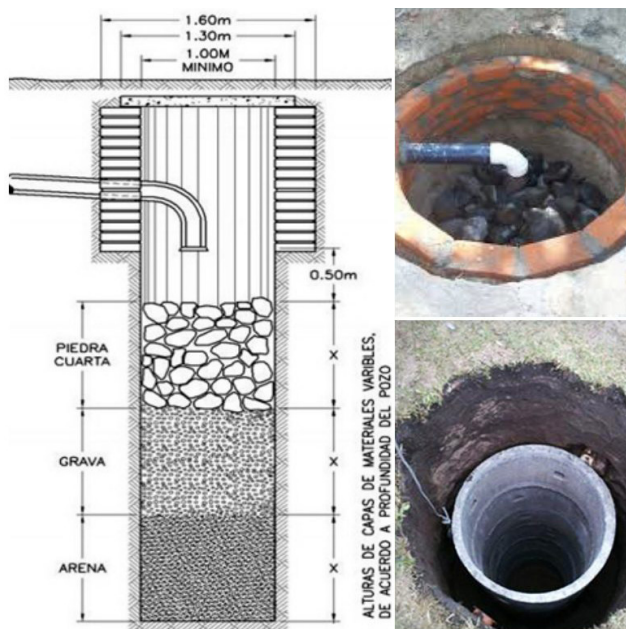


Figura 19. Planta y sección de un pozo de absorción.

Tecnología 6:

Zanjas de Absorción

Generalidades técnicas:	<p>Las cañerías que se usan para los sistemas de drenajes tienen de 3" a 4" de diámetro y se colocan con pendiente de 0.16 a 0.50%. La altura mínima del ripio bajo los tubos es de 0.15 a 0.20m.</p> <p>La separación entre filas paralelas de tubos no debe ser inferior a 1.85m, recomendándose una distancia no inferior a 3.0 m para el drenaje de 1 de profundidad.</p>
Mantenimiento:	<p>Medio:</p> <p>Este sistema se utiliza de preferencia cuando hay acuíferos relativamente superficiales y estratos impermeables a poca profundidad, se recomiendan cuando la prueba de infiltración es mayor de 30 minutos para infiltrar 2.5 cms. y menor de 60 minutos.</p>
Costo aproximado:	Q500/m2
Ventajas:	<p>Económico, fácil de hacer y el mantenimiento es mínimo.</p> <p>Pueden construirse cerca de las viviendas.</p> <p>Evita la contaminación y elimina los criaderos de zancudos y mosquitos.</p>
Desventajas:	<p>No se puede utilizar si el subsuelo no es poroso.</p> <p>El nivel de las aguas subterráneas no deberá estar a menos de 1.20 metros de la superficie.</p> <p>No es aplicable en los suelos arcillosos impermeables ni en los terrenos pantanosos.</p>
Fuente:	OPS/OMS, 2009, Saneamiento Rural y Salud, Guía para acciones a nivel local.



Figura 20. Localización de la zanja de absorción.

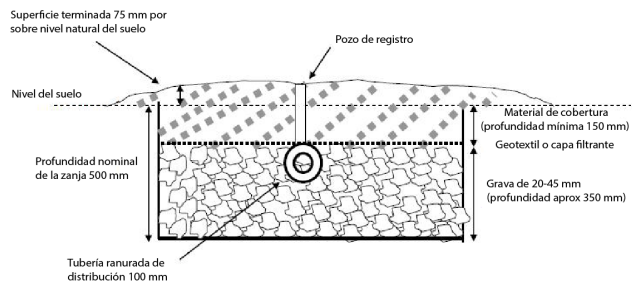


Figura 21. Dimensiones de la Zanja de absorción.

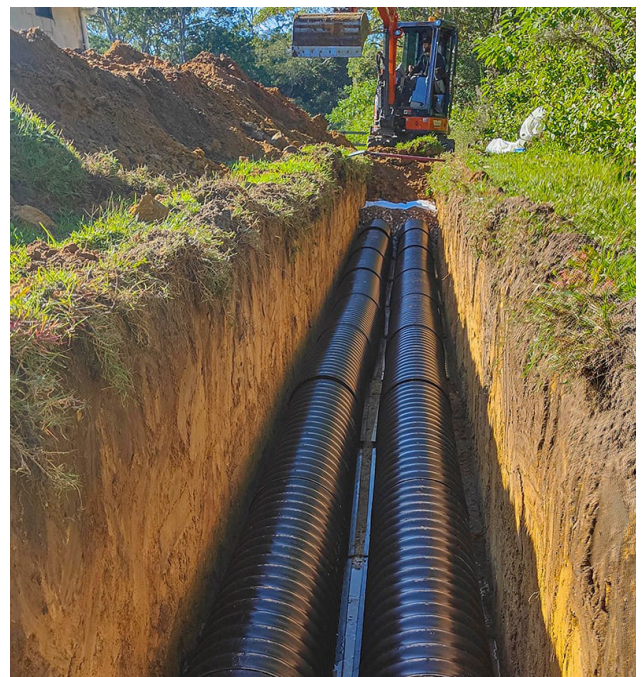


Figura 22. Interior de la Zanja de absorción.

Tecnologías Convencionales de Mediana y Gran Escala

Tecnologías diseñadas para proyectos con más de 50–100 conexiones domiciliarias, con un límite inferior que puede ajustarse según las condiciones demográficas, topográficas y sociales. Son adecuadas para atender comunidades de mayor escala con eficiencia.

Pre-tratamiento

Tecnología 7:

Canales de rejas (cribas)

Generalidades técnicas:	<p>La cámara de rejas es la primera operación del proceso de tratamiento, tiene como objetivo la remoción de los materiales gruesos, los que pueden perjudicar en la obstrucción de las unidades de tratamiento. Área aproximada 0.50 m²</p> <p>Está formada por barras metálicas separadas comúnmente 2.5 cms. y colocadas en ángulo de 30 a 60 grados respecto a la horizontal.</p>
Mantenimiento:	<p>Bajo:</p> <p>Se diseñarán cribas de limpieza manual, cuando las cantidades de material cribado sean manejables por dos turnos de cuadrillas de dos operadores.</p> <p>Se necesita iluminación para operación por la noche.</p>
Costo aproximado:	Q500-Q1000/Unidad.
Ventajas:	<p>Remueven sólidos gruesos que perjudican los procesos del tratamiento posterior.</p> <p>Debe disponerse de lugar apropiado para disponer el material cribado, no más de dos días.</p> <p>Protegen las bombas y otros sistemas mecanizados.</p>
Desventajas:	<p>Necesita mantenimiento constante (remoción de los sólidos).</p> <p>Se necesita lugar para disponer los sólidos retenidos, además de tierra para cubrirlos, por lo menos 0.20 m.</p>
Fuente:	<p>USAID/EPA, (2007). Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América.</p> <p>OPS/OMS, 2009, Saneamiento Rural y Salud, Guía para acciones a nivel local.</p>

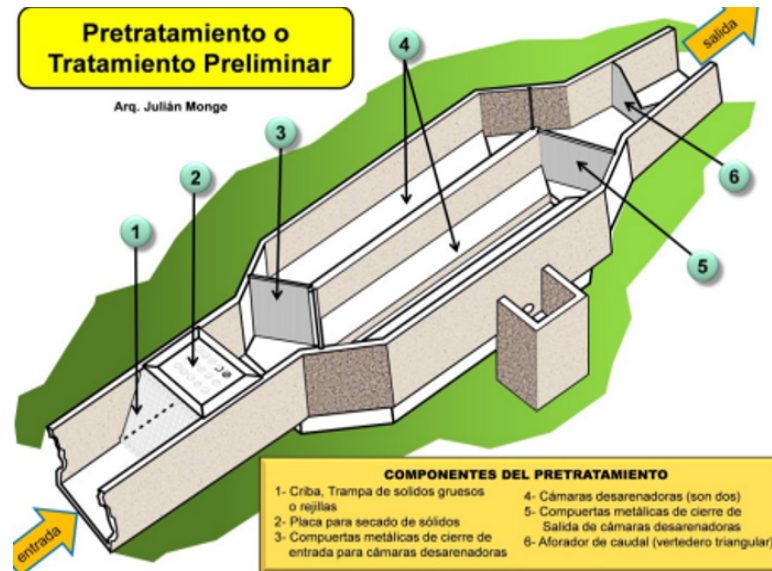


Figura 23. Componentes del pretratamiento.



Figura 24. Canal de rejillas en funcionamiento.

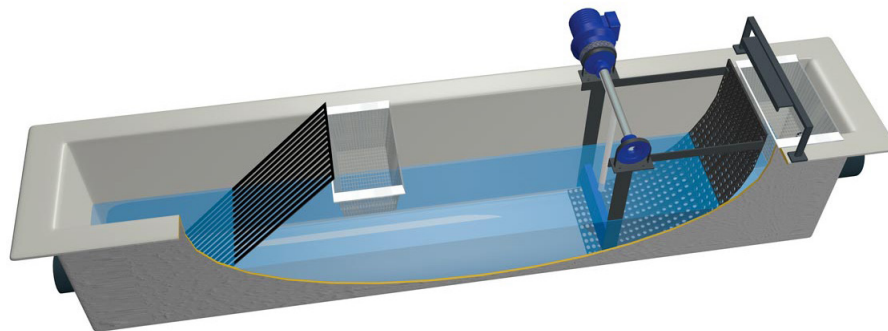


Figura 25. Canal de rejillas en funcionamiento.

Tecnología 8: Desarenador

Generalidades técnicas:	La relación entre el largo y la altura de agua debe ser como mínimo 25. La altura del agua y borde libre debe comprobarse para el caudal máximo horario. Se proyectarán desarenadores con la finalidad de proteger a las unidades que están aguas abajo contra la acumulación de arena, detritos y otros materiales inertes y también a las bombas contra desgaste.
Mantenimiento:	Medio: La inclusión de desarenadores es obligatoria en las plantas que tienen sedimentadores y digestores. Los desarenadores serán de limpieza manual. Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual a superior a 0.2 mm.
Costo aproximado:	Q5,000 a Q10,000/unidad.
Ventajas:	Aunque el mantenimiento no es complicado, si se necesita constante disposición final de la arena retenida, lo que incluye personal que la remueva constantemente (no más de dos días). El control de la velocidad para diferentes tirantes de agua se efectuará con la instalación de un vertedero a la salida del desarenador.
Desventajas:	Se deben incluir compuertas para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades. Se deben incluir mecanismos en el caso de desarenadores para instalaciones grandes. Se necesita un cronograma de remoción de arenas y un lugar para su disposición final, en función de la generación de los residuos del tratamiento.
Fuente:	USAID/EPA, (2007). Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América. Girón, Rubén, Tesis USAC (2004), Consideraciones Ambientales PTAR, Colonia Tesoro, Mixco.



Figura 26. Desarenadores contruidos en paralelo, uno en operación y el otro en mantenimiento.



Figura 27. Desarenadores.

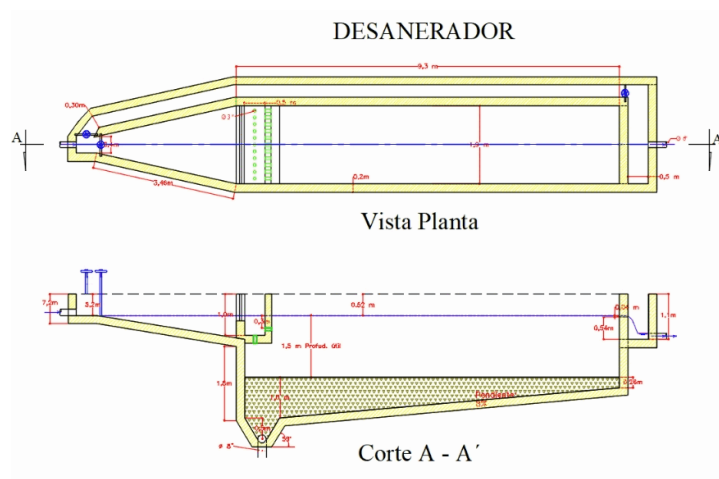


Figura 28. Corte y planta, desarenadores.

Tecnología 9: Medidores de caudal

Generalidades técnicas:	<p>Vertedero en "V": consiste en una barrera o placa fabricada de lámina de hierro de 1/8" de espesor con una abertura a 90° sobre el vértice; permite medir la carga hidráulica o caudal de entrada a la planta de tratamiento.</p> <p>Canaleta Parshall: son prefabricadas hechas de fibra de vidrio. Las dimensiones de las canaletas Parshall que se venden son estandarizadas y se utilizan para obtener mediciones de caudal.</p>
Mantenimiento:	<p>Medio:</p> <p>No requieren mucha área; sin embargo considerar en el caso del vertedero en "V" unos 0.5 m² y en el caso de la canaleta Parshall hasta 2 m².</p>
Costo aproximado:	Q500 a Q1,000/unidad.
Ventajas:	<p>De manera eficiente permite medir la velocidad del caudal de ingreso a las unidades de tratamiento.</p> <p>Las formas de los medidores permiten calcular caudales en forma inmediata, en base a una ecuación simple.</p>
Desventajas:	<p>Los medidores metálicos tienen una vida menor que los plásticos o de fibra de vidrio.</p> <p>Dependiendo de los materiales la vida útil de los medidores puede variar.</p>
Fuente:	USAID/EPA, (2007). Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América.



Figura 29. Vertedero triangular.



Figura 30. Canaleta Parshall.

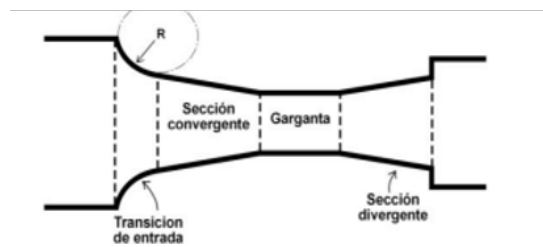


Figura 31. Esquema de Canaleta Parshall

Tratamiento Primario

Tecnología 10: Tanque Imhoff

Generalidades técnicas:	<p>El objetivo del tanque Imhoff busca remover los sólidos sedimentables totales del agua residual. Se recomienda su uso para comunidades de hasta cinco mil habitantes.</p> <p>Área entre 20 a 50 m².</p> <p>Circulares para 2,500 personas, 7 a 8 m de diámetro.</p>
Mantenimiento:	<p>Medio:</p> <p>Los tanques Imhoff pueden utilizarse como tratamiento primario, y para almacenar y estabilizar los lodos en exceso producidos en el tratamiento secundario (Filtros Percoladores, Biodiscos, etc.).</p>
Costo aproximado:	Q500 a Q1,500/m ³ .
Ventajas:	<p>Contribuye a la digestión del lodo, mejor que un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.</p> <p>El lodo se seca y se evacua con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.</p> <p>Las aguas servidas que se introducen en los tanques Imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenas.</p>
Desventajas:	<p>La principal desventaja del tanque Imhoff es que el efluente aún contiene una gran carga orgánica y microbiológica por lo que se necesita algún tratamiento posterior a estos.</p> <p>Se requiere personal en al menos dos turnos, calificado, con equipo personal de protección y equipo para el trabajo de la unidad.</p> <p>Son estructuras profundas. (> 6m).</p> <p>Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando este vacío.</p>
Fuente:	<p>MARN, (2022), Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador.</p> <p>MSPAS, 2011, Guía de normas para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales en zonas rurales de Guatemala.</p> <p>UNAM. (2013) selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales.</p>

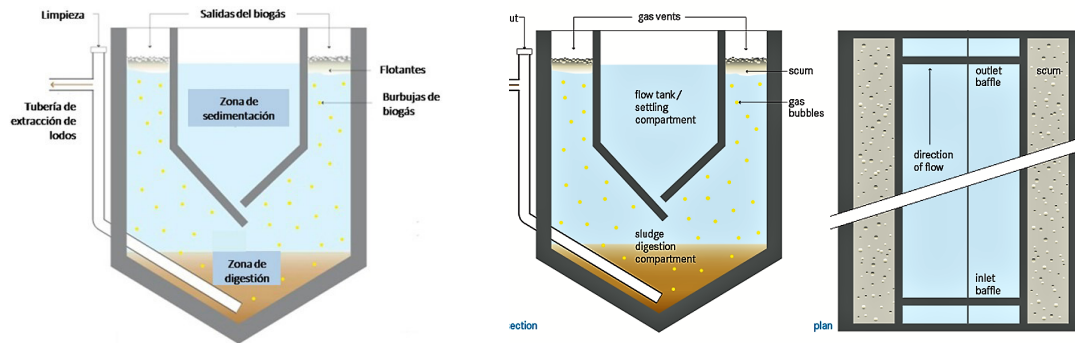


Figura 32. Esquema de un tanque Imhoff.

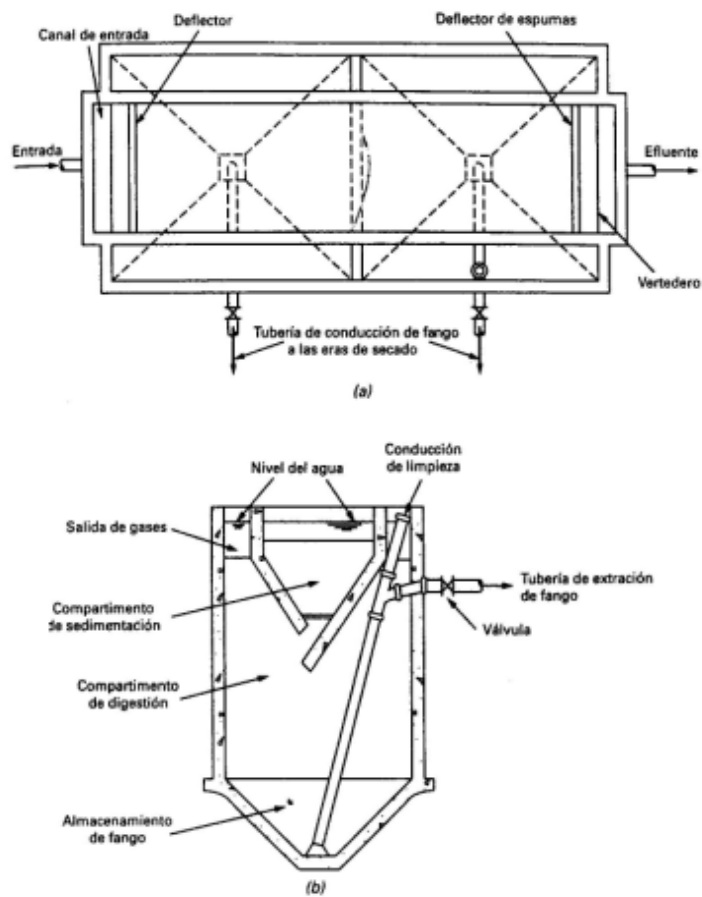


Figura 33. Componentes del Imhoff.

Tecnología 11: Sedimentador Primario Dortmund

Generalidades técnicas:	20 a 50 m2. Se construye de concreto tiene forma cónica; mantiene en reposo el agua y logra que los sólidos sedimentables decanten y caigan al fondo de la unidad. Permite que muchos flotantes que no son retenidos en las rejillas, sean retenidos en la pantalla central.
Mantenimiento:	Medio: Personal debe ser contratado, equipado y capacitado para el manejo de los lodos.
Costo aproximado:	Q500-Q2000/m3.
Ventajas:	A la salida de este sedimentador la eficiencia final en el tratamiento será mayor del 90%. El agua que sale del filtro percolador arrastra partículas de la película biológica que se muere y desprende del material pétreo; este sedimentador se utiliza para remover ese material desprendido.
Desventajas:	En estas unidades no se tratan los lodos por lo que necesitan de tratamiento adicional que es el Digestor de lodos, estos son evacuados hacia el digestor por presión hidrostática. Necesita remoción de lodos y lugares adecuados para su tratamiento y disposición final.
Fuente:	USAID/EPA, (2007). Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América. MARN, (2022), Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador.



Figura 34. Sedimentador Circular Primario Dortmund.

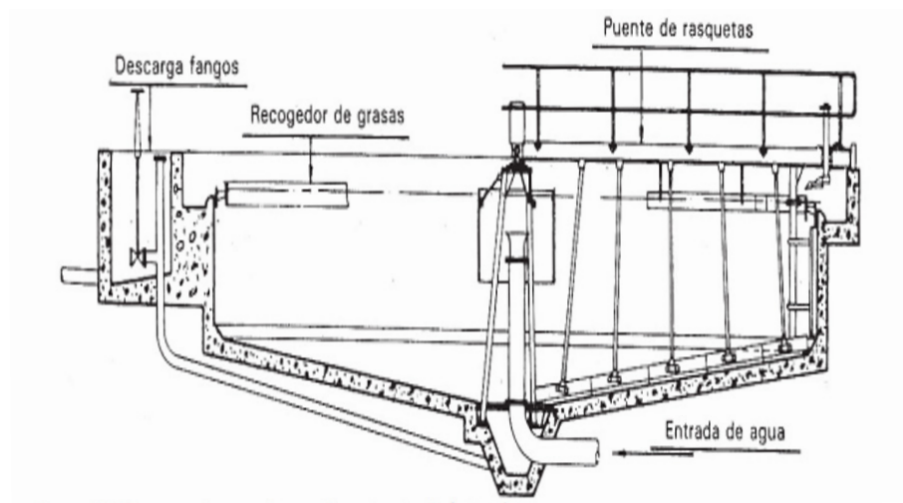


Figura 35. Corte del Sedimentador Circular Primario Dortmund.

Tratamiento Secundario

Tecnología 12:

Sedimentador Secundario Dortmund

Generalidades técnicas:	30-100 m ² . Esta unidad es similar al sedimentador primario, diferenciándose generalmente en que sus dimensiones son más grandes porque corresponden a diferentes periodos de retención.
Mantenimiento:	Medio: Su mantenimiento es sencillo para una familia camPersonal debe ser contratado, equipado y capacitado para el manejo de los lodos.
Costo aproximado:	Q500-Q2000/m ³ .
Ventajas:	A la salida de este sedimentador la eficiencia final en el tratamiento será mayor del 90%. El agua que sale del filtro percolador arrastra partículas de la película biológica que se muere y desprende del material pétreo; este sedimentador se utiliza para remover ese material desprendido.
Desventajas:	Necesita remoción de lodos y lugares adecuados para su tratamiento y disposición final.
Fuente:	USAID/EPA, (2007). Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América.



Figura 36. Sedimentador Circular Secundario Dortmund.

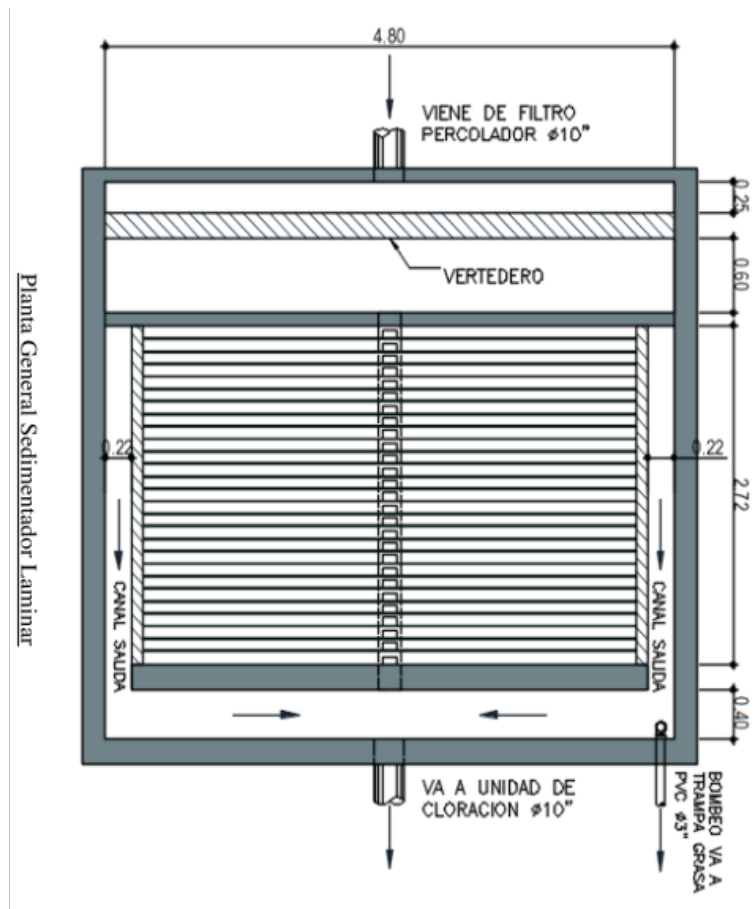


Figura 37. Corte del Sedimentador Circular Secundario Dortmund.

Tecnología 13: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente –RAFA–

Generalidades técnicas:	20-60 m2.
Mantenimiento:	<p>Alto:</p> <p>Aguas residuales con contenido en grasas por debajo de 100 mg/L no precisan de un tratamiento de desengrasado.</p> <p>Asimismo, se debe incluir un sistema de rejillas y desarenado.</p>
Costo aproximado:	Q500-Q2000/m3.
Ventajas:	<p>Eliminación del proceso de sedimentación.</p> <p>Relativamente corto período de retención.</p> <p>Producción de biogás.</p> <p>Aplicabilidad de desechos de alta concentración.</p>
Desventajas:	<p>Muy limitada remoción de bacterias.</p> <p>Sensibilidad de los sistemas anaeróbicos a cambios bruscos de carga y de temperatura.</p> <p>Problemas operativos que implican la necesidad de operación calificada.</p>
Fuente:	<p>MARN, (2022), Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador.</p> <p>Yanes Cossío, Fabián (1993), Normas de tratamiento de aguas residuales.</p>



Figura 38. RAFA de Colonia Aurora II, zona 13, Guatemala.

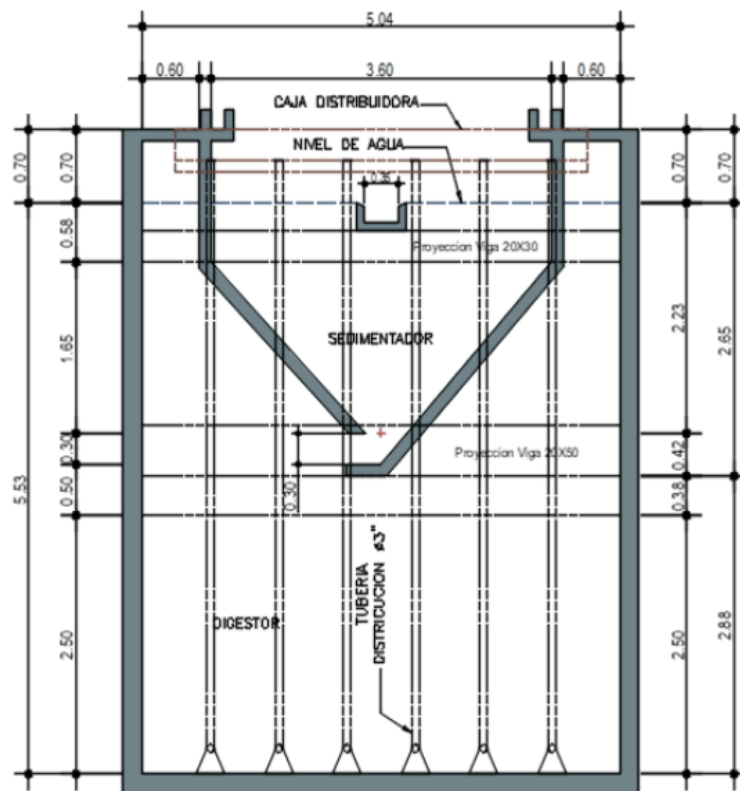


Figura 39. Sección transversal de RAFA, Petatán, Huehuetenango.

Tecnología 14:

Reactor de lodos activados

Generalidades técnicas:	La aplicabilidad de este proceso se limita, generalmente, a plantas pequeñas (de las llamadas “plantas paquetes” para gastos menores de 25 L/s), pues en plantas grandes sus costos iniciales y sus altos costos de operación no le permiten competir favorablemente con otras alternativas de tratamientos biológicos.
Mantenimiento:	Alto: Por el personal altamente calificado que debe manejar las unidades, y los productos del tratamiento.
Costo aproximado:	Q500 a Q1,500/persona.
Ventajas:	Estabilización por contacto: en este sistema el agua residual y el lodo activado son mezclados brevemente (20-30 minutos), tiempo necesario para que los microorganismos adsorban los contaminantes orgánicos en solución, pero no el necesario para que asimilen la materia orgánica. Remoción de DBO: 85 a 95 por ciento Remoción de N-NH ₃ : 10 a 20 %.
Desventajas:	Producción de lodos biológicos que deben ser estabilizados para prevenir condiciones insalubres. Posibles problemas de olores, controlables con un buen diseño y operación del sistema en el caso de aireadores.
Fuente:	CONAGUA, México (1998), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.

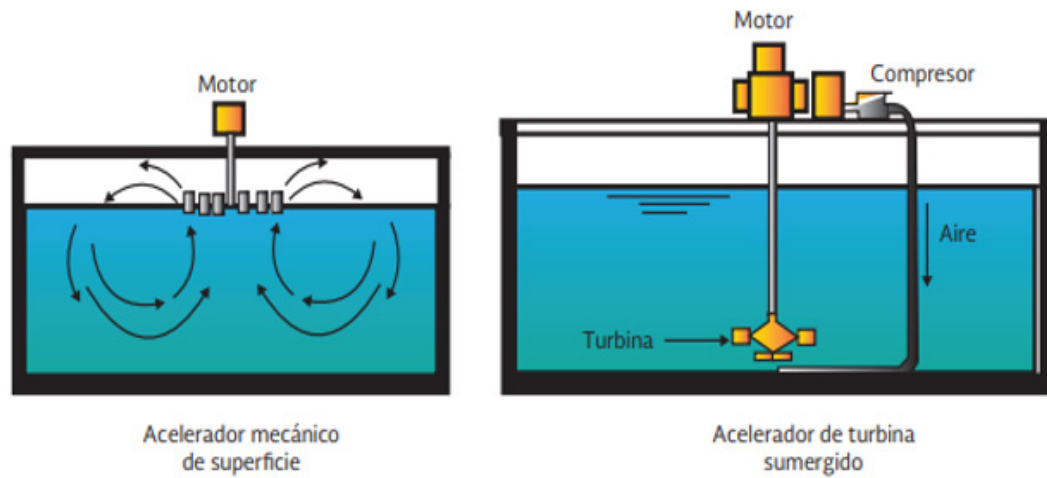


Figura 40. Reactor de Lodos Activado.

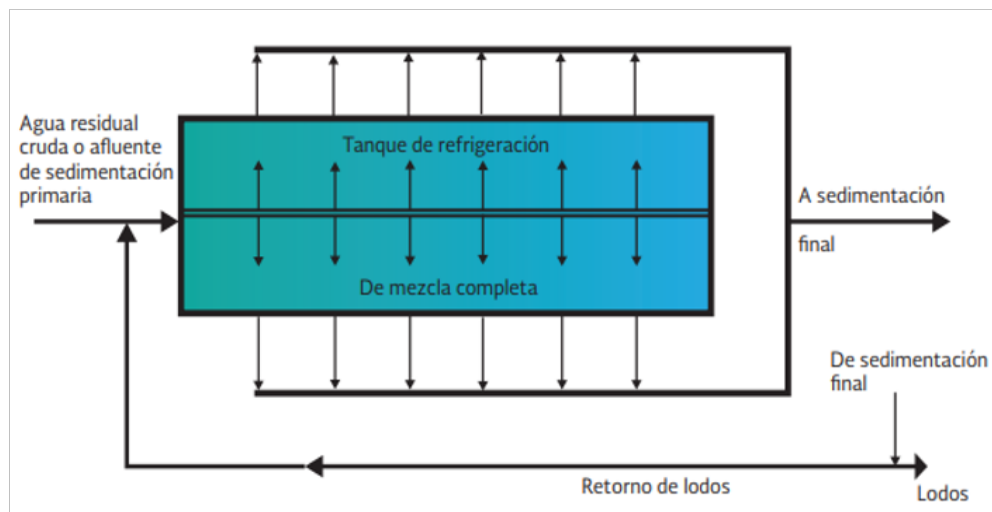


Figura 41. Proceso de Lodos Activados, alta tasa.



Figura 42. Proceso de Lodos Activados

Tecnología 15:

Filtro biológico o percolador

Generalidades técnicas:	La superficie garantiza un mayor contacto entre la materia orgánica y la biomasa adjunta que la degrada. Idealmente, el material debe proporcionar entre 90 y 300 m ² de superficie por cada metro cúbico de volumen de reactor ocupado. Los tamaños usuales de materiales del filtro van de 12 a 55 mm de diámetro. Con piedra volcánica de 7 hasta los 16 centímetros de diámetro.
Mantenimiento:	Medio: Dependerá mucho del pretratamiento relacionado con remoción de sólidos gruesos (cribas), arenas y sedimentación primaria (convencional o tanques Imhoff).
Costo aproximado:	Q100–Q500/habitante. Sin considerar terrenos.
Ventajas:	Dichos filtros están formados por un lecho de material consistente, el cual puede ser de roca volcánica de diversas formas, sobre las cuales son vertidas las aguas residuales provenientes de un tratamiento primario previo No requiere energía eléctrica. Bajos costos de operación. Larga vida útil. Alta reducción de DBO y sólidos. Baja producción de lodo; el lodo está estabilizado. Necesita un terreno de tamaño moderado (se puede construir bajo tierra).
Desventajas:	Requiere diseño y construcción por parte de expertos. Baja reducción de patógenos y nutrientes. El efluente y el lodo requieren tratamiento adicional y/o descarga apropiada. Alto riesgo de obstrucción, dependiendo del pretratamiento y tratamiento primario. Remover y limpiar el material del filtro obstruido es engorroso.
Fuente:	IWA–BID, (2018) Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento. ERIS–USAC (2013) Siguí, Norman, Diseño y construcción de un filtro intermitente de grava sin recirculación y comparación con eficiencias teóricas de filtros con recirculación para el tratamiento de agua residual doméstica.



Figura 43. Filtros percoladores tipo "torre", PTAR Aurora II, zona 13, Guatemala.



Figura 44. Filtros percoladores de PTAR.

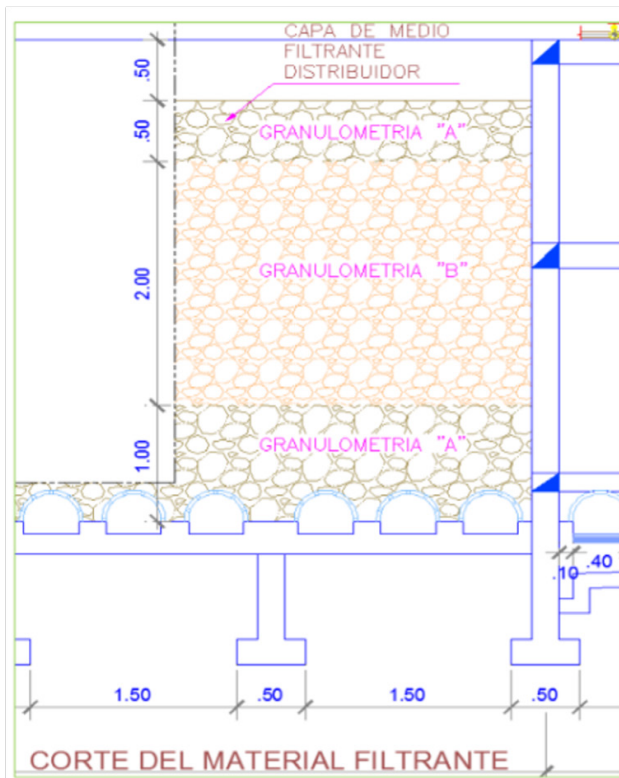


Figura 45. Colocación de material filtrante de la PTAR de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Figura 46. Filtros percoladores.



Figura 48. Filtros percoladores.

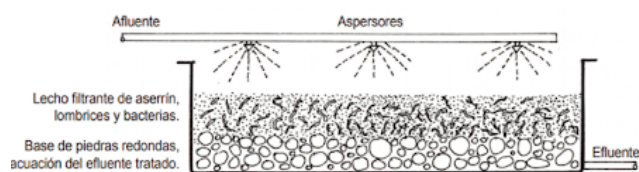


Figura 47. Filtros percoladores.

Tecnología 16: Laguna de estabilización tipo anaeróbica

Generalidades técnicas:	<p>Entre 25 a 100 m².</p> <p>Poblaciones desde 100 hasta 5,000 habitantes si es parte y se construye un sistema de lagunas.</p>
Mantenimiento:	<p>Medio:</p> <p>Debe construirse un mínimo de dos unidades en paralelo, para poner en mantenimiento una, mientras la otra sigue en operación.</p>
Costo aproximado:	<p>Q50.00 a Q200.00/habitante, sin considerar el terreno.</p>
Ventajas:	<p>Reciben altas cargas de materia orgánica.</p> <p>Profundidades entre 2 y 5 metros.</p> <p>Eficiencia de remoción 50% de DBO.</p> <p>No necesitan energía eléctrica.</p> <p>Construirlas a 1000 m de la población.</p>
Desventajas:	<p>Mala operación genera malos olores.</p> <p>Necesita un tratamiento posterior el efluente de estas lagunas.</p> <p>Es el tipo de lagunas que genera más lodos.</p> <p>Son menos eficientes en la remoción de coliformes fecales.</p>
Fuente:	<p>Yáñez Cossío, Fabián, (1993), Lagunas de Estabilización. Cuenca, Ecuador.</p> <p>Rolim Mendonca, (2000), Sistemas de Lagunas de Estabilización, Mc Grax Hill.</p> <p>IWA-BID, (2018) Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento.</p>



Figura 49. Sistema de lagunas de Estanzuela, Zacapa.



Figura 50. Lagunas anaeróbicas (4 m de profundidad), Boca del Monte, Guatemala.



Figura 51. Dimensiones de la laguna anaeróbica.

Tecnología 17: Laguna de estabilización tipo Facultativa

Generalidades técnicas:	Entre 100 a 1000 m ² , profundidad mínima recomendada 1.5 m.
Mantenimiento:	Bajo: Si el sistema de pretratamiento (canal de rejillas, desarenador y laguna primaria/tanque Imhoff, tienen adecuada operación.
Costo aproximado:	Q50.00 a Q200.00/habitante, sin considerar el terreno.
Ventajas:	No necesitan procesos sofisticados de mantenimiento, el cual puede realizarse hasta anualmente. Remoción alta de patógenos. Pueden no necesitar electricidad, aunque pueden tener aeradores mecánicos. Se pueden construir hasta 500 m de la población.
Desventajas:	Utilizan áreas grandes de terreno. Dependen de la producción de oxígeno de la fotosíntesis, por lo que los pretratamientos deben ser eficaces.
Fuente:	Yáñez Cossío, Fabián, (1993), Lagunas de Estabilización. Cuenca, Ecuador. Rolim Mendonca, (2000), Sistemas de Lagunas de Estabilización, Mc Grax Hill. IWA-BID, (2018) Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento.



Figura 52. Sistema de lagunas de Ipala, Chiquimula.



Figura 53. Lagunas de Colonia Aurora II, Zona 13, Guatemala.



Figura 54. Dimensiones de la laguna facultativa.

Tratamiento Terciario

Tecnología 18: Humedales

Generalidades técnicas:	Hasta varias hectáreas (1 Ha equivale a 10,000 m ²). Superficies de 1.5 m ² /habitante para los verticales, y de 2.5 m ² /habitante para los horizontales) y la necesidad de dividirlos en subunidades para conseguir un buen reparto del agua a se emplean un gran número de unidades, se ha adoptado como valor máximo del de aplicación de los humedales artificiales de flujo subsuperficial los 5,000 habitantes.
Mantenimiento:	Bajo: Inspecciones rutinarias, comprobación del correcto reparto que permite la alimentación intermitente en los humedales de flujo vertical, limpieza del sistema de distribución, siega de la vegetación y gestión de los residuos.
Costo aproximado:	Sin incluir la inversión mayor que es la del terreno, se calcula un aproximado de Q200/m ² .
Ventajas:	El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante la tecnología de humedales se basa en la reproducción de las condiciones propias de las zonas húmedas naturales, con objeto de aprovechar los procesos de eliminación de contaminantes que se dan en estas zonas. Además, al emplearse en los humedales la vegetación propia de humedales aledañas, no existe riesgo de invasión por especies exóticas.
Desventajas:	Tratamiento primario y subproductos de la siega y mantenimiento de la obra civil. Costos altos de los terrenos que se necesitan.
Fuente:	MARN, (2022), Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador.

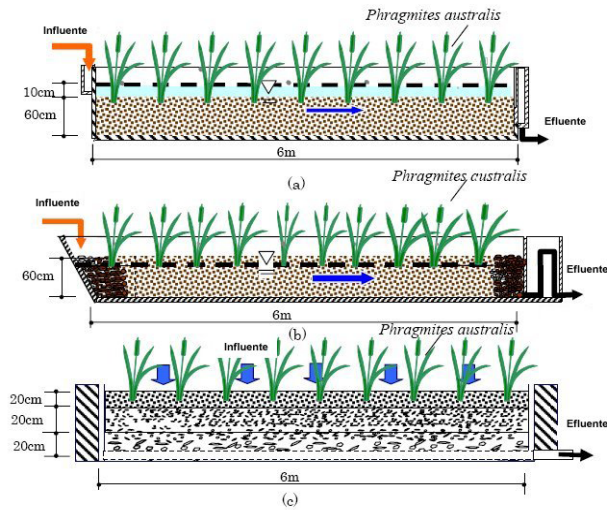


Figura 55. Mecanismos de depuración de los humedales.

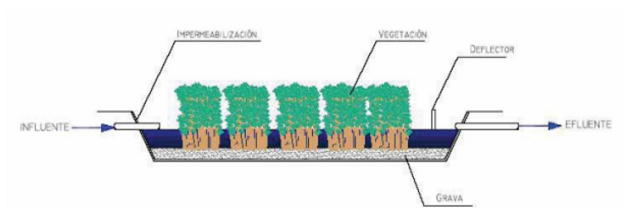


Figura 42. Humedal artificial de flujo superficial.

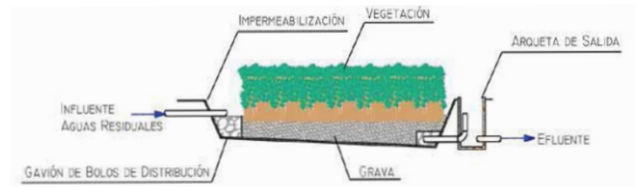


Figura 56. Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.

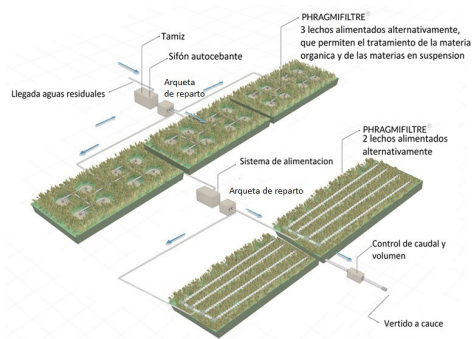


Figura 57. Mecanismos de depuración de los humedales.



Figura 58. Humedales.

Tecnología 19: Laguna de estabilización de maduración

Generalidades técnicas:	Entre 100 a 1000 m ² , profundidad mínima recomendada 1.5 m. Poblaciones hasta 5,000 habitantes.
Mantenimiento:	Bajo: Si el sistema de pretratamiento (canal de rejillas, desarenador y laguna primaria/tanque Imhoff, tienen adecuada operación.
Costo aproximado:	Q50.00 a Q200.00/habitante, sin considerar el terreno.
Ventajas:	No necesitan procesos sofisticados de mantenimiento, el cual puede realizarse hasta anualmente. Remoción alta de patógenos. Pueden no necesitar electricidad, aunque pueden incluirse aireadores mecánicos. Pueden localizarse hasta 100 m de la población.
Desventajas:	Utilizan áreas grandes de terreno. Dependen de la producción de oxígeno de la fotosíntesis, por lo que los pretratamientos deben ser eficaces.
Fuente:	Yáñez Cossío, Fabián, (1993), Lagunas de Estabilización. Cuenca, Ecuador. Rolim Mendonca, (2000), Sistemas de Lagunas de Estabilización, Mc Grax Hill. IWA-BID, (2018) Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento.



Figura 59. Sistema de lagunas de La Cerra, Villa Canales, Guatemala.



Figura 60. Sistema de Lagunas de Estabilización, Guastatoya, El Progreso.



Figura 61. Dimensiones de la laguna de maduración.

Tecnología 20: Fotobiorreactor de algas clorofitas

Generalidades técnicas:	Desde 3 m2 hasta 10 m2, dependiendo de la ubicación de los componentes del Fotobiorreactor.
Mantenimiento:	Medio: Llevar controles del sistema, con el objetivo de remover la concentración de nutrientes; como solución a los problemas de la eutrofización de fuentes de agua, que puedan implementarse en los países centroamericanos.
Costo aproximado:	Q150.00 a Q450.00/habitante.
Ventajas:	El sistema de fotobiorreactores es una alternativa de tratamiento terciario de tipo biológico que no necesita de energía comercial para su funcionamiento. Necesita el medio de alimentación de aguas residuales y ser expuesto al medio de luz solar (radiación solar) para propiciar el crecimiento de microalgas, que son las encargadas de realizar la absorción de los contaminantes.
Desventajas:	Es un tratamiento terciario que depende de la eficiencia de los sistemas previos. Necesita capacitación especializada. Implementación experimental sujeta a implementación en otros sistemas municipales.
Fuente:	ERIS, USAC, Revista: Agua, Saneamiento & Ambiente, Vol. 14 No.1 Año 2019.

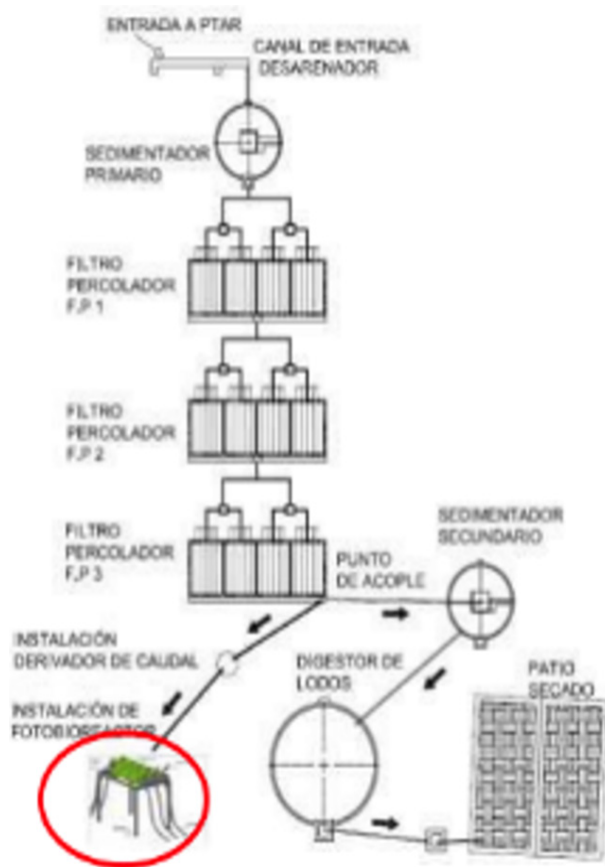


Figura 62. Localización Fotobiorreactor en PTAR en USAC.

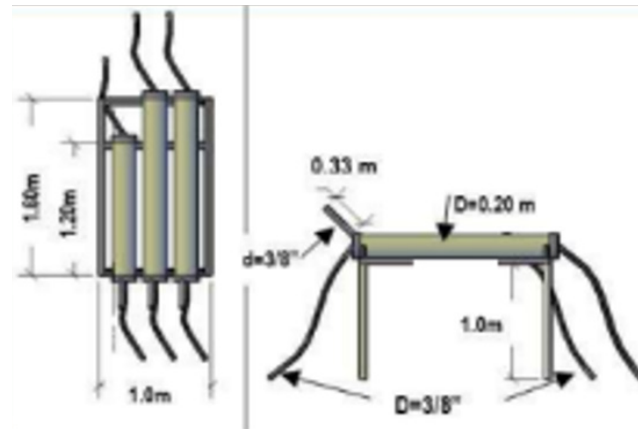


Figura 63. Dimensiones del Fotobiorreactor.

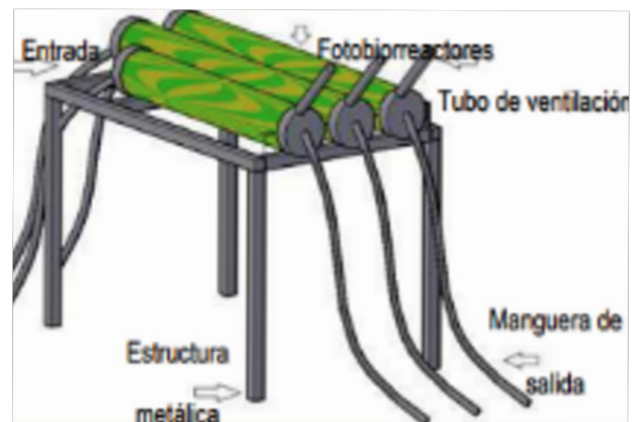


Figura 64. Componentes del Fotobiorreactor.

Tecnología 21:

Biorreactor de membrana

Generalidades técnicas:	Desde 3 m2 hasta 10 m2, dependiendo de la ubicación de los componentes del Fotobiorreactor.
Mantenimiento:	Medio: Llevar controles del sistema, con el objetivo de remover la concentración de nutrientes; como solución a los problemas de la eutrofización de fuentes de agua, que puedan implementarse en los países centroamericanos.
Costo aproximado:	Q150.00 a Q450.00/habitante.
Ventajas:	El sistema de fotobiorreactores es una alternativa de tratamiento terciario de tipo biológico que no necesita de energía comercial para su funcionamiento. Necesita el medio de alimentación de aguas residuales y ser expuesto al medio de luz solar (radiación solar) para propiciar el crecimiento de microalgas, que son las encargadas de realizar la absorción de los contaminantes.
Desventajas:	Es un tratamiento terciario que depende de la eficiencia de los sistemas previos. Necesita capacitación especializada. Implementación experimental sujeta a implementación en otros sistemas municipales.
Fuente:	ERIS, USAC, Revista: Agua, Saneamiento & Ambiente, Vol. 14 No.1 Año 2019.

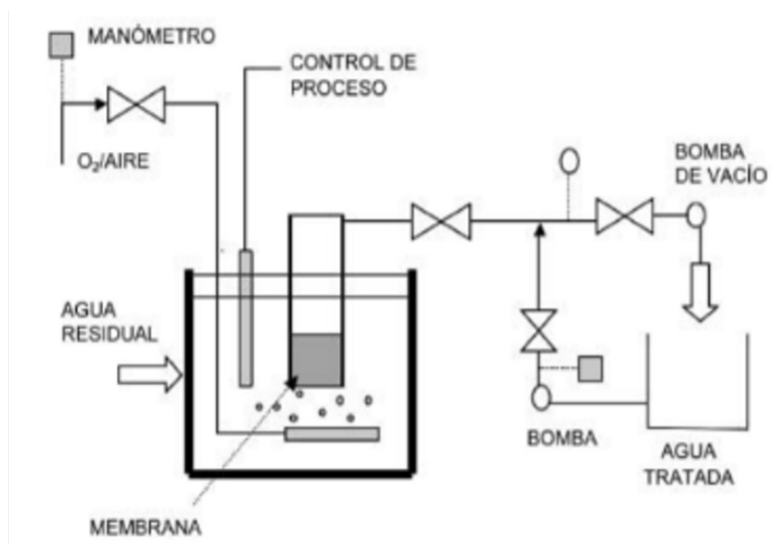


Figura 65. Esquema del Biorreactor de membrana.

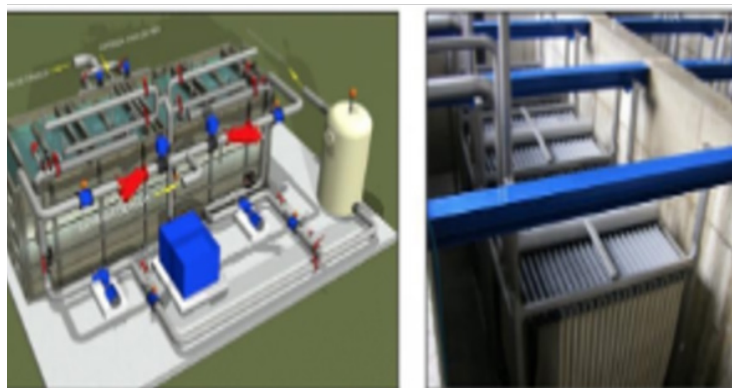


Figura 66. Esquema de Biorreactor de Membranas MBR y Tanque con tres módulos de Membranas.



Figura 67. Sistema utilizando Biorreactor de membrana.

Tecnología 22: Patio de secado de lodos

Generalidades técnicas:	<p>Pueden construirse varios (de acuerdo a la generación de lodo en la PTAR).</p> <p>Unidades de áreas entre 9.00 m² hasta 60 m².</p>
Mantenimiento:	<p>Bajo:</p> <p>El lodo seco debe almacenarse en pilas de hasta 2.00 m.</p> <p>De no utilizarse para uso agrícola, se puede disponer los lodos en un relleno sanitario.</p>
Costo aproximado:	<p>Q50.00 a Q150.00/habitante.</p>
Ventajas:	<p>Pueden ser utilizados como abono, previo análisis de laboratorio.</p> <p>Pueden ser ubicados hasta 500 m de la vivienda más cercana.</p> <p>Son el método más simple y económico de deshidratación de lodos.</p>
Desventajas:	<p>La incineración del lodo tiene un alto costo de inversión y operación y se debe instalar equipo de control para evitar la contaminación del aire.</p> <p>El sistema de composteo requiere mano de obra para el mezclado de las pilas, además de demandar mayor área para su procesamiento.</p> <p>La utilización de lechos de secado tiene el inconveniente de producir en ocasiones malos caudales.</p>
Fuente:	<p>IWA-BID, (2018) Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento.</p> <p>Yanes Cossío, Fabián (1993), Normas de tratamiento de aguas residuales.</p>



Figura 68. Patio de secado de lodos. San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.



Figura 69. PTAR en San Marcos, incluye, patios de secado de lodos.



Figura 70. Patio de secado de lodos, PTAR Los Cebollales I, Panajachel, Sololá.

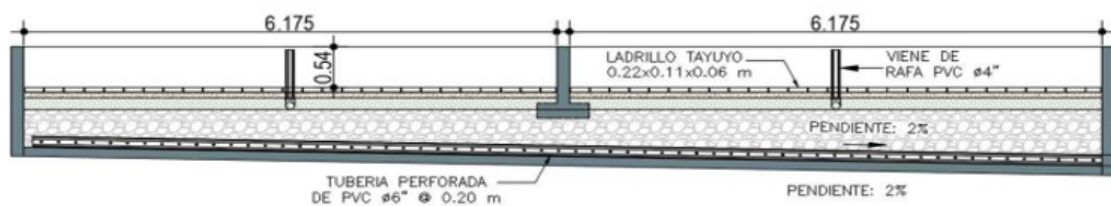


Figura 71. Sección longitudinal patio de secado de lodos, PTAR, Petatán, Huehuetenango.

Fuentes de consulta:

1. Castro Rosario y Pérez Rubén, OPS/OMS (2009), Saneamiento Rural y Salud, Guía para acciones a nivel local. Guatemala.
2. CONAGUA, México (1998), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.
3. CONAMA, Chile, (2014), Documentos, Fundación Chile.
4. Siguí, Norman, ERIS-USAC (2013). Diseño y construcción de un filtro intermitente de grava sin recirculación y comparación con eficiencias teóricas de filtros con recirculación para el tratamiento de agua residual doméstica.
5. ERIS, USAC, (2014), Revista: Agua, Saneamiento & Ambiente, Vol. 9, No.1.
6. ERIS, USAC, (2019), Revista: Agua, Saneamiento & Ambiente, Vol. 14 No.1.
7. Girón, Rubén, Tesis USAC (2004), Consideraciones Ambientales PTAR, Colonia Tesoro Mixco.
8. IWA-BID, (2018) Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento.
9. MARN, (2022), Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador.
10. Morales C. y Pérez R., OPS/OMS, (2003), Inventario de Tecnologías de Agua y Saneamiento en Guatemala. Utilizadas en Comunidades Rurales e Indígenas
11. Petatán, Huehuetenango (2010), Memoria de Cálculo del Proyecto de Construcción Sistema de Alcantarillado Sanitario, Caserío Cabic, Petatán, Huehuetenango.
12. MSPAS, (2011), Guía de normas para la Disposición Final de Excretas y Aguas Residuales en zonas rurales de Guatemala.
13. Rolim Mendonca, (2000).
14. Sistemas de Lagunas de Estabilización, Editorial Mc Graw Hill, Colombia.
15. USAID/EPA, (2007). Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América.
16. UNAM. (2013) selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales.
17. Viceministerio de Agua y Saneamiento, Bolivia, Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales.

18. Water for people (2025), Documentos y presentaciones, Guatemala.
19. Yanes Cossío, Fabián (1993), Normas de tratamiento de aguas residuales.
20. Yáñez Cossío, Fabián, (1993), Lagunas de Estabilización. Cuenca, Ecuador.
21. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/ventajas-y-desventajas-en-la-implantacion-de-un-bioreactor-de-membranas-para-la-depuracion-de-las-aguas-residuales-industriales>.



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**

Síguenos en:



www.marn.gob.gt