

**DIAGNOSTICO EN SISTEMAS DE
POTABILIZACION, TRATAMIENTO Y/O
VERTIMIENTO DE AGUAS PARA VIVIENDA RURAL
DISPERSA Y PARA VIVIENDA RURAL ZONIFICADA
RAP EJE CAFETERO**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	4
DEFINICION DEL MARCO NORMATIVO Y DIAGNOSTICO DEL SECTOR	5
1. MARCO NORMATIVO	5
2. DIAGNOSTICO DEL SECTOR	6
2.1 AGUA POTABLE	8
2.1.1 VIVIENDA RURAL ZONIFICADA (SISTEMA ZONIFICADO)	11
2.1.2 VIVIENDA RURAL DISPERSA (SISTEMAS INDIVIDUALES).....	14
2.2 SANEAMIENTO BASICO	15
2.2.1 VIVIENDA RURAL ZONIFICADA (SISTEMA ZONIFICADO)	17
2.2.2 VIVIENDA RURAL DISPERSA (SISTEMAS INDIVIDUALES).....	20
3. ALTERNATIVAS AGUA POTABLE	21
3.1 VIVIENDA RURAL ZONIFICADA (SISTEMA ZONIFICADO).....	21
3.1.1 SISTEMAS DE ACUEDUCTO	22
3.1.2 SOLUCIONES ALTERNATIVAS COLECTIVAS DE AGUA.....	25
3.1.3 TECNOLOGÍAS Y PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO ...	28
3.2 VIVIENDA RURAL DISPERSA (SISTEMAS INDIVIDUALES)	31
3.2.1 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN ABASTECIMIENTO DE AGUA	32
3.2.2 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN ELEVACION DE AGUA	34
3.2.3 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN TRATAMIENTO DE AGUA.	35
3.2.4 INSTALACIONES HIDRAULICAS EN VIVIENDAS RURALES	39
4. ALTERNATIVAS SANEAMIENTO BASICO	42
4.1 VIVIENDA RURAL ZONIFICADA (SISTEMA ZONIFICADO).....	43
4.1.1 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.....	43
4.2 VIVIENDA RURAL DISPERSA (SISTEMAS INDIVIDUALES)	47
4.2.1 SISTEMA SEPTICO	48
4.2.2 UNIDAD SANITARIA SECA	50
5. NUEVAS TECNOLOGÍAS O SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN	52

5.1	FILTROS DE BIOARENA (BSF)	52
5.2	FILTROS DE BIOARENA MODIFICADO (MBSF)	54
5.3	FILTRO DE CERAMICA (CCF)	55
5.4	DESINFECCION CON LUZ ULTRAVIOLETA.....	57
5.5	FILTRO XILEMA	58
5.6	FILTRO POROSO CON PLATA COLOIDAL	59
5.7	FILTRO DE CARBON ACTIVADO.....	60
5.8	FILTRO DE MEMBRANA.....	62
5.9	FILTRO LIFESTRAW	62
5.10	FILTRO DE ZEOLITA.....	65
5.11	DESINFECCION CON OZONO	66
5.12	DESINFECCION SOLAR (METODO SODIS).....	67
6.	NUEVAS TECNOLOGÍAS O SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y/O VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	71
6.1	BIORREACTOR DE MEMBRANA – MBR	71
6.2	TANQUE IMHOFF.....	73
6.3	SISTEMA SEPTICO INTEGRADO AUTOLIMPIANTE.....	74
6.4	LETRINAS ABONERAS SECAS FAMILIARES CON DESVIACIÓN DE ORINA – LASF.....	75
6.5	CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS	77
6.6	REACTOR ANAEROBIO CON DEFLECTORES	78
6.7	REACTOR DE BIOGAS.....	79
6.8	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL .	81
6.9	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	82
7.	NUEVAS TECNOLOGIAS DISPONIBLES EN COLOMBIA	84
7.1	POTABILIZACION.....	84
7.2	TRATAMIENTO Y/O VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	88
8.	CONCLUSIONES.....	91

INTRODUCCION

En desarrollo del PLAN REGIONAL DE EJECUCION 2021 – 2024 para el cumplimiento del PLAN ESTRATEGICO REGIONAL 2021 – 2033 de la REGION ADMINISTRATIVA Y DE PLANIFICACION (RAP) EJE CAFETERO, se formuló el proyecto denominado “FORTALECIMIENTO Y APROPIACION SOCIAL PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE VIVIENDA EN LA RAP EJE CAFETERO” asociado con la meta HR1P1MP2 y con el producto que busca “Impulsar acuerdos públicos-comunitarios para la autoconstrucción y construcción progresiva como alternativa de vivienda digna en la Región RAP Eje Cafetero.”

Dicho producto se enmarca dentro del HECHO REGIONAL 1 – EQUIDAD correspondiente con la POLITICA 1 - REDUCCIÓN DE LAS INEQUIDADES SOCIALES Y DE LA POBREZA MULTIDIMENSIONAL, y cuenta con la siguiente descripción:

“Los municipios más pobres de la RAP Eje Cafetero, son los que tienen mayor déficit proporcional de vivienda en las áreas urbanas y rurales. La solución a este problema se puede dar regionalmente, a través de una estrategia que contribuya a disminuir los costos de los materiales y de la operación, promoviendo la autogestión para la elaboración de insumos y para el aporte de mano de obra, además del acceso a maquinaria, equipos y a modelos de innovación que serían compartidos en los cuatro departamentos. Aquí se tendría la vinculación de los presupuestos públicos y la asistencia técnica de los gobiernos locales y departamentales, así como de ONGs y empresas con programas de responsabilidad social.”

El proyecto está “orientado a los hogares en condiciones de pobreza, pobreza extrema, desplazada por la violencia, víctimas de desastres naturales, entre otros, que no cuentan con una solución habitacional. Se orienta a disminuir el déficit habitacional urbano y rural del país.”

A continuación se presenta el documento técnico que contiene las diferentes tecnologías o alternativas de potabilización, tratamiento y/o vertimiento de agua con los respectivos aspectos normativos relacionados, incluyendo las nuevas tecnologías o sistemas que pueden ser adecuados para los tipos de vivienda que

harán parte del acuerdo público comunitario, específicamente para vivienda rural dispersa (sistemas individuales) y para vivienda rural zonificada (sistema zonificado)

Lo anterior, en concordancia con los indicadores denominados “Sin acceso a fuente de agua mejorada” e “Inadecuada eliminación de excretas”.

DEFINICION DEL MARCO NORMATIVO Y DIAGNOSTICO DEL SECTOR

1. MARCO NORMATIVO

1. CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA (1991)

CAPÍTULO 5. DE LA FINALIDAD SOCIAL DEL ESTADO Y DE LOS SERVICIOS PUBLICOS (ARTICULOS 365 A 370)

2. LEY 142 DEL 11 DE JULIO DE 1994 (Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.)

ARTÍCULO 7. Competencia de los departamentos para la prestación de los servicios públicos.

3. DECRETO 1076 DEL 26 DE MAYO DE 2015 – MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible)

4. DECRETO 1077 DEL 26 DE MAYO DE 2015 – MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO (Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.)

5. RESOLUCION 330 DEL 08 DE JUNIO DE 2017 – MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO (Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009.)

6. RESOLUCION 179 DEL 23 DE JUNIO DE 2017 – MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (Por la cual se adopta el Plan Nacional de Construcción y Mejoramiento de Vivienda Social Rural)

7. RESOLUCION 844 DEL 08 DE NOVIEMBRE DE 2018 – MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO (Por la cual se establecen los requisitos

técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del Título 7, parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015)

8. LEY 1955 DEL 25 DE MAYO DE 2019 (POR EL CUAL SE EXPIDE EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2018-2022 PACTO POR COLOMBIA, PACTO POR LA EQUIDAD.)

ARTICULO 279. DOTACIÓN DE SOLUCIONES ADECUADAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO, MANEJO DE AGUAS RESIDUALES Y RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREAS URBANAS DE DIFÍCIL GESTIÓN Y EN ZONAS RURALES.

9. DECRETO 1210 DEL 02 DE SEPTIEMBRE DE 2020 (Por el cual se modifica y adiciona parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario de Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico, se reglamenta parcialmente el artículo 279 de la Ley 1955 de 2019 y se dictan otras disposiciones.)

10. TÍTULO J DEL REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO - Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural – VERSION 2021 - MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO

2. DIAGNOSTICO DEL SECTOR

El artículo 366 de la CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA establece que:

El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.

Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.

Posteriormente con la ley 142 de 1994 se establece en el artículo 7 la competencia de los departamentos para la prestación de los servicios públicos, así:

ARTÍCULO 7. Competencia de los departamentos para la prestación de los servicios públicos. Son de competencia de los departamentos en relación con los servicios públicos, las siguientes funciones de apoyo y coordinación, que ejercerán en los términos de la ley, y de los reglamentos que con sujeción a ella expidan las asambleas:

7.1. Asegurar que se presten en su territorio las actividades de transmisión de energía eléctrica, por parte de empresas oficiales, mixtas o privadas.

7.2. Apoyar financiera, técnica y administrativamente a las empresas de servicios públicos que operen en el Departamento o a los municipios que hayan asumido la prestación directa, así como a las empresas organizadas con participación de la Nación o de los Departamentos para desarrollar las funciones de su competencia en materia de servicios públicos:

7.3. Organizar sistemas de coordinación de las entidades prestadoras de servicios públicos y promover, cuando razones técnicas y económicas lo aconsejen, la organización de asociaciones de municipios para la prestación de servicios públicos, o la celebración de convenios interadministrativos para el mismo efecto.

7.4. Las demás que les asigne la ley.

La RESOLUCION 844 DE 2018 establece los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del Título 7, parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015.

El capítulo 1, del Título 7, parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015 tiene por objeto definir esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, y para el aprovisionamiento de agua para consumo humano y doméstico y de saneamiento básico en zonas rurales del territorio nacional, en armonía con las disposiciones de ordenamiento territorial aplicables al suelo rural, acorde con lo dispuesto en los artículos 14 y 33 de la Ley 388 de 1997 o aquellas disposiciones de ordenamiento del suelo rural que las modifiquen, adicionen o sustituyan.

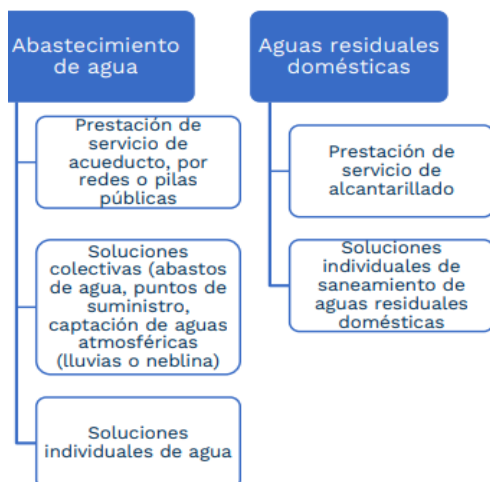


Figura 1. Esquemas diferenciales rurales – Fuente: Título J RAS VERSION 2021

Dicho capítulo aplica a las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado o aseo, a los administradores de puntos de suministro o de abastos de agua, a las entidades territoriales, a las autoridades sanitarias, a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, a las demás entidades del Gobierno Nacional con competencias en las zonas rurales del territorio nacional, a los usuarios y a las comunidades beneficiarias.

La Resolución 844 de 2018, se apoya en un todo en la Resolución 330 de 2017 que adopta el RAS y en la Resolución 501 de 2017 sobre los requisitos técnicos que deben cumplir las tuberías y accesorios para acueducto y alcantarillado.

El Título J del REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO propone desarrollos alternativos para los proyectos de suministro de agua y saneamiento básico para el área rural, enmarcados en el Decreto 1898 de 2016 y la Resolución 844 de 2018 sobre esquemas diferenciales como solución a las comunidades rurales de acuerdo con sus características sociales, económicas, culturales, financieras y de ubicación geográfica, con un servicio de abastecimiento y de saneamiento básico que incorpore criterios técnicos que conlleven a la protección de la salud y vida de las personas y del medio ambiente.

2.1 AGUA POTABLE

En el área rural del municipio, pueden encontrarse las 5 situaciones de nivel de servicio de agua “sin servicio”, “No mejorado”, “limitado”, “básico” y “Gestionado de forma segura”:

Gestionado de forma segura	• Agua para consumo procedente de una fuente mejorada ubicada dentro de la vivienda o en el patio o parcela, disponible en el momento necesario y libre de contaminación fecal y sustancias químicas prioritarias.
Básico	• Agua para consumo procedente de una fuente mejorada cuyo tiempo de recogida no supera los 30 minutos, incluyendo trayecto de ida y vuelta y tiempo de espera.
Limitado	• Agua para consumo procedente de una fuente mejorada cuyo tiempo de recogida supera los 30 minutos, incluyendo trayecto de ida y vuelta y tiempo de espera.
No Mejorado	• Agua para consumo procedente de un pozo o manantial no protegido.
Sin Servicio	• Agua para consumo recogida directamente de un río, arroyo, represa, lago, estanque, canal o de un canal de irrigación.

Figura 2. Situaciones del nivel de servicio de agua en el área rural – Fuente: Título J RAS VERSION 2021

El ARTÍCULO 24 de la RESOLUCION 844 DE 2018 establece los TIPOS DE SISTEMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO:

Los sistemas de suministro de agua para consumo humano y doméstico en zona rural se clasifican en los siguientes tipos:

1. Sistemas de acueducto (incluyen el consumo humano y doméstico), con las siguientes opciones tecnológicas:

- a) Distribución por redes con conexión domiciliaria.
- b) Distribución por pila pública. En este caso, el tratamiento puede realizarse directamente en la pila, o puede transportarse agua tratada hasta la pila por medio de redes físicas o carrotanques.

2. Soluciones alternativas colectivas de agua (incluyen el consumo humano y doméstico y el volumen para la subsistencia de la familia rural), con las siguientes opciones tecnológicas:

- a) Abastos de agua, con distribución de agua cruda o parcialmente tratada mediante redes físicas hasta la vivienda.

b) Puntos de suministro para la entrega de agua cruda o parcialmente tratada.

c) Captación de aguas lluvias.

3. Soluciones alternativas individuales de agua (incluyen el consumo humano y doméstico que se requiere para viviendas dispersas que no pueden ser conectadas a un sistema de acueducto o a una solución alternativa colectiva de agua), según las opciones tecnológicas definidas en los artículos 36 y 37 de esta resolución.

PARÁGRAFO 1. El aprovisionamiento de agua por soluciones alternativas, sean individuales o colectivas, debe incluir lo necesario para la captación, el almacenamiento y el tratamiento de agua para consumo humano y doméstico.

PARÁGRAFO 2. Todos los sistemas de agua para consumo humano y doméstico, deberán utilizar métodos de estimación de consumo; o dispositivos de medición; o mecanismos de control de los volúmenes de agua, independientemente del uso que se dé a la misma.

PARÁGRAFO 3. En todas las opciones tecnológicas definidas en este artículo, se podrá incluir en el uso de dispositivos o técnicas de tratamiento de agua a nivel domiciliario, cuando se evidencie que el agua suministrada a través del sistema representa algún riesgo para la salud.

Sistemas de agua para consumo humano y doméstico (artículo 24)	
Sistema	Opción tecnológica
Sistema de acueducto	a. Distribución por redes con conexión domiciliaria. b. Distribución por pila pública.
Soluciones alternativas colectivas de agua	a. Abastos de agua, con distribución de agua cruda o parcialmente tratada mediante redes físicas hasta la vivienda. b. Puntos de suministro para la entrega de agua cruda o parcialmente tratada. c. Captación de aguas lluvias.
Soluciones alternativas individuales de agua	Ver artículo 36

Figura 3. Esquemas diferenciales de agua para consumo humano con sus respectivas opciones tecnológicas - Fuente: Título J RAS VERSION 2021

Podemos entonces definir el Procedimiento para la Identificación del tipo de intervenciones para abastecimiento de agua a partir del Diagrama de decisión solución de abastecimiento de agua, el cual corresponde a una adaptación de la Imagen A6.1 Diagrama de decisión solución de abastecimiento de agua del Título J RAS VERSION 2021.

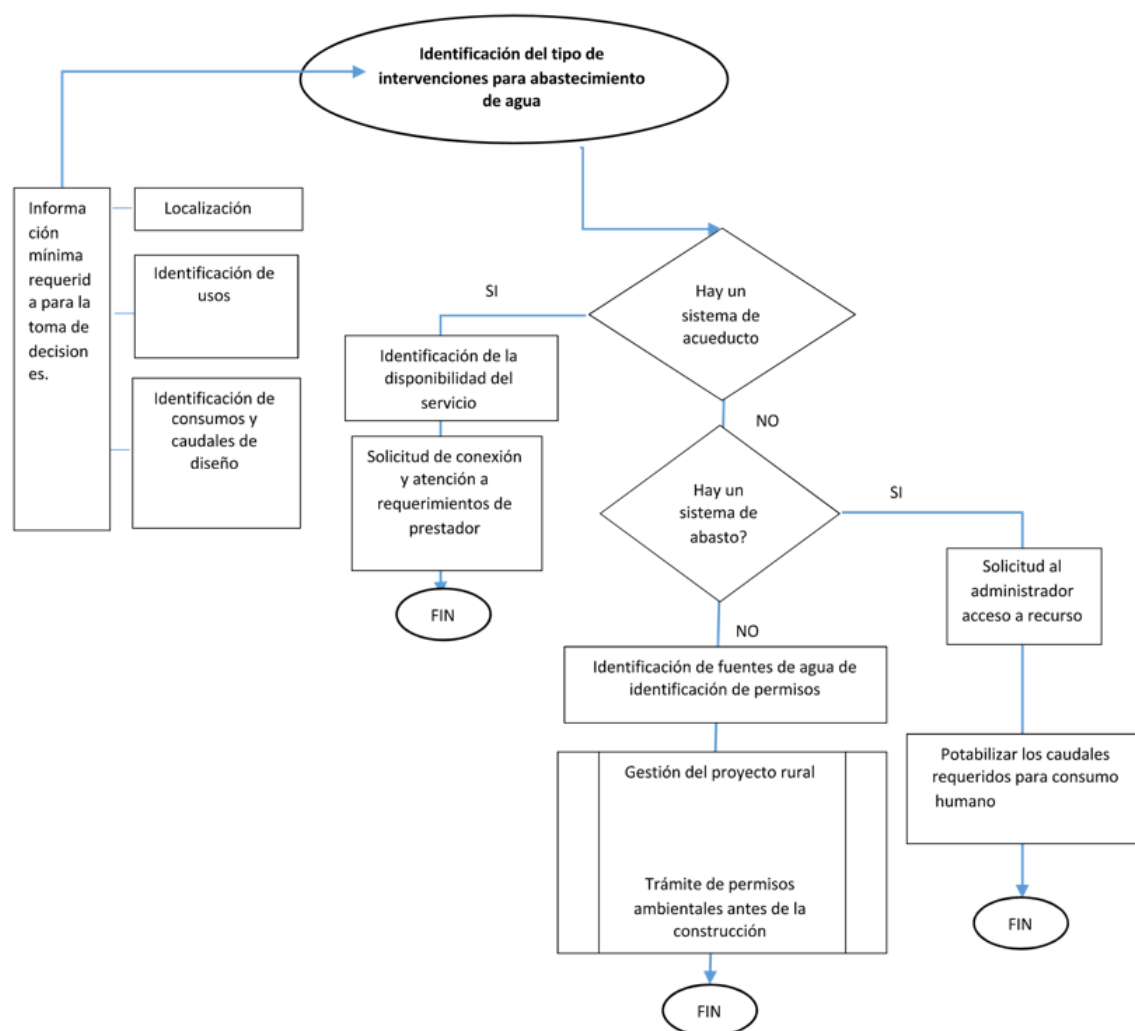


Figura 4. Procedimiento para la Identificación del tipo de intervenciones para abastecimiento de agua - Fuente: Título J RAS VERSION 2021

2.1.1 VIVIENDA RURAL ZONIFICADA (SISTEMA ZONIFICADO)

El ARTÍCULO 25 de la RESOLUCION 844 DE 2018 establece las consideraciones para la selección de alternativas de sistemas de agua para consumo humano y doméstico:

- a) La primera posibilidad de atención a considerar para cualquier núcleo de población deberá ser la ampliación del área de prestación de un sistema de acueducto existente, o la atención de la comunidad desde un acueducto regional.
- b) Cualquier núcleo de población de más de seiscientos (600) viviendas deberá ser atendido mediante sistemas de acueducto cumpliendo todos los requisitos técnicos establecidos en la Resolución número 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la norma que la modifique, adicione o sustituya, y no habrá lugar a la selección de soluciones alternativas colectivas de agua.
- c) En núcleos de población de seiscientos (600) viviendas o menos, se deberá incluir dentro del análisis de alternativas tanto sistemas de acueducto como soluciones alternativas colectivas de agua, teniendo en cuenta los artículos 15 y 16 de esta resolución.
- d) En las áreas de prestación del servicio de acueducto que presenten las condiciones particulares descritas en el numeral 3 del artículo 27 de esta resolución, se podrán implementar pilas públicas, en las que solo podrá entregarse el servicio mientras subsistan dichas condiciones particulares.
- e) Las viviendas dispersas que no puedan conectarse al servicio de acueducto o a soluciones colectivas de agua, deberán contar con soluciones individuales de agua, según lo previsto en el Decreto número 890 de 2017 y en la Resolución número 179 de 2017 de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural o las normas que los modifiquen, adicione o sustituyan.

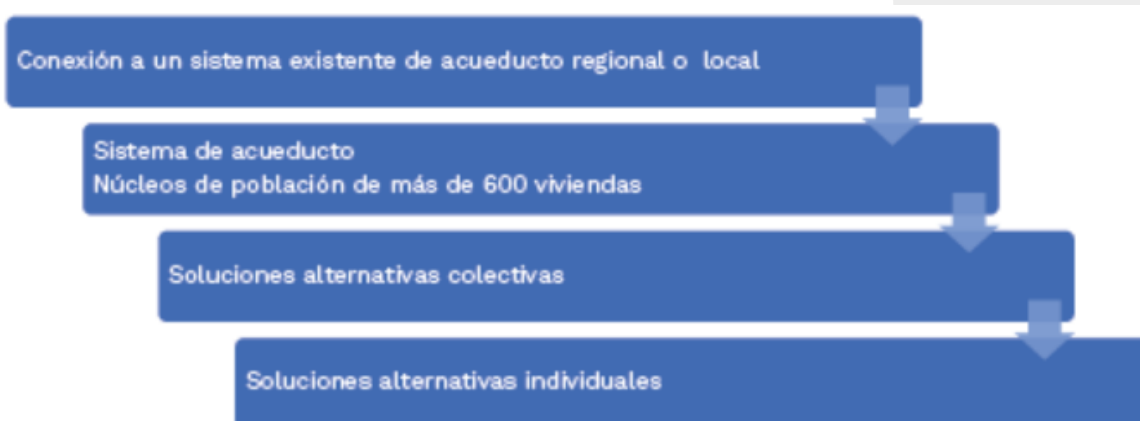


Figura 5. Toma de decisiones frente a un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano - Fuente: Título J RAS VERSION 2021

2.1.1.1 SISTEMAS DE ACUEDUCTO

Para las poblaciones que deben ser atendidas mediante sistemas de acueductos el suministro de agua apta para consumo humano se alcanzará progresivamente para toda la población rural, atendiendo a sus condiciones diferenciales.

Dentro de estos esquemas progresivos se podrán implementar pilas públicas, en zonas en las que se verifiquen una o varias de las siguientes condiciones:

- a) Oferta limitada de agua que pueda destinarse al consumo humano y doméstico.
- b) Dificultad para el uso de dispositivos o técnicas de tratamiento de agua a nivel domiciliario debido a contaminación física o química de las fuentes abastecedoras.
- c) Áreas con características geográficas que impidan o dificulten técnicamente la extensión de redes domiciliarias
- d) La atención de la población con servicio de acueducto mediante pilas públicas rurales solo podrá mantenerse durante el tiempo que persista la causa que dio origen a su implementación.

De igual manera Los sistemas de acueducto en zonas rurales podrán transportar agua en vehículos como parte de su operación, para lo cual deberán garantizar el cumplimiento del artículo 30. EMPLEO DE VEHÍCULOS PARA TRANSPORTAR AGUA EN SISTEMAS DE ACUEDUCTO de la RESOLUCION 844 DE 2018.

2.1.1.2 SOLUCIONES ALTERNATIVAS COLECTIVAS DE AGUA.

- **ABASTOS DE AGUA.** Los sistemas de abasto de agua serán diseñados para el suministro de agua cruda o parcialmente tratada, y podrán contar con redes hasta las viviendas. ARTÍCULO 32 de la RESOLUCION 844 DE 2018.
- **PUNTOS DE SUMINISTRO.** Los puntos de suministro serán diseñados para el acopio de agua cruda o parcialmente tratada, con puntos de entrega afuera de las viviendas. ARTÍCULO 33 de la RESOLUCION 844 DE 2018.

- **CAPTACIÓN DE AGUA ATMOSFÉRICA Y DE AGUAS LLUVIAS A TRAVÉS DE TECHOS O DE SUPERFICIES.** ARTÍCULO 34 de la RESOLUCION 844 DE 2018.

2.1.2 VIVIENDA RURAL DISPERSA (SISTEMAS INDIVIDUALES)

Para el suministro de agua se identificarán la o las fuentes de agua existentes en cantidad y calidad, y teniendo en cuenta la distancia, pueden plantearse soluciones de abastecimiento tomando el agua directamente de las fuentes superficiales, subterráneas o atmosféricas. Si el caudal disponible de agua en la fuente es suficiente en comparación con el volumen de agua requerido, y si el agua es de buena calidad.

Si el caudal no es suficiente, o la calidad no permite el tratamiento para consumo humano con técnicas o dispositivos de tratamiento al interior de la vivienda, deben considerarse las siguientes opciones:

- a) Integrar varias fuentes de abastecimiento, según cantidad y calidad del agua. El agua de buena calidad debe ser priorizada para el consumo humano, mientras que otras fuentes pueden ser empleadas en otros usos.
- b) En casos extremos disminuir la demanda de agua a los límites requeridos para el consumo humano exclusivamente.
- c) Emplear pilas públicas, teniendo en cuenta que la cantidad de agua se verá limitada a lo que puedan transportar las personas, y se deberán realizar acciones de protección del agua potabilizada.
- d) Emplear puntos de suministro, teniendo en cuenta que la cantidad de agua se verá limitada a lo que puedan transportar las personas, y dado que el agua en el punto de suministro no es tratada, deberá asegurarse el tratamiento en la vivienda.

El ARTÍCULO 36 de la RESOLUCION 844 DE 2018 permite el EMPLEO DE DISPOSITIVOS O TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA VIVIENDA.:

El agua para consumo humano podrá ser tratada con el uso de dispositivos o técnicas de tratamiento de agua a nivel domiciliario, cuando no se cuente con suministro de agua apta para el consumo humano por sistemas de acueducto o por medios alternos.

De acuerdo con el artículo 2.3.7.1.3.6, de la sección 3, del capítulo 1, del título 7, de la parte 3, del Libro 2 del Decreto número 1077 de 2015, en los proyectos que incluyan dispositivos de tratamiento, deberán compararse no menos de tres (3) opciones tecnológicas. La selección deberá realizarse mediante un análisis multicriterio, considerando como mínimo las variables de:

1. Eficiencia de la solución tecnológica frente a las necesidades de tratamiento.
2. Acceso a bienes y servicios necesarios para su funcionamiento.
3. Aceptabilidad social.
4. Administración, operación y mantenimiento.
5. Costos de la solución tecnológica y de sus consumibles.

2.2 SANEAMIENTO BASICO

En lo que corresponde al saneamiento básico, los niveles de servicio que se pueden encontrar con respecto a la recolección, evacuación y tratamiento de aguas residuales domésticas y que están recogidos en el SIASAR como sistema de información regional son los siguientes:

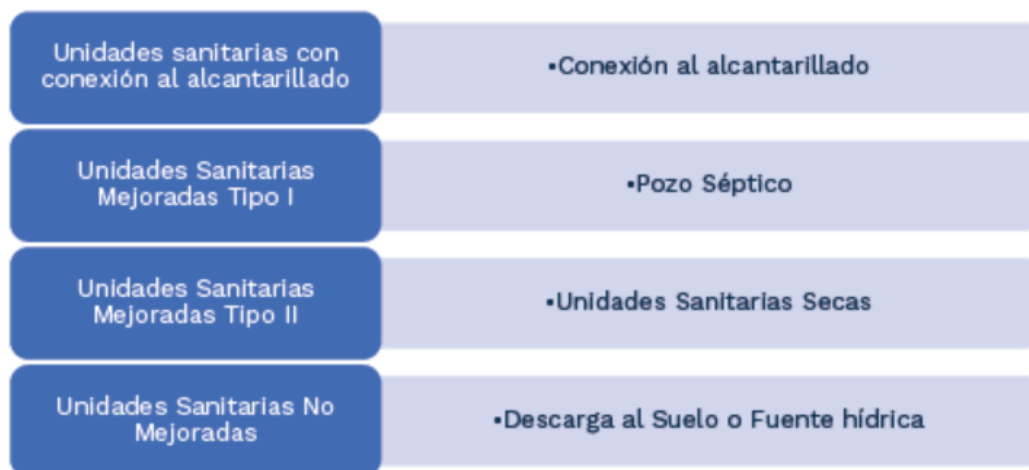


Figura 6. Niveles de servicio de saneamiento en el área rural – Fuente: Título J RAS VERSION 2021

El ARTÍCULO 37 de la RESOLUCION 844 DE 2018 establece los TIPOS DE SISTEMAS PARA LA RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS:

Los sistemas que pueden implementarse para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales domésticas corresponden a los siguientes tipos:

1. Sistemas centralizados para el servicio público de alcantarillado que a su vez, comprenden los componentes de:

- a) Recolección y evacuación de aguas residuales domésticas.
- b) Tratamiento de aguas residuales.
- c) Disposición de las aguas residuales tratadas.

2. Soluciones individuales de saneamiento.

Sistemas para la recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales domésticas (artículo 37)	
Sistema de alcantarillado	<ul style="list-style-type: none"> a. Recolección y evacuación de aguas residuales domésticas. b. Tratamiento de aguas residuales. c. Disposición de las aguas residuales tratadas.
Soluciones individuales de saneamiento	Ver artículo 46

Figura 7. Sistemas para la recolección, transporte y tratamiento de aguas Residuales domésticas - Fuente: Título J RAS VERSION 2021

Podemos entonces definir el Procedimiento para la Identificación del tipo de intervenciones de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas a partir del Diagrama de decisión para recolección y evacuación de aguas residuales domésticas, el cual corresponde a una adaptación de la Imagen A6.2 Diagrama de decisión para recolección y evacuación de aguas residuales domésticas en instituciones escolares del Título J RAS VERSION 2021.

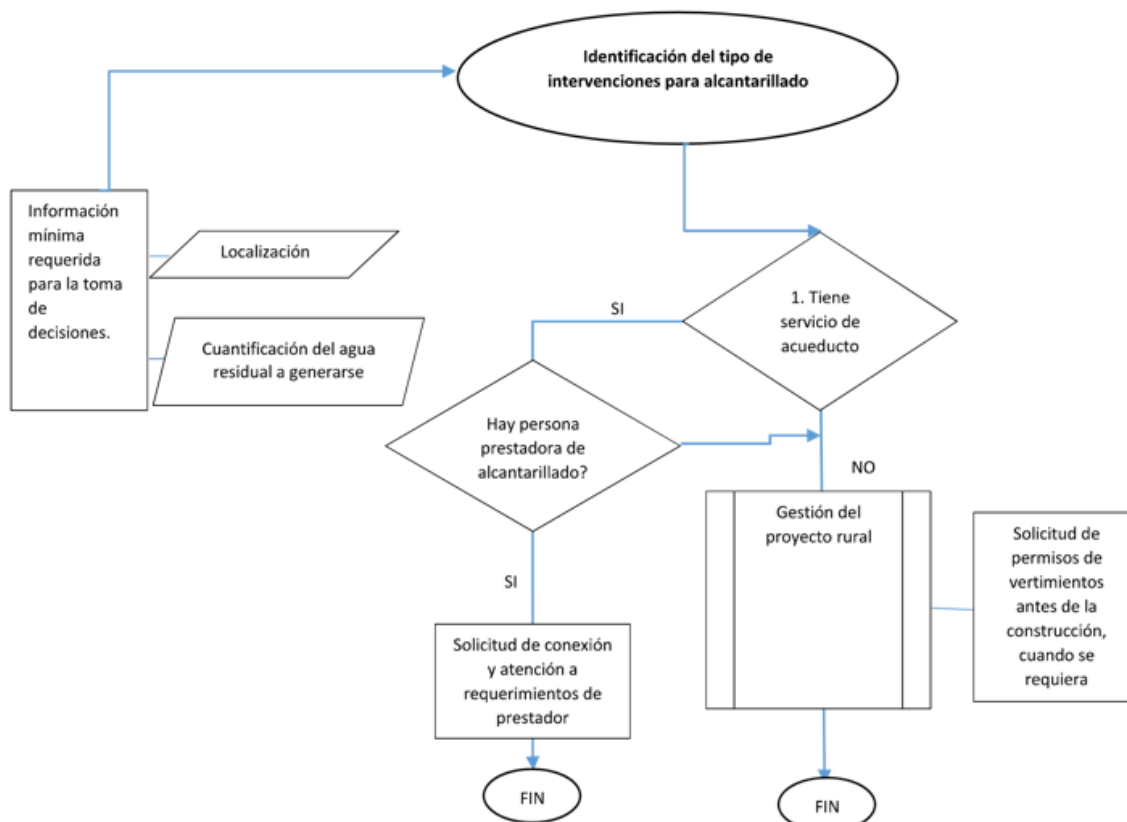


Figura 8. Procedimiento para la Identificación del tipo de intervenciones de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas - Fuente: Título J RAS VERSION 2021

2.2.1 VIVIENDA RURAL ZONIFICADA (SISTEMA ZONIFICADO)

Del mismo modo que para las soluciones de abastecimiento de agua, siempre será mejor conectarse a un sistema de alcantarillado existente, por lo que, si esto es posible, deberá solicitarse la conexión y adelantar las adecuaciones técnicas para un óptimo funcionamiento del sistema que se implemente.

El ARTÍCULO 38 de la RESOLUCION 844 DE 2018 establece las consideraciones para la selección de alternativas en recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales domésticas:

La selección de un sistema centralizado o de una solución individual de saneamiento para la recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales domésticas generadas en zonas rurales, dependerá de la dispersión de las viviendas, las condiciones geográficas y topográficas y la disponibilidad de agua para el diseño de sistemas con arrastre. Se permite incluso la combinación de diferentes opciones tecnológicas que permitan una

adecuada administración, operación y mantenimiento. Cualquier alternativa seleccionada deberá cumplir las normas ambientales vigentes.

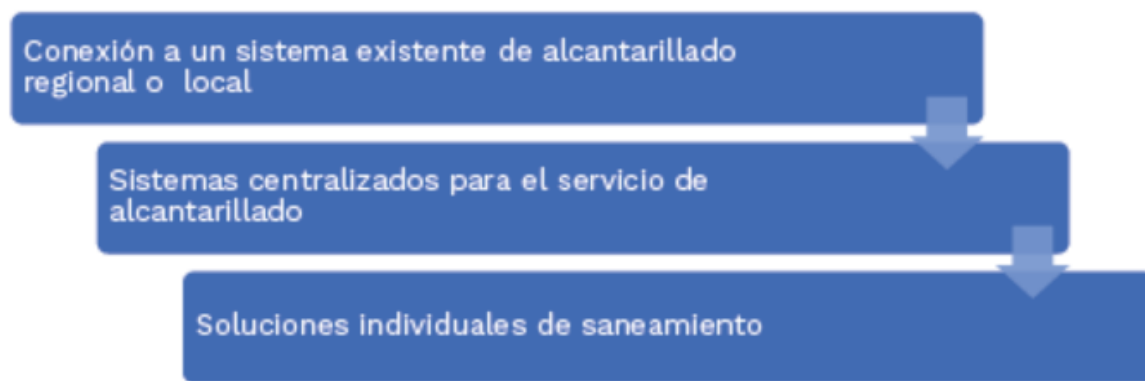


Figura 5. Toma de decisiones frente a la recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales domésticas - Fuente: Título J RAS VERSION 2021

2.2.1.1 RECOLECCION Y EVACUACION

Los sistemas de redes de alcantarillado en zonas rurales, deberán diseñarse para la recolección y evacuación de aguas residuales domésticas exclusivamente, teniendo en cuenta lo siguiente:

1. No se permiten los alcantarillados combinados.
2. Para la selección de alternativas tecnológicas en sistemas centralizados de alcantarillado, deberá tenerse en cuenta la opción tecnológica más adecuada según las condiciones particulares de la zona de actuación, eligiendo entre redes convencionales y no convencionales.
3. **Los alcantarillados simplificados** deben ajustarse a lo dispuesto en el artículo 145 de la Resolución número 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.
4. **Los alcantarillados condominiales** deben ajustarse a lo dispuesto en el artículo 146 de la Resolución número 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la norma que la modifique, adicione o sustituya y además considerar lo contenido en la RESOLUCION 844 DE 2018

5. Los alcantarillados Sin Arrastre de Sólidos (ASAS), deben ajustarse a lo dispuesto en el artículo 147 de la Resolución número 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la norma que la modifique, adicione o sustituya y además considerar lo contenido en la RESOLUCION 844 DE 2018

2.2.1.2 TRATAMIENTO

Para los sistemas centralizados de tratamiento de aguas residuales, deberá tenerse en cuenta lo establecido en los artículos 181: Estudios previos para sistemas centralizados, 182: Selección de sitios para los sistemas centralizados, 183: Distancias mínimas para localización de sistemas de tratamiento de aguas residuales centralizados y 184: Eficiencias de los procesos de tratamiento, de la Resolución número 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la norma que la modifique, adicione o sustituya.

2.2.1.3 DISPOSICION

La disposición de las aguas residuales domésticas, debe realizarse en cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

1. Se deberá identificar como opción preferente para el vertimiento, la descarga sobre una fuente de agua superficial y, cuando ello no sea posible, incluir alternativas de vertimiento al suelo.
2. En los casos de vertimiento a cuerpos de agua, las aguas residuales domésticas deben dar cumplimiento a lo establecido en la Resolución número 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o la norma que la modifique, adicione o sustituya.
3. En los casos de vertimiento al suelo, el área de disposición del vertimiento se identificará de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.2.3.3.4.9. del Decreto número 1076 de 2015 compilatorio del sector ambiente y desarrollo sostenible o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.
4. La descarga sobre una fuente de agua superficial debe tomar como referencia lo exigido en el artículo 206: Emisarios subfluviales de la Resolución número 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la norma que la modifique, adicione o sustituya.

2.2.2 VIVIENDA RURAL DISPERSA (SISTEMAS INDIVIDUALES)

Una vez identificada la necesidad de emplear soluciones individuales, debe elegirse entre los sistemas sépticos y las unidades sanitarias secas.

2.2.2.1 SISTEMA SEPTICO

El sistema séptico es un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en sitio, el cual es usado en viviendas que no pueden conectarse al servicio de alcantarillado. Estas aguas residuales pueden provenir exclusivamente de los inodoros con descarga hidráulica o incluir también las aguas grises generadas en duchas, lavamanos, lavaderos de ropa y lavaplatos.

El sistema séptico básico, pensado para una vivienda rural dispersa, está constituido por 4 elementos dispuestos secuencialmente, los cuales deben cumplir los requisitos establecidos en la SECCION 3 – TRATAMIENTOS DESCENTRALIZADOS de la Resolución 330 de 2017 del MVCT o la norma que la modifique, adicione o sustituya: un pretratamiento con trampa de grasas, un tratamiento central el cual se lleva a cabo con un tanque séptico, un postratamiento con filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y finalmente, disposición del efluente en un cuerpo de agua superficial o en el suelo, dando cumplimiento a las normas ambientales.

Adicionalmente, el ARTÍCULO 279. DOTACIÓN DE SOLUCIONES ADECUADAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO, MANEJO DE AGUAS RESIDUALES Y RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREAS URBANAS DE DIFÍCIL GESTIÓN Y EN ZONAS RURALES de la LEY 1955 DEL 25 DE MAYO DE 2019, establece:

Las soluciones individuales de saneamiento básico para el tratamiento de las aguas residuales domésticas provenientes de viviendas rurales dispersas que sean diseñados bajo los parámetros definidos en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico no requerirán permiso de vertimientos al suelo; no obstante deberán ser registro de vertimientos al suelo que para tales efectos reglamente el Gobierno nacional. Esta excepción no aplica para hacer vertimientos directos de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales, subterráneas o marinas.

3. ALTERNATIVAS AGUA POTABLE

Recordemos que los sistemas de suministro de agua para consumo humano y doméstico en la zona rural se clasifican en los siguientes tipos:

1. Sistemas de acueducto
2. Soluciones alternativas colectivas de agua
3. Soluciones alternativas individuales de agua

Y que para cada tipo de suministro la normatividad actual permite el desarrollo de opciones tecnológicas.

Se debe considerar siempre que la primera posibilidad para la solución de suministro debe ser la conexión a un sistema de acueducto. Condición que se vuelve obligatoria para zonas o núcleos de población con más de seiscientos (600) viviendas.

Para zonas o núcleos de población de seiscientos (600) viviendas o menos, es posible la implementación tanto de los sistemas de acueducto como de soluciones alternativas colectivas.

Por último, las viviendas rurales dispersas que no puedan conectarse al servicio de acueducto o a soluciones colectivas de agua, deberán contar con soluciones individuales de agua.

3.1 VIVIENDA RURAL ZONIFICADA (SISTEMA ZONIFICADO)

La prestación de servicios públicos domiciliarios supone una complejidad mayor en la zona rural respecto a la zona urbana, por las limitaciones para alcanzar economías de escala, y por las altas exigencias de gestión establecidas por la regulación y la vigilancia. La prestación puede resultar incluso inviable en algunos núcleos de población rural y en asentamientos rurales que son muy variados en oferta ambiental, tamaño y densidad de población, y en las viviendas rurales dispersas, por las condiciones propias de la vida del campo.

Por ello surgen los esquemas diferenciales rurales, los cuales se constituyen en una estrategia que permite a los municipios, distritos, prestadores y administradores de soluciones alternativas elegir la solución más adecuada para asegurar el acceso al agua y al saneamiento básico en su territorio.

Los esquemas diferenciales rurales promueven el acceso al agua potable y al saneamiento básico a través de soluciones acordes a: las características de dispersión en el territorio rural (centro poblado, vivienda rural dispersa), cantidad de las edificaciones o viviendas rurales, actividades socioeconómicas rurales, características técnico-operativas del sistema que atiende la comunidad rural, entre otros.

Los servicios públicos a través de los esquemas diferenciales en la zona rural pueden ser prestados por:

- Las empresas de servicios públicos (ESP)
- Las personas naturales o jurídicas que produzcan para ellas mismas, o como consecuencia o complemento de su actividad principal, los bienes y servicios propios del objeto de las empresas de servicios públicos. (Productores marginales)
- Los municipios
- Las comunidades organizadas constituidas como personas jurídicas sin ánimo de lucro
- Las entidades descentralizadas de cualquier orden territorial o nacional, que al momento de expedirse la Ley 142 de 1994 estén prestando cualquiera de los servicios públicos y se ajusten a lo establecido en el párrafo del artículo 17 de la misma.

3.1.1 SISTEMAS DE ACUEDUCTO

Tal como se estableció anteriormente, Cualquier núcleo de población de más de seiscientos (600) viviendas deberá ser atendido mediante sistemas de acueducto cumpliendo todos los requisitos técnicos establecidos en la Resolución número 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la norma que la modifique, adicione o sustituya, y no habrá lugar a la selección de soluciones alternativas colectivas de agua.

Este esquema diferencial va dirigido a la prestación del servicio de acueducto, en la zona rural bajo el marco de la Ley 142 de 1994, contando con instrumentos que permitan el tratamiento diferencial, desarrollados a través de la política rural.

Características:

- Permiten cumplir gradualmente con los indicadores sectoriales de: continuidad, micromedición y calidad del agua; a través del Plan de Gestión Rural.
- Permiten adoptar el Contrato de Condiciones Uniformes (CCU), teniendo en cuenta el cumplimiento gradual de estos indicadores.
- Permiten el cumplimiento gradual de metas, en su tarea de adoptar la metodología tarifaria diseñada por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) para pequeños prestadores.
- Permiten acceder a los subsidios para sus suscriptores y/o usuarios.
- Permiten recibir la asistencia técnica necesaria para su fortalecimiento institucional, a través del municipio, los Planes Departamentales de Agua (PDA) y/o el departamento.
- Se encuentran bajo la vigilancia diferencial por parte de la autoridad sanitaria, en cumplimiento de lo dispuesto en el protocolo de inspección, vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano suministrada por personas prestadoras del servicio público de acueducto en zona rural.
- Estarán bajo la vigilancia diferencial que está diseñando la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).

Condiciones:

1. Deben diseñarse u optimizarse para cumplir con las características y criterios de la calidad del agua para consumo humano establecidos en el Decreto 1575 de 2007.
2. Deben diseñarse u optimizarse para cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – Resolución 330 de 2017.
3. Deben considerar lo establecido para SISTEMAS DE ACUEDUCTO EN ZONAS RURALES en la resolución 844 de 2018.

3.1.1.1 PILAS PÚBLICAS

Las pilas públicas entregan agua potable y forman parte de la distribución de un sistema de acueducto, por lo que debe contar con un esquema de aseguramiento de la prestación del servicio.

De conformidad con el numeral 4 del artículo 28 de la Resolución 844 de 2018, las pilas públicas deben ser utilizadas de manera temporal si se presenta alguna de las siguientes condiciones:

- a. Oferta limitada de agua que pueda destinarse al consumo humano y doméstico.
- b. Dificultad para el uso de dispositivos o técnicas de tratamiento de agua a nivel domiciliario debido a contaminación física o química de las fuentes abastecedoras.
- c. Áreas con características geográficas que impidan o dificulten técnicamente la extensión de redes domiciliarias.

La atención de la población con el servicio de acueducto mediante pilas públicas rurales solo podrá mantenerse durante el tiempo que persista la causa que dio origen a su implementación.

Deben considerar los aspectos técnicos y de manejo contenidos en el **Artículo 29. Pilas Públicas en zonas rurales** de la Resolución 844 de 2018

3.1.1.2 EMPLEO DE VEHICULOS PARA TRANSPORTAR AGUA EN SISTEMAS DE ACUEDUCTO

Los sistemas de acueducto en zonas rurales podrán transportar agua en vehículos como parte de su operación, con las siguientes consideraciones:

- El agua para consumo humano y doméstico solo podrá entregarse directamente, desde los vehículos a las viviendas o a la población, durante los plazos de respuesta a emergencias o contingencias.
- El transporte de agua en vehículos podrá realizarse en cualquier tiempo, para el abastecimiento de pilas públicas.
- El transporte de agua en vehículos es una medida excepcional que se sustenta en razones técnicas y socio-económicas, evaluando simultáneamente otras posibilidades de transporte o entrega de agua apta para consumo humano.

Deben considerar los aspectos técnicos y de manejo contenidos en el **Artículo 30. Empleo de vehículos para transportar agua en sistemas de acueducto** de la Resolución 844 de 2018

3.1.2 SOLUCIONES ALTERNATIVAS COLECTIVAS DE AGUA.

En núcleos de población de seiscientas (600) viviendas o menos, se deberá incluir dentro del análisis de alternativas tanto sistemas de acueducto como soluciones alternativas colectivas de agua, teniendo en cuenta los artículos 15 y 16 de la resolución 844 de 2018.

Este esquema diferencial va dirigido a aquellas comunidades rurales que por sus características de dispersión en el territorio, concentración y cantidad de las edificaciones o viviendas rurales, actividades socioeconómicas, múltiples usos del agua y características técnico-operativas del sistema, no tienen la posibilidad de ser prestadores del servicio, por ende el aprovisionamiento de agua se suministra a través de alguna solución alternativa.

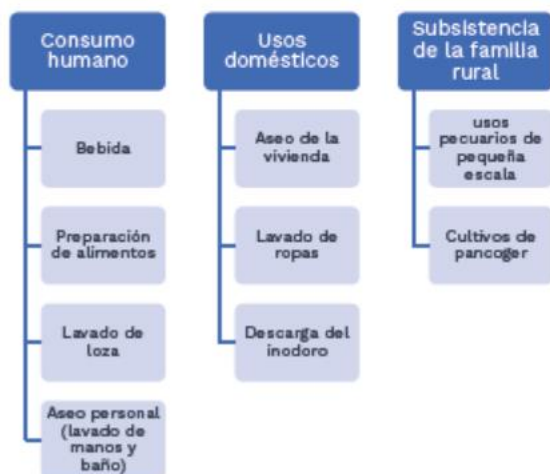


Figura 1 Usos del agua por parte de la población rural – Fuente: Título J RAS VERSION 2021

Características:

- Permiten acceder al agua para consumo humano y al saneamiento básico a través de soluciones alternativas individuales o colectivas y de gestión adecuadas a estas comunidades rurales.
- Permiten que, las soluciones alternativas de carácter colectivo, sean administradas por una comunidad organizada (Juntas de Acción Comunal,

Asociaciones de Usuarios, Cooperativas, entre otras) e incluso por el municipio, sí la comunidad beneficiaria no está organizada.

- Permiten que, para el uso de agua para consumo humano y doméstico en viviendas rurales dispersas provenientes de soluciones individuales no requieran concesión, siendo inscrito en el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico.
- Permiten que, para las viviendas rurales dispersas, las aguas residuales provenientes de soluciones individuales de saneamiento básico no requieran el permiso de vertimiento al suelo, siendo registrado en el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico.
- Permitirán el cumplimiento en relación con la calidad del agua, de conformidad con los lineamientos de promoción y prevención de calidad de agua para soluciones alternativas que actualmente se diseñan desde el Ministerio de Salud y Protección Social.
- Permiten recibir asistencia técnica y fortalecimiento comunitario contenidos en el programa municipal de fortalecimiento comunitario, que debe elaborar cada municipio, con el apoyo del PDA o Departamento.

Condiciones:

1. Las características y criterios de la calidad del agua para consumo humano establecidos en el Decreto 1575 de 2007 pueden ser cumplidos por el sistema general o de forma individual en cada una de las viviendas.
2. Deben diseñarse u optimizarse para cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – Resolución 330 de 2017.
3. Deben considerar lo establecido para SOLUCIONES ALTERNATIVAS COLECTIVAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO Y PARA LA SUBSISTENCIA DE LA FAMILIA RURAL en la resolución 844 de 2018.

3.1.2.1 ABASTOS DE AGUA

Los sistemas de abasto de agua pueden suministrar agua cruda o parcialmente tratada, y pueden contar con redes hasta las viviendas.

Se esperaría que el caudal tomado se separe en el caudal que requiere la población a beneficiar para el consumo humano, en cuyo caso, se potabiliza esta cantidad en una planta de tratamiento centralizada o al interior de cada vivienda; y, en un caudal para atender las necesidades de subsistencia de la familia rural.

A nivel técnico, la infraestructura puede seguir lo especificado en la Resolución 330 de 2017 que adopta el RAS, requiriéndose del planteamiento de un modelo hidráulico para determinar el sistema, las presiones, las variables de control y establecer costos y cronogramas.

Deben considerar los aspectos técnicos y de manejo contenidos en el **Artículo 32. Abastos de agua** de la Resolución 844 de 2018

3.1.2.2 PUNTOS DE SUMINISTRO

Al igual que con las soluciones de acueducto que pueden entregar agua a una comunidad por medio de una pila pública, las soluciones de abastos pueden entregar agua mediante puntos de suministro, advirtiendo sobre la calidad del agua entregada y el tratamiento mínimo a realizar para potabilizar el agua en la vivienda, requerida para el consumo humano. Para su diseño y construcción, se pueden seguir los mismos lineamientos que se siguen para las pilas públicas.

Los puntos de suministro pueden acopiar agua cruda o tratada, con puntos de entrega afuera de las viviendas.

Deben considerar los aspectos técnicos y de manejo contenidos en el **Artículo 33. Puntos de suministro** de la Resolución 844 de 2018

3.1.2.3 CAPTACIÓN DE AGUA ATMOSFÉRICA Y DE AGUAS LLUVIAS A TRAVÉS DE TECHOS O DE SUPERFICIES.

Fuente de aguas atmosféricas

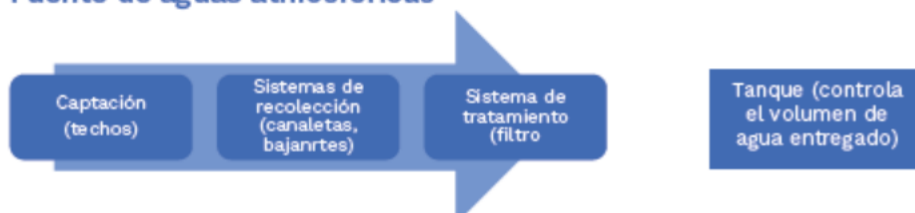


Figura 2. Fuente de aguas atmosféricas – Fuente: Título J RAS VERSION 2021

Los componentes a considerar en un sistema de captación de aguas lluvias son: superficie de captación (techos), sistema de recolección (canaletas y bajantes), sistemas de tratamiento (filtro, desarenador o cribas y desinfección), almacenamiento y distribución (instalaciones hidráulicas, sistemas de bombeo).

Es fundamental considerar la pluviometría de la zona. Las instalaciones de captación de aguas lluvias o atmosféricas deben estar separadas en todo momento de otros sistemas de suministro de agua.

Deben considerar los aspectos técnicos y de manejo contenidos en el **Artículo 34. Captación de agua atmosférica y de aguas lluvias a través de techos o de superficies** de la Resolución 844 de 2018

3.1.3 TECNOLOGÍAS Y PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO

Para cumplir con los requerimientos mínimos de calidad del agua para consumo suministrada, se debe tener en cuenta el contenido del ARTÍCULO 101. REQUISITOS PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS Y PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO de la resolución 330 de 2017, que establece:

“ARTÍCULO 101. REQUISITOS PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS Y PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO. Para la selección de la alternativa de tratamiento óptima, deben considerarse, entre otros, los factores técnicos, económicos y financieros, institucionales, sociales, ambientales, riesgo sanitario y costos de inversión, operación y mantenimiento, estos últimos, desglosados en -al menos- insumos químicos, personal, energía e impacto sobre la tarifa. La alternativa más favorable deberá seleccionarse mediante el empleo de matrices de selección multicriterio.

El estudio técnico de selección debe contener la siguiente información:

1. Revisión en campo de las actividades aguas arriba de la captación en las fuentes de abastecimiento superficiales, y en el caso de aguas subterráneas, en las zonas de recarga de acuíferos y en los pozos existentes en el área de influencia.

2. Análisis completo de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda para definir la tecnología más conveniente y cumplir con los valores máximos aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007, expedida por los entonces Ministerios de Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o aquella que la adicione, modifique o sustituya. Para la selección de la tecnología se deberá tener en cuenta el nivel de desarrollo y la capacidad técnico- administrativa de la persona prestadora del servicio.
3. Análisis de los criterios y parámetros de diseño adoptados para establecer alternativas técnicas de procesos de tratamiento y su eficiencia.
4. Análisis económico de la tecnología que se va a seleccionar, el cual deberá considerar la sumatoria del costo de inversión del proyecto, más la operación y sostenibilidad del mismo al horizonte de diseño de este.
5. Disponibilidad de recursos y materiales en la región, en términos de cantidad, calidad y oportunidad.
6. En la medida de lo posible, adaptarse a las condiciones locales, para garantizar soluciones que utilicen el mínimo uso de energía eléctrica y/o combustibles y, así mismo, que no presenten complejidad en su operación y mantenimiento.
7. Esquemas y modulación de las unidades del sistema de tratamiento. Cuando se disponga de múltiples unidades de un proceso se deberá verificar en el diseño, la operación del sistema con una unidad fuera de servicio.
8. Presupuesto por etapas, que debe contemplar costos de obra civil, suministros, costos ambientales, inversión, operación y mantenimiento, así como la evaluación financiera y económica del proyecto.
9. Análisis de vulnerabilidad del sistema de tratamiento de la PTAP en casos de variaciones extremas de calidad del agua cruda, caudal que se va a tratar, interrupciones en el suministro de energía, salida de servicio de alguna de las unidades de tratamiento, falla en los sistemas de comunicaciones, automatización y control.”

De igual manera, se establecen los parámetros que debe cumplir cada una de las TECNOLOGÍAS Y PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO, específicamente para las que se relacionan a continuación:

- AIREACIÓN.
- COAGULACIÓN.
- FLOCULACIÓN CONVENCIONAL.
- SEDIMENTACIÓN.
- FILTRACIÓN CONVENCIONAL.
- FILTROS DE LECHO PROFUNDO DE ALTA TASA (FILTRACIÓN OPTIMIZADA)
- FILTRACIÓN AVANZADA.
- PROCESOS DE DESALINIZACIÓN.
- ABLANDAMIENTO
- OXIDACIÓN QUÍMICA.
- INTERCAMBIO IÓNICO.
- FILTRACIÓN POR ADSORCIÓN
- DESINFECCIÓN.

Tabla 4. Tecnologías de Tratamiento de Potabilización

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO \ CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa	Electrodíálisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Características físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X
Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X

Hierro	X	X	X	X	X							X		X
Manganeso	X	X	X	X	X							X		X
Mercurio				X					X	X				
Molibdeno													X	
Niquel				X					X	X	X			
Nitratos									X	X	X			
Nitritos									X	X	X			
Plomo		X							X		X			
Selenio		X							X	X	X	X		
Sulfatos								X	X	X				
Trihalometanos Totales	X				X			X				X	X	
Zinc				X					X	X	X			
<i>Características químicas orgánicas</i>														
Carbono Orgánico Total		X				X	X	X	X					X
Pesticidas/Herbicidas								X	X					X
Orgánicos sintéticos									X					X
Orgánicos volátiles	X													X
<i>Características microbiológicas</i>														
Escherichia Coli			X			X	X							X
Giardia y Cryptosporidium						X	X							X

Figura 3. Tecnologías de tratamiento de potabilización – Fuente: Resolución 330 de 2017

3.2 VIVIENDA RURAL DISPERSA (SISTEMAS INDIVIDUALES)

En aquellos casos donde la densidad de población rural es muy baja, con notoria dispersión de las viviendas, y por lo tanto resulta antieconómico construir sistemas de acueductos o soluciones alternativas colectivas, ya sea por gravedad o bombeo, se puede recurrir a soluciones individuales apropiadas, frente a las siguientes situaciones:

1. Hay oferta permanente de agua superficial cerca de la vivienda. La solución alternativa que en principio parece la más adecuada es captar el agua superficial y tratarla mediante procesos de clarificación y desinfección caseros antes de consumirla.
2. Hay oferta permanente de agua subterránea cerca de la vivienda. La solución alternativa que parece ser la más adecuada, es proteger los manantiales y extraer el agua subterránea mediante pozos o aljibes para tratarla mediante procesos de clarificación y desinfección caseros antes de consumirla.
3. La oferta de agua superficial es distante y deficiente por estar sujeta a variaciones estacionales. Si no es posible técnica y económicamente extraer agua subterránea, la solución alternativa más recomendable en este caso es

la captación del agua lluvia en época de invierno para almacenarla en tanques subterráneos cerca de la vivienda.

4. Las condiciones topográficas y geológicas de la región limitan el acceso a fuentes superficiales y subterráneas. La única solución alternativa en este caso es la captación permanente del agua lluvia para almacenarla en tanques subterráneos con capacidad suficiente para mantener una dotación mínima de agua al hogar.
5. La topografía del terreno, la vegetación o las características de la fuente permiten desarrollar procedimientos apropiados para almacenar el agua superficial, subsuperficial o el agua lluvia para una provisión segura de agua a la vivienda durante todo el año.

3.2.1 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN ABASTECIMIENTO DE AGUA

Son aquellos esquemas de abastecimiento de agua no convencionales compuestos principalmente por soluciones individuales o multifamiliares, dirigidas a aprovechar pequeñas fuentes de agua que normalmente demandan el transporte, almacenamiento, clarificación y desinfección del agua a nivel intradomiciliario.

3.2.1.1 CAPTACION DE AGUA SUPERFICIAL

Es el aprovechamiento del agua de los nacederos, quebradas, ríos, lagos y embalses, y su volumen depende principalmente de la intensidad de las precipitaciones, el clima y la vegetación.

Cuando hay disponibilidad permanente de agua superficial cerca de la vivienda rural, ésta se puede captar por gravedad o por bombeo siguiendo la misma lógica de construcción de un sistema convencional de acueducto.

3.2.1.2 CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA

Es el aprovechamiento del agua subterránea, que es agua presente bajo la superficie terrestre, en espacios rocosos o suelos porosos o en los huecos de las formaciones rocosas.

Cuando hay disponibilidad permanente de agua subterránea cerca de la vivienda rural, ésta se puede captar por gravedad o bombeo de acuerdo con las siguientes características de fuente subterránea:

Manantiales: Llamados también nacimientos, son aguas subterráneas que afloran a la superficie y se presentan con frecuencia en forma de pequeños pozos, encharcamientos o lugares húmedos al pie de las colinas o a lo largo de las orillas de los ríos.

Aljibes: Son pozos de poca profundidad excavados a mano. Cuando dentro del predio se tiene la certeza de la existencia de aguas subterráneas poco profundas, es decir con nivel freático cercano a la superficie del terreno, la construcción de aljibes constituye una forma ideal de captarla, pero su extracción debe hacerse mediante bombeo o formas elementales de extracción segura.

Galerías filtrantes: Este es un sistema de captación de aguas subterráneas ubicadas bajo terrenos de ladera próximos a ríos o lagos. Las galerías filtrantes son excavaciones aproximadamente horizontales, es decir, con una ligera pendiente ascensional para asegurar su drenaje y son construidas con la misma geometría y procedimientos de construcción de los túneles de las minas para extraer minerales como carbón.

Pozos profundos perforados manualmente: Son perforaciones verticales de pequeño diámetro que se hacen en el suelo atravesando diferentes estratos geológicos entre los que pueden haber acuíferos. Posteriormente se extrae el agua infiltrada con la ayuda de una bomba accionada por fuerza humana o mecanizada.

3.2.1.3 CAPTACION DE AGUA ATMOSFÉRICA

Es el aprovechamiento de las aguas atmosféricas provenientes de la lluvia de precipitación natural o de la condensación de la humedad del aire.

La captación de agua lluvia complementada con un almacenamiento suficiente, ha sido tradicionalmente un procedimiento para obtener agua para consumo humano de la vivienda rural en las regiones del país con alta, media o aún baja precipitación pluvial y que en las últimas décadas fue desestimado por los sistemas convencionales de abastecimiento por gravedad o bombeo.

La forma más práctica de captar el agua lluvia para consumo humano se hace generalmente en los techos de la vivienda y su recolección, mediante canaletas y bajantes, para ser almacenada en tanques cerrados enterrados o semienterrados o, en reservorios a cielo abierto exclusivos para este fin.

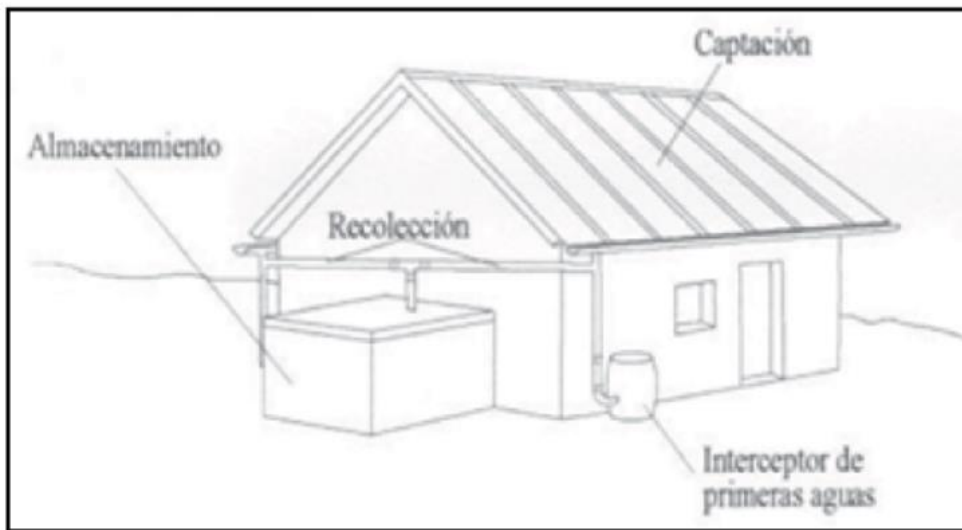


Figura 4. Tecnologías de tratamiento de potabilización – Fuente: Resolución 330 de 2017

3.2.2 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN ELEVACION DE AGUA

Cuando la captación y/ el almacenamiento de agua está por debajo del nivel de la vivienda, es necesario subir el agua hasta los tanques de almacenamiento para consumo diario para suplir por gravedad las necesidades de la vivienda y para ello es necesario utilizar equipos mecánicos o manuales de elevación.

1. **Motobombas:** Los equipos de tipo convencional más difundidos para elevación de agua son las bombas centrífugas que son accionadas por un motor rotatorio de gasolina, diésel o eléctrico. Los primeros aprovechan la energía de combustibles derivados del petróleo y el tercero la energía eléctrica para impulsar la bomba centrífuga a la cual están acoplados.
2. **Bombas manuales:** Son muy útiles en aquellas regiones donde se extrae el agua de pozos o aljibes. También como parte del sistema para elevar el agua lluvia captada en los techos de la vivienda y almacenada en tanques subterráneos o reservorios. Utiliza la fuerza corporal a través del movimiento de brazos y manos. Las bombas manuales se pueden conseguir en el

comercio o pueden ser fabricadas en la casa o en pequeños talleres.

Podemos encontrar:

- Bombas manuales comerciales
- Bomba de mecate o de sogá o de cuerda
- Bomba de pistón ó Flexi – OPS
- Bomba Heuser

3. Bomba de ariete: Es una bomba cíclica que aprovecha la energía hidráulica de un pequeño desnivel de agua h para elevar una porción q del caudal captado Q , a una altura H . El caudal lo puede proporcionar una quebrada o arroyo de pendiente pronunciada y con caudal permanente, que ofrezca la posibilidad de un salto de agua de entre 2 y 4 metros o disponga de un sitio donde se pueda construir un tanque o embalsamiento en un punto alto para hacer allí la captación.

4. Bombas eólicas: La bomba de agua eólica es ideal para extraer agua subterránea somera a través de pozos o aljibes. Consiste en una torre o columna metálica que sostiene en su extremo más alto un molino de viento que al rotar transmite su movimiento a una caja reductora de velocidad o directamente a un cigüeñal y éste, a través de un sistema de varillas, mueve una bomba de pistón o centrífuga que extrae el agua.

5. Motobombas eléctricas alimentadas por paneles solares: Los sistemas solares autónomos o fotovoltaicos domiciliarios son instalados en los casos de vivienda campesina en donde no se tiene acceso a la red de distribución pública. Estos sistemas requieren de una batería para almacenar energía durante las horas de actividad solar y así poder asegurar el suministro de electricidad durante la noche, o en periodos de escasez de luz solar.

3.2.3 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN TRATAMIENTO DE AGUA

En síntesis, las soluciones individuales de tratamiento del agua para hacerla apta para consumo humano aplican principalmente a la población que adopte cualquiera de las situaciones relacionadas a continuación:

1. Población rural que no dispone de la prestación del servicio público de acueducto en el municipio.
2. Población rural con sistema de abasto (sin tratamiento)
3. Población rural con sistema de acueducto deficiente

De acuerdo con el Decreto 1077 de 2015, en los proyectos que incluya dispositivos de tratamiento, deberán compararse no menos de tres (3) opciones tecnológicas. La selección deberá realizarse mediante un análisis multicriterio, considerando como mínimo las variables de:

- a) Eficiencia de la solución tecnológica frente a las necesidades de tratamiento.
- b) Acceso a bienes y servicios necesarios para su funcionamiento.
- c) Administración, operación y mantenimiento.
- d) Costos de la solución tecnológica y se sus consumibles.

3.2.3.1 PRETRATAMIENTO

Existen procedimientos para mejorar las características físicas del agua cruda eliminando el material flotante, los sólidos suspendidos y los sólidos sedimentables para los casos de captación de agua superficial como solución individual. El proceso recomendado para hacerle un tratamiento integral a estas aguas comienza por retener el material flotante con una malla o criba seguido de un proceso de desarenado o sedimentación para clarificarlas si procede, luego filtrarlas y finalmente desinfectarlas para mejorar sus condiciones físicas, químicas y biológicas.

Cribado: El cribado es un procedimiento primario de clarificación del agua. Para las condiciones de captación de agua superficial por gravedad o bombeo, para evitar el ingreso de material flotante a la bocatoma en fuentes de agua superficial de régimen tranquilo, frente al cabezote que asegura la tubería en la bocatoma o que desvía el agua al canal de aducción, se debe colocar una malla metálica o plástica, fija o removible, pero que sea fácil de limpiar.

Sedimentación simple: Es un procedimiento secundario de tratamiento del agua para eliminar turbiedad del que puede prescindirse para soluciones

individuales de captación superficial si el transporte de sólidos sedimentables (arena y/o limo) no va a obstruir la tubería de aducción. En caso contrario y si las condiciones topográficas lo permiten, se recomienda construir una pequeña estructura hidráulica que sirva para retener los sólidos sedimentables mejorando la calidad del agua.

3.2.3.2 CLARIFICACION

Existen aguas superficiales y subterráneas que tienen características físicas notables de turbiedad y color originados por partículas suspendidas muy pequeñas o de tamaño coloidal que no se precipitan por sedimentación simple. Por razones de orden estético y sanitario es necesario removerlas mediante procesos químicos de clarificación llamados también de sedimentación inducida. Además de la no aceptabilidad del agua que estas características físicas producen en los consumidores, está el riesgo de la contaminación microbiológica por parásitos, bacterias o virus patógenos que se protegen en esas partículas en suspensión.

Clarificación del agua con compuestos químicos: El alumbre o sulfato de aluminio es un compuesto químico comercial muy práctico de usar para clarificar el agua cuando se siguen unas recomendaciones claras y precisas. Sirven también para el mismo propósito otras sustancias químicas con propiedades coagulantes como el cloruro férrico anhidro o el policloruro de aluminio.

Clarificación del agua con compuestos naturales: Muchos componentes de origen vegetal como almidones, glucógenos, celulosas y proteínas tienen propiedades coagulantes o floculantes y son usados desde hace bastante tiempo en forma empírica para clarificar el agua turbia, por los nativos de muchos países con resultados satisfactorios. Estos compuestos naturales, llamados también polímeros naturales, se producen debido a las reacciones bioquímicas naturales en animales y plantas y en algunos casos han dado mejor rendimiento que los polímeros sintéticos para clarificar el agua.

3.2.3.3 FILTRACION

La filtración es un proceso físico de pulimento o mejoramiento de la calidad, posterior a los procesos de clarificación, que consiste en pasar el agua a través de

unas capas de material poroso o granular, con el fin de retener bacterias y partículas suspendidas en el líquido.

Filtración lenta: Al final de la tubería de aducción proveniente de la bocatoma o de la estructura de sedimentación y en un lugar conveniente cercano a la vivienda, que ojalá le pueda suministrar agua filtrada por gravedad, se puede construir un filtro lento en mampostería de ladrillo de forma rectangular para llenarlo de grava y arena o utilizar un tanque domiciliario prefabricado.

Filtro de cerámica para agua potable: Es un filtro casero de bajo costo que trata el agua para bebida y consiste de un elemento de filtración hecho de una mezcla de arcilla y aserrín, elemento este último que le da la porosidad necesaria para retener la turbiedad y cambiar el color. Este filtro es fácil de usar y mantener, no afecta el gusto del agua, remueve la turbiedad y mantiene el agua fresca y agradable.

Filtros de vela cerámica a nivel casero: Estos pueden ser adquiridos en el comercio o pueden ser fabricados en la vivienda.

Este filtro debe ser instalado en la cocina para ser alimentado con agua clarificada proveniente de un sistema de captación de agua superficial o subterránea o del almacenamiento de agua lluvia a través de un tanque domiciliario.

3.2.3.4 DESINFECCION

A pesar de los procedimientos apropiados de retención, desarenado, sedimentación y filtración descritos anteriormente para clarificar el agua, es necesario, y en especial para la que se va a usar para bebida y cocción de alimentos en la vivienda rural, someterla a un procedimiento final de tratamiento que es el de la desinfección con la cual se busca eliminar cualquier microorganismo patógeno que haya logrado superar las barreras anteriormente mencionadas.

Desinfección doméstica del agua a través de la cloración: Se realiza con compuestos derivados del cloro, que por ser oxidantes y altamente corrosivos, poseen gran poder destructivo sobre los microorganismos

presentes en el agua y pueden ser recomendados, con instrucciones de manejo especial, como desinfectantes a nivel de la vivienda rural.

Desinfección del agua por radiación solar: Es una tecnología que utiliza los rayos ultravioleta (UV) presentes en la radiación solar para destruir e inactivar los microorganismos patógenos presentes en el agua. Es una alternativa económica y fácil de implementar a nivel de la vivienda rural, especialmente en zonas donde hay amplia actividad solar. Mejora la calidad del agua para consumo humano la cual debe tener como condición previa una baja turbiedad y preferiblemente haber sido sometida a un proceso de filtración o clarificación.

Hervido del agua: Es un método bastante efectivo para desinfectar pequeñas cantidades de agua clarificada y filtrada por algunos de los procedimientos anteriores, pues aún así puede presentar algún contenido de materia orgánica. El procedimiento consiste en llenar un recipiente con el agua a tratar y calentarla en la estufa de la cocina hasta que hierva y mantener el proceso de ebullición durante 5 y hasta 20 minutos para eliminar patógenos y esquistosomas resistentes.

3.2.4 INSTALACIONES HIDRAULICAS EN VIVIENDAS RURALES

Las instalaciones hidráulicas de la vivienda rural conectada a un sistema de acueducto o a un abasto de agua deben contar como mínimo con: un (1) punto de agua en la cocina, uno (1) para la instalación sanitaria y uno (1) para lavado de manos, higiene y otros usos. Estas instalaciones podrán estar ubicadas dentro o fuera de la vivienda, según la distribución y las dimensiones que se ajusten a las mejores condiciones técnicas para su funcionamiento, y a las necesidades de la familia rural.

En el caso de la solución individual de agua, además de los puntos mencionados, se debe tener el espacio suficiente para el sistema de captación, almacenamiento y tratamiento del agua. En lo posible se buscará tener un tanque de almacenamiento elevado que permita el manejo del agua por gravedad. Se deben definir los usos y los volúmenes de agua que se van a destinar al consumo humano y de acuerdo al

sistema a implementar, se habilita el espacio para el tratamiento al interior de la vivienda, preferiblemente en la cocina, y protegido de contaminación.

Matriz Multicriterio Fuente de Abastecimiento				
	Factor	Criterio		Peso
Socio-económico 40%	Acceso a bienes y servicios (20%)	Accesibilidad física a la fuente en el punto donde está o estaría ubicada la captación.	Si hay camino y se presentan condiciones geográficas que permitan el desplazamiento a lo largo de ella, tendría el máximo puntaje. Se califica entonces: Accesibilidad para llegar a la fuente sería la mitad del puntaje Que las fuentes tengan unas condiciones que permitan buscar fácil el punto de captación	10
		Propiedad del terreno donde se ubicará la captación y desarenador	10 del municipio o del operador que tenga los certificados al día, 6 predios privados o permiso explícito de la comunidad, 1 privado, no se sabe o no hay título de propiedad)	10
	Aceptabilidad social (20%)	Aceptabilidad de la comunidad frente al uso de la fuente.	10 si ya la usa, 6 si la comunidad presenta algún reparo o reporta algún problema con esa fuente, 1 si los problemas son graves	10
		Valore conflictos por usos de la fuente	5 no tiene, 3 algunos, 1 graves	5
		Existencia de acuerdos o alianzas para la conservación y la gestión del agua en la zona de influencia de la captación.	5 si hay programas de conservación a nivel comunitario o si existe acuerdo, 3 si hay interés, 1 si no hay interés	5
Técnico - Operativo (60%)	Ambiental (40%)	Estado de conservación de la microcuenca para garantizar la calidad y cantidad.	15 si la microcuenca está conservada, 10 si ya hay evidencia de deforestación y pastoreo, 5 si la microcuenca está altamente intervenida	15
		Estabilidad del cauce frente a las amenazas (que afecten la calidad del agua - turbiedad, represamientos)	10 si no se presentan amenazas; 5 cuando es un fenómeno de remoción en masa tipo reptaciones o presenta problemas de turbiedad en épocas de invierno y 1 se presenta evidencia de cárcavas y desprendimientos o insuficiencia de agua en época de verano.	10
		Caracterización del agua (ICA) para darle mayor peso a la que tenga mejor calidad del agua	15 si el ICA está entre 0,6 y 1; 10 si el ICA está entre 0,3 y 0,6 y 5 si el ICA es menor de 0,3	15
	Flexibilidad (20%)	Hay variaciones en los niveles entre invierno y verano? Permite revisar si son caudales estables en el año	10 si es continua y no presenta variaciones que afecten el suministro de agua; 5 si es continua y no hay variaciones marcadas (se podría atender con almacenamiento) y 1 si es intermitente y hay variaciones muy fuertes	10
		Con una sola fuente podría cumplir con la demanda de la comunidad? Es suficiente para abastecer la demanda o necesito una fuente complementaria	10 cuando con una fuente se puede cumplir con la demanda de la comunidad; 5 cuando se puede utilizar dos fuentes y 1 si se requiere más de 2 fuentes.	10
TOTAL (valoración total de la alternativa)				100

Matriz Multicriterio para selección de Fuente de Abastecimiento – Fuente: Minvivienda.gov.co

Componente	Factor	Criterio		Peso
Socio-económico 45%	Acceso a bienes y servicios (15%)	Transporte de materiales y equipos electromecánicos al punto de captación	5 si hay buen acceso al punto de captación; 3 si hay acceso regular y 1 si debe abrir camino	5
		Distancia del punto de captación al centro de la comunidad a atender	5 cercano, 1 lejano	5
		Acceso a energía eléctrica o fuente alterna	5 si hay disponibilidad de servicio de energía eléctrica interconectado, 3 si debe llevarse la red de baja tensión hasta el punto de captación, 1 si no hay disponibilidad de servicio	5
	Aceptabilidad social (10%)	Aceptabilidad de la comunidad frente a la solución tecnológica.	10 si la comunidad acepta la solución que se plantea, 5 si hay posiciones encontradas y 1 si no la aceptan	10
	Administración (20%)	Propiedad del terreno y servidumbres donde se ubicará la captación y desarenador	5 del municipio o del operador que tenga los certificados al día, 3 predios privados o permiso explícito de la comunidad, 1 privado, no se sabe o no hay título de propiedad)	5
		Necesidad de personal especializado para las actividades de operación y mantenimiento	5 si no necesita personal especializado, 3 necesita personal especializado	5
		Disponibilidad a nivel local o regional de soporte técnico para los equipos e infraestructura de captación asociada a la fuente.	10 si hay soporte a nivel local, 6 si no hay soporte técnico a nivel local	10
Operación y mantenimiento (30)	Operación y mantenimiento (30)	Evalúe la complejidad de operación y mantenimiento del sistema de captación requerido por parte de la comunidad	15 si el sistema es por gravedad, 5 el sistema requiere bombeo	15
		Estado de protección del punto de captación para garantizar la calidad y cantidad: protección física de acceso	15 si no requiere ningún tipo de protección; 6 si requiere algún tipo de protección; 3 si se requiere infraestructura más compleja por el tipo de equipos electromecánicos que deben instalarse	15
	Ambiental (25%)	Riesgo de afectación de la posible zona de captación frente a amenazas por calidad y continuidad del agua y vulnerabilidades identificadas	10 si la microcuenca está dentro de áreas protegidas o tiene bosque nativo, 5 si ya hay evidencia de deforestación y pastoreo, 1 si la microcuenca está altamente intervenida	10
		Estabilidad del terreno para captación del agua de forma segura y continua	15 si no se presentan movimientos de remoción en masa; 10 cuando es un fenómeno de remoción en masa tipo reptaciones y 5 se presenta evidencia de cárcavas y desprendimientos.	15
TOTAL (valoración total de la alternativa)				100

Matriz Multicriterio para selección de Captación – Fuente: Minvivienda.gov.co

Factor	Criterio		Peso
Acceso a Bienes y Servicios (30%)	Oferta regional/local de materiales requeridos para la construcción o implementación de la alternativa	5 si se consiguen los materiales requeridos para la construcción o implementación de la alternativa, 1 si no se consiguen	5
	Oferta de mano de obra calificada a nivel regional/local para la construcción o implementación	5 si no necesita personal especializado para la construcción, 1 si necesita personal especializado	5
	Oferta energética para el funcionamiento de la alternativa	5 si hay disponibilidad de servicio de energía eléctrica interconectado, 2 si debe llevarse la red de baja tensión hasta el punto de captación, 1 si no hay disponibilidad de servicio	5
	Área requerida para la construcción de la alternativa planteada	10 lo toma la alternativa que tenga la menor área requerida, 1 la alternativa que requiere la mayor área, las otras alternativas toman un puntaje proporcional a su área requerida	10
	Oferta de recolección de residuos asociados a partes, componentes o subproductos relacionados con la alternativa de tratamiento	5 si existe si existe oferta de recolección y 1 si no existe	5
Aceptabilidad Social (10%)	Compatibilidad de la alternativa desde las costumbres, conductas o cosmovisiones de los	5 si la comunidad acepta la solución que se plantee, 3 si hay posiciones encontradas y 1 si no la aceptan	5
	Capacidad y disponibilidad de pago	5 si la comunidad tiene la capacidad y disponibilidad a pagar, 3 si hay posiciones encontradas y 1 si no tiene capacidad no disponibilidad de pago	5
Administración (10%)	Necesidades de personal adicionales al operador que se requieren para mantener el sistema de tratamiento operando	5 si no necesita personal adicional al operador, 1 si necesita más personal	5
	Costos administrativos relacionados con la tecnología: requerimientos de área, celaduría, laboratorios y servicios públicos	5 si no necesita costos administrativos adicionales a la operación del acueducto, 1 si requiere algo adicional (celaduría, mantenimientos rutinarios, controles, etc)	5
Ambiental (12%)	Generación de residuos tales como partes cambiadas o subproductos (lodos y salmueras, en el caso de tratamiento de aguas saladas) que requieran una disposición o manejo especial	4 si genera residuos y 1 si no los genera	4
	Complejidad del tratamiento de los subproductos	4 si el tratamiento de los subproductos es simple y 1 si los tratamientos son complejos.	4
	Impactos ambientales generados por el sistema energético (ejemplo en el caso de generadores el problema de ruidos, contaminación de aire, olores y generación de desechos)	4 si no genera impactos de este tipo y 1 si los genera	4
Flexibilidad (10%)	capacidad del sistema para operar con variaciones notorias en la calidad de la fuente, de los parámetros básicos, tales como turbiedad.	5 si el sistema propuesto no tiene problemas en funcionamiento frente a variaciones del parámetro en un 10% por encima del promedio; 3 si el sistema propuesto no tiene problemas en funcionamiento frente a variaciones del parámetro en un 5% por encima del promedio.	5
	Si el sistema requiere respaldo energético	5 a menor cantidad de KW que requiera para respaldo energético; 1 punto para la tecnología que necesite mayor cantidad de KW, las otras alternativas toman un puntaje proporcional a sus necesidades de energía	5
Operación y mantenimiento (20)	Necesidades de mano de obra calificada para la operación de la alternativa	4 si no necesita personal especializado para la operación, 1 si necesita personal especializado	4
	Requerimiento de capacitación especializada para la operación y mantenimiento de la alternativa	4 si no necesita capacitación especializada, 1 si la necesita	4
	Requerimientos energéticos para el funcionamiento de la alternativa.	4 a menor cantidad de KW que requiera para funcionar la alternativa; 1 punto para la tecnología que necesite mayor cantidad de KW, las otras alternativas toman un puntaje proporcional a sus necesidades de energía	4
	Necesidades de cambio y periodicidad de uso de elementos consumibles (repuestos, reactivos, entre otros) que demanda la alternativa	4 si no necesita consumibles; 1 la alternativa que requiera más consumibles expresados en costos estimados; las otras alternativas toman un puntaje proporcional a sus necesidades de consumibles	4
	Qué tipo de operación rutinario requeriría	4 si la alternativa presenta el menor mantenimiento rutinario; 1 la alternativa que presenta el mayor mantenimiento rutinario; las otras alternativas toman un puntaje proporcional a sus necesidades de mantenimiento rutinario	4
Servicio/Respaldo (8%)	Oferta local y regional de insumos, partes y materiales para mantenimiento y operación de la	8 si existe soporte local para la operación y mantenimiento de la tecnología y 1 si no lo hay.	8
			100

Matriz Multicriterio para selección de Sistemas de tratamiento – Fuente: Minvivienda.gov.co

Componente	Factor	Criterio	Peso	
Socio-Económico (40%)	Acceso a Bienes y Servicios (20%)	Requerimiento de materiales e insumos. Materiales de cantera para obras civiles o qué tipo de materiales. Ejemplo filtro de arena	5	
		Facilidad para transportar el dispositivo hacia el lugar del proyecto en terminos de vías, dimensiones y precauciones.	5	
		Oferta de recolección de residuos asociados al dispositivo o subproductos del tratamiento.	5	
		Requerimiento de energía para el funcionamiento del dispositivo	5	
	Aceptabilidad social (20%)	Facilidad de operación para la población objetivo	10	
		Aceptabilidad de la comunidad respecto al uso del dispositivo de tratamiento.	10	
Tecnico- Operativo (60%)	Ambiental (10%)	Valoración de requerimientos de disposición final especial (1 todos los componentes, 3 algunos se pueden reusar, 5 no requiere)	5	
		Valore si generan subproductos del tratamiento que requieran una disposición especial	5	
	Operación y mantenimiento (30%)	Vida útil estimada de la alternativa para las condiciones de operación normales definidas para el dispositivo.	10	
		Complementariedad con trenes de tratamiento planteados	10	
		Tipo de mantenimiento rutinario requerido	10	
	Administración (10%)	Tiempo estimado de cambios de repuestos o partes - acotarla bien	10	
	Servicio/ Respaldo de la tecnología (10%)	Oferta regional o local de insumos para reparaciones al sistema de tratamiento	5	
		Oferta regional o local de capacitación ofrecida por proveedores	5	
			TOTAL (valoración total de la alternativa)	100

Matriz Multicriterio para selección de Dispositivos de Potabilización – Fuente: Minvivienda.gov.co

4. ALTERNATIVAS SANEAMIENTO BASICO

A diferencia de los sistemas de suministro de agua para consumo, en la zona rural encontramos solo dos tipos de Sistemas para la recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales domésticas:

1. Sistemas de alcantarillado
2. Sistemas individuales de saneamiento

Para cada tipo de sistema la normatividad actual permite el desarrollo de opciones tecnológicas.

Del mismo modo que para las soluciones de abastecimiento de agua, siempre será mejor conectarse a un sistema de alcantarillado.

Las cabeceras de corregimiento y los centros poblados rurales identificados en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Plan Básico de Ordenamiento Territorial

(PBOT) o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), deben contar con el servicio público domiciliario de alcantarillado.

Las cabeceras de corregimiento, los centros poblados rurales, las parcelaciones campestres, y otros núcleos de población que no estén identificados en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), así como, las viviendas rurales que no puedan ser conectadas a redes de alcantarillado, podrán implementar soluciones individuales de manejo de aguas residuales domésticas.

4.1 VIVIENDA RURAL ZONIFICADA (SISTEMA ZONIFICADO)

4.1.1 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Tal como se estableció anteriormente, Las cabeceras de corregimiento y los centros poblados rurales identificados en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), deben contar con el servicio público domiciliario de alcantarillado.

Este esquema diferencial va dirigido a la prestación del servicio de acueducto, en la zona rural bajo el marco de la Ley 142 de 1994, contando con instrumentos que permitan el tratamiento diferencial, desarrollados a través de la política rural.

Características:

- Permiten el cumplimiento gradual de metas, en su tarea de adoptar la metodología tarifaria diseñada por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) para pequeños prestadores.
- Permiten acceder a los subsidios para sus suscriptores y/o usuarios.
- Permiten recibir la asistencia técnica necesaria para su fortalecimiento institucional, a través del municipio, los Planes Departamentales de Agua (PDA) y/o el departamento.
- Estarán bajo la vigilancia diferencial que está diseñando la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).

Condiciones:

4. Deben diseñarse u optimizarse para cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – Resolución 330 de 2017.

5. Deben considerar lo establecido para RECOLECCION, EVACUACION Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN ZONAS RURALES en la resolución 844 de 2018.

4.1.1.1 RECOLECCION Y TRANSPORTE

Sistemas convencionales de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado separados son la primera opción para el diseño y construcción de sistemas de recolección de aguas residuales y lluvias en el territorio nacional. Estos sistemas son los tradicionalmente utilizados para la recolección y el transporte de las aguas residuales y las aguas lluvias desde su generación hasta las plantas de tratamiento de las mismas o hasta los sitios de vertimiento.

Los sistemas convencionales se dividen en alcantarillados separados y alcantarillados combinados. En los primeros, las aguas residuales y las aguas lluvias son recolectadas y evacuadas por sistemas totalmente independientes; en tal caso, el sistema separado de alcantarillado de aguas residuales usualmente se denomina alcantarillado de aguas residuales; y el sistema por el cual se recolectan y se transportan las aguas lluvias se denomina alcantarillado de aguas lluvias. Los sistemas de alcantarillado combinados son aquellos en los cuales tanto las aguas residuales como las aguas lluvias son recolectadas y transportadas por el mismo sistema de tuberías.

Sistemas no convencionales de alcantarillado

Debido a que los alcantarillados convencionales usualmente son sistemas de saneamiento costosos, especialmente para localidades con baja capacidad económica, en las últimas décadas se han propuesto sistemas de menor costo, alternativos al alcantarillado convencional de aguas residuales, basados en consideraciones de diseño adicionales y en una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos. Los sistemas no convencionales pueden constituir alternativas de saneamiento cuando, partiendo de sistemas in situ, se incrementa la densidad de población.

Alcantarillados Simplificados

Los alcantarillados simplificados funcionan esencialmente como un alcantarillado de aguas residuales convencional pero teniendo en cuenta para su diseño y construcción consideraciones que permiten reducir el diámetro de las tuberías tales como la disponibilidad de mejores equipos para su mantenimiento, que permiten reducir el número de cámaras de inspección o sustituir por estructuras más económicas.

Alcantarillados Condominiales

Los alcantarillados condominiales son sistemas que recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a 1 ha mediante tramos simplificados, para ser conducidas a la red de alcantarillado municipal o eventualmente a una planta de tratamiento.

Alcantarillados sin arrastre de sólidos

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 tramos con diámetros reducidos y poco profundos.

Sirven para uso doméstico en pequeñas comunidades o poblados y su funcionamiento depende de la operación adecuada de los tanques interceptores y del control al uso indebido de los tramos de la red. Desde el punto de vista ambiental pueden tener un costo y un impacto mucho más reducido, sin embargo, pueden requerir de esfuerzos operativos importantes.

4.1.1.2 TRATAMIENTO

A nivel general, el tratamiento de las aguas residuales suele realizarse en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), en las cuales existe un proceso general en el que se realizan un pre tratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario.

Pretratamiento: En esta fase se realiza una filtración previa para eliminar residuos sólidos de gran tamaño, grasas, etc.

Unidades de pretratamiento:

- Sistemas de remoción de grasas
- Rejillas de cribado
- Tamices
- Desarenadores

Tratamiento primario: En esta fase se eliminan entre el 40% y el 60% de los sólidos que esta presentes en el agua.

Unidades de tratamiento primario:

- Sedimentadores primarios
- Tanques Imhoff

Tratamiento secundario: Se elimina cerca de un 90% de los contaminantes del agua por acción de procesos biológicos.

Unidades de tratamiento secundario:

- Reactores UASB
- Reactores RAP
- Filtros percoladores
- Lodos activados
- Sedimentadores secundarios
- Lagunas aireadas
- Lagunas de estabilización aerobias
- Lagunas de estabilización anaerobias
- Lagunas de estabilización facultativas

Tratamiento terciario: Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. De los tres tipos de tratamiento de aguas residuales este es más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias.

Unidades de tratamiento terciario:

- Rayos UV

- Cloración
- Lagunas de maduración

Tabla 29. Rangos de eficiencia en los Procesos de tratamiento

	Unidades de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción de parámetros, porcentajes (%)						Observaciones
		DBO5	DQO	SST	SSED	Grasas y aceites	Patógenos	
Pre-tratamiento	Cribado o desbaste	0-15	0-10	10-50	0-6	0-40	N/A	Remociones con microcristales y microcristales
	Desarenadores	0-5	0-5	0-10	N/A	N/A	N/A	
	Trampa de grasas	0-5	0-3	10-15	N/A	85-95	N/A	
Tratamiento Primario	Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	75-85	60-70	30-50	
	Lagunas anaerobias	50-70	30-50	50-60	75-85	80-90	80-90	
	Tanque Imhoff	25-40	15-30	50-70	75-85	60-70	-30-50	
Tratamiento Secundario	Reactor UASB (RAFA)	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lagunas facultativas	80-90	40-50	63-75	75-85	70-90	80-90	Sin contar con algas
	Lagunas alreadas	80-95	60-70	N/A	N/A	N/A	80-90	Con sedimentación secundaria
	Reactor anaerobio RAP	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lodos activados (convencionales)	80-95	70-80	80-90	N/A	N/A	80-90	
	Filtros percoladores De alta tasa, roca De alta tasa, plástico	65-90 75-95	55-70 60-80	60-85 65-85	N/A N/A	N/A N/A	80-90 80-90	
Desinfección	Rayos UV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Cloración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Laguna de maduración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	99,99	

4.2 VIVIENDA RURAL DISPERSA (SISTEMAS INDIVIDUALES)

En el caso de las soluciones individuales de aguas residuales domésticas, se debe tener en cuenta que:

- La recolección y transporte se dan de manera simultánea. Por ello debe procurarse que las instalaciones sanitarias estén cercanas a los procesos de tratamiento.
- La alternativa de soluciones individuales de manejo de aguas residuales domésticas debe diseñarse de acuerdo con el número de habitantes de la vivienda o el entorno máximo que se va a atender.
- En algunos casos, la solución individual puede ser la única opción técnica para tratar los efluentes domésticos, cuando las condiciones geográficas y

topográficas impiden el funcionamiento del sistema de alcantarillado por gravedad.

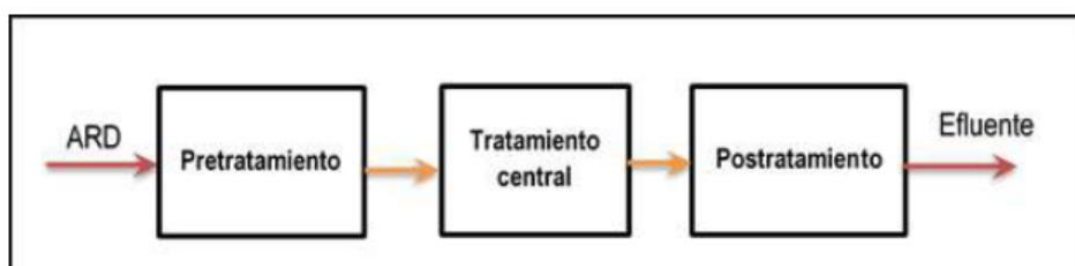
- Las soluciones individuales de manejo de aguas residuales domésticas exigen un grado de compromiso de parte de las familias usuarias de los sistemas, por lo que para cada solución, se deben dar las recomendaciones de uso tales como separación de residuos líquidos y sólidos a la hora de lavar los utensilios de cocina; utilización de jabones y productos que sean biodegradables y la inspección de los sistemas implementados.

4.2.1 SISTEMA SEPTICO

El sistema séptico es un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en sitio, el cual es usado en viviendas que no pueden conectarse al servicio de alcantarillado. Estas aguas residuales pueden provenir exclusivamente de los inodoros con descarga hidráulica o incluir también las aguas grises generadas en duchas, lavamanos, lavaderos de ropa y lavaplatos.

El sistema séptico básico, pensado para una vivienda rural dispersa, está constituido por 4 elementos dispuestos secuencialmente, los cuales deben cumplir los requisitos establecidos en la Resolución 330 de 2017 o la norma que la modifique, adicione o sustituya: un pretratamiento con trampa de grasas, un tratamiento central el cual se lleva a cabo con un tanque séptico, un postratamiento con filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y finalmente, disposición del efluente en un cuerpo de agua superficial o en el suelo, dando cumplimiento a las normas ambientales.

Figura 1 Esquema general sistema tratamiento aguas residuales domésticas en sitio



TRAMPA DE GRASAS

Son tanques de flotación donde la grasa sube a la superficie y es retenida mientras el agua clarificada sale por una descarga inferior. La función más

importante de la trampa de grasas, es evitar que las grasas y jabones disminuyan la eficiencia de las etapas siguientes del tratamiento del efluente.

TANQUE SEPTICO

El tratamiento que se desarrolla dentro de un tanque séptico es biológico. Allí las aguas residuales son sometidas a descomposición por procesos naturales y microbiológicos en un ambiente ausente de oxígeno, al ser el tanque un recipiente hermético con el fondo, las paredes y la tapa impermeables. Durante la descomposición se producen lodos que se sedimentan en el fondo del tanque, y gas que ascenderá constantemente en forma de burbujas a la superficie, arrastrando partículas livianas que flotan formando una capa de natas.

Tanques sépticos prefabricados

Los tanques sépticos prefabricados se pueden adquirir en el comercio en varios tamaños y geometrías, pero generalmente son de forma troncocónica o son cilindros rectos para ser colocados vertical u horizontalmente. Estos últimos pueden tener hasta 3 cámaras de tratamiento en serie dentro de un mismo cilindro.

FLUJO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Los filtros anaeróbicos de flujo ascendente (FAFA), se construyen como una cámara anexa al final del tanque séptico o como una cámara independiente.

También se pueden adquirir en el comercio como sistema integrado o sistema independiente del tanque séptico y con las mismas formas geométricas, materiales y características mencionados para tanques sépticos prefabricados. El proceso también microbiológico ausente de aire (anaeróbico), consiste en el tránsito del agua por el reactor, la cual es filtrada en un medio de grava.

CAMPOS DE INFILTRACION

Descripción general del sistema

Antes de adoptar los sistemas de infiltración en el terreno, es importante determinar la permeabilidad del suelo mediante un ensayo de infiltración.

En suelos clasificados como impermeables o de infiltración lenta, no se debe considerar este tipo de postratamiento.

Los campos o zanjas de infiltración consisten en una serie de zanjas angostas y relativamente superficiales que se disponen en paralelo, en forma de espina de pescado u otras configuraciones geométricas dependiendo de la topografía del terreno. En el fondo de estas zanjas se colocará una capa de grava limpia. Sobre esta base se instala un sistema de tubería tipo drenaje.

Sobre la capa de grava fina y para evitar la alteración de la capacidad filtrante de la grava, se colocará papel grueso o una capa de paja o cualquier otro tipo de material permeable que facilite la evapotranspiración del agua residual aplicada en la zanja de infiltración.

Estas tuberías reciben el efluente del FAFA y lo distribuyen en el terreno a través de las perforaciones y de sus uniones. Normalmente la tubería se coloca con las perforaciones dirigidas hacia el fondo de las zanjas.

POZO DE ABSORCION O INFILTRACION

Un Pozo de absorción, también conocido como pozo de filtración, es una cubierta, de paredes porosas, que permite que el agua se filtre lentamente al terreno. El efluente proveniente del pos tratamiento es descargado en la cámara subterránea de donde se infiltra al terreno que la circunda.

Como el agua residual se filtra por el terreno desde al pozo de absorción, pequeñas partículas se filtran en la matriz del terreno y los materiales orgánicos son digeridos por microorganismos. Así, los Pozos de Absorción son los más adecuados para terrenos con buenas propiedades de absorción; no son adecuados para terrenos con barro, compactos o rocosos.

4.2.2 UNIDAD SANITARIA SECA

La unidad sanitaria seca es una solución tecnológica para garantizar la higiene y seguridad en la disposición y almacenamiento por separado de las heces y la orina para el tratamiento en sitio.

Los elementos que básicamente componen la unidad sanitaria seca son:

Caseta, taza asiento con separador de orina, tubo de ventilación, doble cámara y sistema de tratamiento y disposición de orina. En este sistema las heces se separan de la orina partiendo de una taza diseñada anatómicamente, las heces son recolectadas, depositadas y tratadas en una cámara aislada del ambiente. Es

importante garantizar un constante suministro de material de cobertura, dependiendo de las condiciones particulares de la zona de implementación del proyecto. Este material ayuda a absorber la humedad, minimizar olores y proveer una barrera entre heces y vectores (moscas), el empleo de ceniza o cal aumento el pH también ayudará a eliminar organismos patógenos, mientras que la orina proveniente de la taza se almacena provisionalmente en un garrafón o bidón.

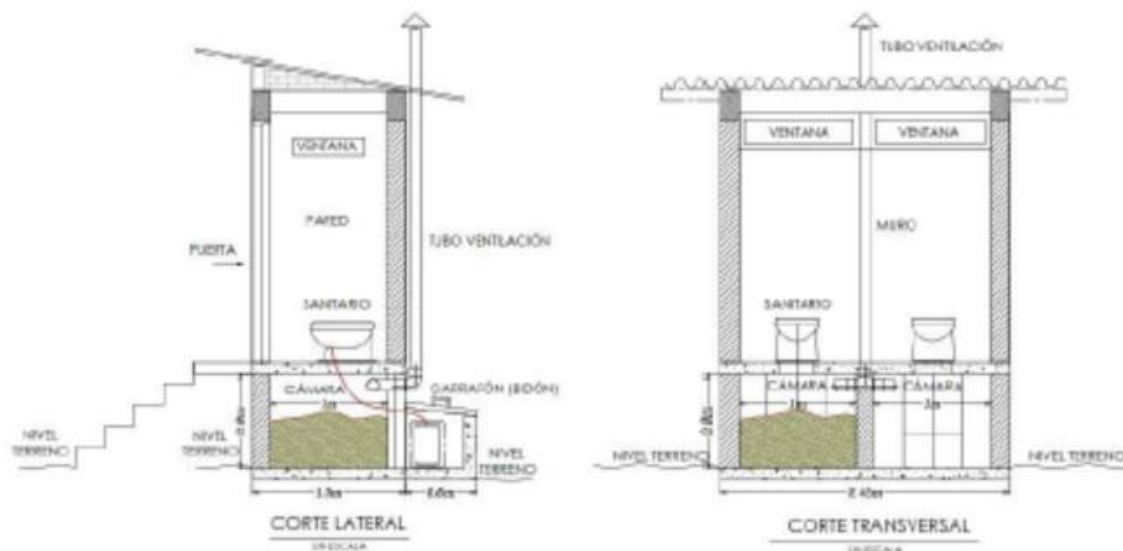
La cámara está dividida en dos compartimentos separados entre sí por un tabique, para ser utilizados en forma alterna con períodos de mínimo seis meses cada uno: mientras una se está acumulando las heces, en la otra se descompone el material depositado, brindándole el tiempo suficiente para que éste se estabilice.

Un buen proceso de tratamiento dará al final del tiempo de almacenamiento un producto inocuo e inodoro. El uso de este producto y la orina almacenada, por ejemplo, como acondicionador del suelo para aplicación se debe hacer teniendo presente la normatividad existente para el manejo de biosólidos.

Tratamiento

El tratamiento se realiza mediante descomposición aeróbica, después de cada deposición se aplica material de cobertura, que puede ser: cal, ceniza, pasto seco, paja, hojas secas, viruta, tierra, aserrín o similar en forma separada o combinada, de acuerdo con cada condición del área de influencia del proyecto.

El material de cobertura cumple las funciones de: Facilitar la adsorción, distribución y después evaporación de la humedad contenida en las excretas (para que sea óptimo, la humedad del material debe estar entre el 40% y el 60%), además da estructura al contenido de la cámara, facilitando el acceso de aire a las excretas, lo que es una condición para la descomposición aeróbica (compostaje) y el secado aportando en una menor medida a contribuir a la mitigación de olores y vectores.



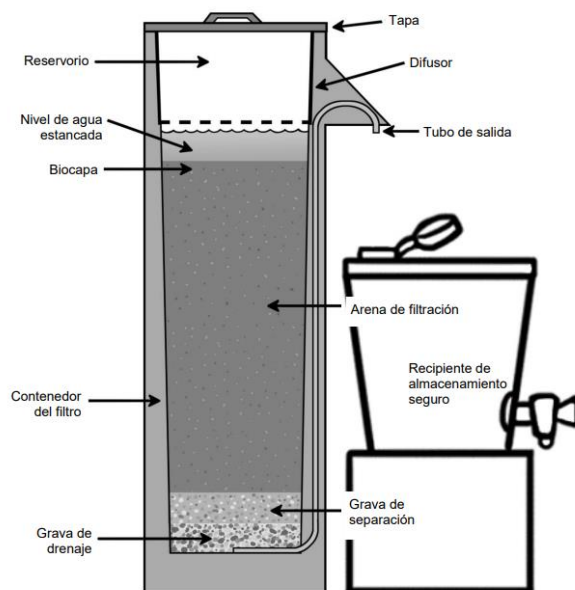
5. NUEVAS TECNOLOGÍAS O SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN

5.1 FILTROS DE BIOARENA (BSF)

El filtro de bioarena es un dispositivo sencillo de tratamiento de agua doméstico diseñado, específicamente, para uso intermitente y que funciona como los filtros lentos de arena tradicionales. Consiste en un contenedor de concreto o plástico que está relleno de arena y grava, especialmente seleccionada y preparada. A medida que el agua fluye a través del filtro, por procesos físicos se eliminan el hierro, la turbidez y el manganeso del agua potable. Adicionalmente, se eliminan también patógenos por un proceso biológico, al desarrollarse en la parte superior del filtro una capa biológica gelatinosa (biofilm) compuesta por microorganismos no dañinos que ayudan a eliminar los patógenos.

Han sido fabricados generalmente con una capacidad de almacenamiento de 25 L de agua, con diferentes capas de materiales. La primera capa de la parte inferior está constituida por grava (5 cm) con un tamaño de partícula de 7.5 mm, seguido por una segunda capa de 5 cm de arena (tamaño de partícula 0.95 mm). Una tercera capa está compuesta de zeolita con un espesor de 2.5 cm y la última contiene arena muy fina de 0.3 mm (espesor 2.5 cm). Se ha determinado que la zeolita tiene una alta eficiencia en eliminación de químicos y bacterias indicadoras en agua residuales. Una vez ensamblado el filtro se procede a lavar el sistema con agua hasta alcanzar una turbidez menor de 1 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), después de la medición. Este dispositivo es capaz de filtrar 171 L/h (Mwabi et al., 2011).

Partes de un FBA



Fuente: washresources.cawst.org

Ventajas:

- Alta eliminación de patógenos
- Eliminación de turbidez, color, olor y hierro (el agua se ve y sabe bien)
- Se pueden lograr caudales relativamente altos
- La instalación se realiza sólo una vez, con pocas exigencias de mantenimiento y costos de operación insignificantes
- Es de larga vida operativa
- Puede fabricarse con materiales disponibles localmente, lo que genera una oportunidad para las empresas de la zona
- Fácil de operar y mantener

Desventajas

- La capa biológica tarda de 20 a 30 días para desarrollarse hasta la madurez
- Baja tasa de inactivación de virus
- Una alta turbidez (>50 NTU) hace que el filtro se obstruya y requiera más mantenimiento
- Se necesita que el filtro se use de forma regular o periódica
- No se pueden eliminar los compuestos disueltos
- Debido al peso puede ser difícil de mover o transportar

- Falta de protección residual (riesgo de re contaminación)

ANEXO

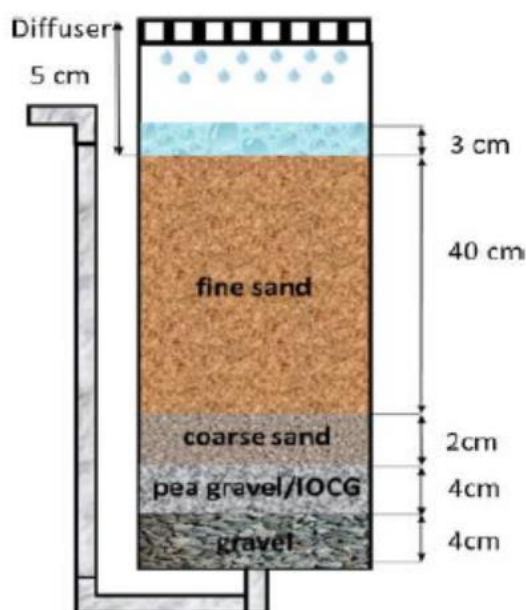
CAWST 2012a. Manual construcción filtro bioarena



CAWST 2012a.
Manual construcción

5.2 FILTROS DE BIOARENA MODIFICADO (MBSF)

El material para su construcción e implementación de MBSF es similar al filtro de bioarena BSF en medida y orden de colocación de capas de los medios filtrantes, con una diferencia de colocar una capa más de 5 cm de medio filtrante que contiene arena fina mezclado con partícula de hierro o latón granulado, la cual permite tener eficiencia en eliminar microorganismos patógenos y sólidos suspendidos mediante reacciones exotérmicas. El mantenimiento de MBSF es fácil, es ligero y su costo es bajo por lo que es recomendable para población rural dispersa que demanda agua potable.



Fuente: Trabajo de investigación Edwar Tucto cueva

5.3 FILTRO DE CERAMICA (CCF)

Los filtros de cerámica de agua son unos dispositivos sencillos de tratamiento de agua para el hogar, fabricados con arcilla, utilizados para eliminar las impurezas que pueden estar presentes en el agua, dejándola limpia y apta para su almacenamiento seguro y consumo. Con el filtro se busca la eliminación de la turbidez, residuos sólidos, bacterias y parásitos, que se atrapan y/o absorben mediante un proceso físico a través de los microporos de un filtro hecho de materiales cerámicos que puede venir en forma de “velas”, olla (vasija) o disco. El equipo consta de dos contenedores: el superior, donde se vierte el agua y se filtra a través del dispositivo de cerámica y, el inferior, donde se almacena el agua tratada.

El filtro de vela de cerámica está compuesto por dos baldes de polietileno de alta densidad de 20 litros de volumen cada uno de ellos. Estos son colocados uno encima del otro de tal forma que el balde superior contenga las dos velas filtrantes de cerámica.

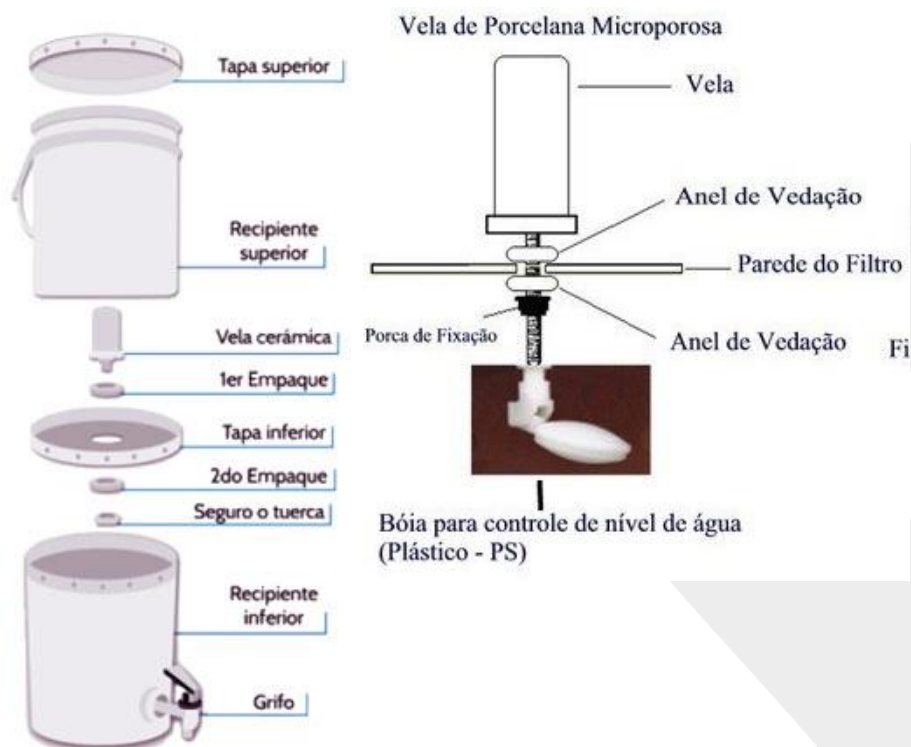
Para este fin, en la base del tanque superior y en la tapa del balde inferior, se perforan dos agujeros coincidentes donde se insertan las espigas de las velas filtrantes. Entre la base del tanque y la tapa inferior, se colocan dos anillos de plástico coincidentes con las espigas de las velas, con el fin de darle una mayor rigidez a la unión cuando se aseguren los elementos filtrantes y se evite la fuga de agua.

Una vez se encuentre la vela filtrante asegurada a la tapa inferior, se atornilla a la espiga el flotador plástico, con el cual se asegura el cierre del líquido filtrado, cuando el tanque inferior se encuentre lleno y de esta forma se evita que el agua se riegue por rebose.

Este conjunto se coloca sobre el tanque inferior al cual se le realizan perforaciones de 3 mm de diámetro en la parte superior para ventilación del tanque y una perforación de 0.5 pulgadas en la parte baja para la instalación de la lleve o grifo, para la extracción del agua filtrada.

Las velas filtrantes son construidas en material de cerámica microporosa con poros de 0,5 micras de diámetro, que retiene material contaminante. En su parte interior

lleva una película de plata coloidal que actúa como bactericida y carbón activado para el control de sabores y olores.



Fuente: purewater.com.co

Ventajas:

- Tecnología simple, económica, y de fácil uso y mantenimiento
- Remueve patógenos, turbidez y sólidos suspendidos
- Medianamente efectiva en la eliminación de virus y hierro
- Mejora el gusto, olor y color del agua
- Se puede fabricar con materiales de la zona (locales), lo que puede generar una oportunidad para la pequeña empresa
- Mantiene el agua limpia y segura de contaminantes y a una temperatura adecuada para su consumo
- Es resistente, duradera y fácil de transportar, excepto cuando se usan recipientes o contenedores de barro/arcilla

Desventajas

- No se eliminan todos los patógenos
- No elimina contaminantes químicos (por ejemplo, arsénico, fluoruro) y color
- Las aguas con alto contenido de hierro y muy turbias obstruyen los poros de los filtros cerámicos, por lo que se requiere de una limpieza más regular

- Bajo caudal
- Dificultad de transporte de los contenedores de arcilla por su fragilidad y gran peso
- No es fácil garantizar un control de calidad cuando se trata de producción local
- Pequeñas fisuras y/o grietas pueden llevar a una eliminación reducida de patógenos
- No hay efecto de desinfección residual, o sea puede haber riesgo de recontaminación

ANEXO

OPS-OMS 2006. Filtro de velas. Construcción, uso y mantenimiento



OPS-OMS 2006.
Filtro de velas. Constr

5.4 DESINFECCION CON LUZ ULTRAVIOLETA

Para el tratamiento del agua potable se pueden usar unos sencillos tubos UV que, gracias a su efecto bactericida, logran matar microorganismos patógenos presentes en el agua potable. Son unos dispositivos de desinfección muy rápida del agua, muy eficaces y de bajo costo. Por lo general, consisten en una tubería a través de la cual fluye lentamente el agua y en la que se instala una bombilla de luz ultravioleta que puede funcionar con energía eléctrica o solar. Los tubos UV se pueden usar a nivel familiar, comunitario o institucional.

Este método de purificación destruye más del 99.9% de bacterias, virus y gérmenes patógenos que se encuentran en el agua. Ningún otro medio de desinfección es tan efectivo como los sistemas que usan irradiación de luz UV. Esta no cambia las propiedades del agua ni afecta a quien la usa o bebe

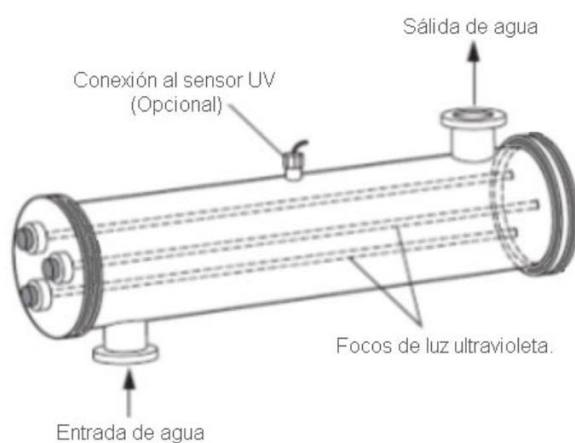
Ventajas:

- Se pueden obtener grandes cantidades de agua desinfectada de forma rápida
- Puede ser administrado por personal no cualificado
- Se puede construir con material disponible localmente

- Altamente efectivo en una amplia variedad de patógenos, incluidos E. Coli, Giardia y Cryptosporidium
- Sin riesgo de formación de subproductos de desinfección (por ejemplo, trihalometanos)
- Efectivo independientemente del pH y la temperatura
- Sin sabor u olor desagradable (como puede aparecer para tratamientos químicos)
- No precisa del transporte, almacenamiento o manejo de productos químicos

Desventajas:

- Mayor costo del equipo en comparación con la cloración
- Requiere de una fuente de energía regular para la operación
- El tubo de la lámpara necesita reemplazo cada 6-12 meses
- Se requiere una inversión inicial para la instalación
- La lámpara UV debe limpiarse regularmente y manipularse con cuidado debido a su contenido de mercurio
- Sólo efectivo para la contaminación microbiana; no trata contaminación química o física (salinidad y turbidez de metales pesados)
- Riesgo de recrecimiento microbiano o recontaminación ya que no tiene un efecto residual de desinfección



Fuente: carbotecnia.info

5.5 FILTRO XILEMA

Es un filtro para abastecer de agua a una sola persona, elaborado a partir de 100 mm de una rama de árbol de pino sin corteza, el cual se pega en un tubo de manguera plástica y se asegura ajustando con una abrazadera metálica. Es un sistema de elaboración rápida, los materiales disponibles son económicos,

desechables y biodegradables. Su eficacia es probada usando xilema de pino, 3cm³ de xilema (albura) puede filtrar el agua con caudal de 0.16 litros/hora, suficiente para satisfacer de agua potable a una persona (Peñaranda, 2016).

La eficiencia que tiene este tipo de filtro, según Karkin puede purificar agua reduciendo 99.9% de bacterias, protozoos y casi todas las partículas mayores de 100 nm de diámetro aplicando una presión de 5 psi, en los 2 a 3 mm del filtro de xilema se los denomina membrana de hoyos porque es la unidad funcional donde ocurrió la filtración real y se retuvo las bacterias. Es recomendable su uso en países en desarrollo y en áreas rurales donde no cuentan con agua potable libre de patógenos (Boutilier, et al, 2016).



ANEXO

Manual de construcción Filtro Xilema



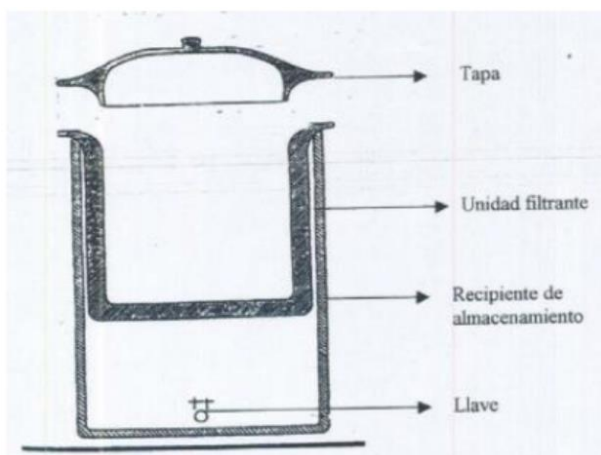
Cómo hacer filtros de agua con ramas de ár

5.6 FILTRO POROSO CON PLATA COLOIDAL

Utiliza el concepto del FILTRO DE CERAMICA combinado con el concepto de desinfección que se da por un elemento que se adiciona en solución.

El proceso de fabricación se realiza utilizando como materia prima la arcilla y nitrato de plata, mediante este tipo de filtro se puede filtrar 1 a 3.5 l/h, la función principal del nitrato de plata es antimicrobiano lo cual elimina todo el microorganismo dentro del filtro (Ibarra, 2016). El filtro tiene cuatro partes: tapa, balde para almacenar agua, unidad filtrante constituida de cerámica de arcilla con plata coloidal y una llave de

agua para la salida de agua filtrada. La unidad filtrante tiene la capacidad de ocho litros y está fabricado por porcentajes iguales de barro de arcilla y aserrín, este último se puede variar con cáscara de arroz u otro material lignocelulosa, se somete al horno a alta temperatura y resulta poroso medio por el cual permite pasar el agua y retener partículas, finalmente se pinta con Microdyn, este último es un producto compuesto de plata coloidal que tiene la función de retener y dar muerte a los microorganismos (Mayhua inaya, 2018). La operación y mantenimiento que tiene este filtro es simple, se debe conservar el agua por encima de la mitad de la unidad filtrante, el filtrado se realiza sin ninguna presión. La calidad de agua filtrada es alta porque tiene una eficiencia en eliminar de 99.85% al 100% de coliformes fecales totales y remoción promedio de 98.41 % de la actividad bacteriana y una remoción significativa de la turbiedad (Cornelio Espinoza, 2018).



5.7 FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado o carbón activo es una sustancia de origen vegetal que tiene la propiedad de absorber químicos, gases, metales pesados, proteínas, desechos y toxinas, dado que también remueve los contaminantes que generan olores, lo que logra que el agua potable tenga un mejor sabor.

La filtración mediante carbón activado se emplea en el tratamiento de agua debido a que posee una gran capacidad de absorción de diversos elementos, logra que el agua potable tenga mejor sabor y seguridad ante su consumo.

El carbón activado para filtro de agua se encuentra en polvo, granular y en bloque, se fabrica de cáscara de coco, madera, olivas. Son materiales ricos en carbono y con gran actividad de adsorción.



Ventajas:

- Elimina contaminantes orgánicos como pesticidas, plaguicidas o toxinas orgánicas
- Retiene el cloro residual del agua
- Previene la intoxicación por químicos
- Mejora la eficiencia de los equipos de post – tratamiento como el ablandador de agua, ósmosis inversa y filtros, previniendo su sobre-saturación
- Los filtros de carbón activo son fáciles de mantener. Una vez que estén saturados, simplemente se pueden sacar y reemplazar, no requiere limpieza específica.

Desventajas

- Necesita un pre-filtro de sedimentos, antes del filtro de carbón activado es necesario instalar un filtro de sedimentos para evitar que los poros del filtro se saturen rápidamente
- De la misma forma necesita filtros para contaminantes específicos como el hierro
- Es necesario tener un control riguroso de la concentración de cloro, para evitar que el filtro se sature en pocas semanas (una concentración de cloro mayor a 2 ppm es un problema serio para el filtro de carbón activado)
- Como todo filtro o sistema de filtración, necesita un método de desinfección para prevenir la formación de biopelículas sobre su superficie
- No se puede limpiar, ante cualquier contaminación nuestra recomendación es cambiarlo

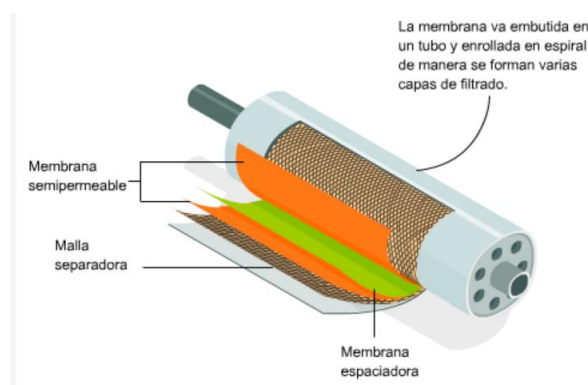
5.8 FILTRO DE MEMBRANA

Es una tecnología que utiliza una membrana porosa como barrera selectiva para filtrar partículas líquidas o retener moléculas de tamaño y peso molecular mayores que el diámetro de los poros.

A medida que el agua atraviesa la membrana, se retienen las sustancias sólidas, por lo que los contaminantes que se filtraran dependen directamente del tamaño del poro de la membrana.

Los filtros de membrana son dispositivos que usan una fuerza motriz (como la gravedad o el bombeo) para empujar el agua a través de la membrana que filtra los contaminantes.

Entre los procesos de separación por membranas, la microfiltración, la ultrafiltración y la nanofiltración son los procesos más cercanos a la filtración clásica. Las membranas utilizadas en estos procesos son porosas y su selectividad se determina a partir de la relación entre el tamaño y la forma de los solutos a fraccionar y la distribución de tamaños de los poros en la superficie. El transporte entre los lados de la membrana se produce a través de los poros, mediante un mecanismo conectivo. EL flujo permeado es directamente proporcional a la presión aplicada a la membrana.



Fuente: aquamarket.pe

5.9 FILTRO LIFESTRAW

Este sistema es diseñado por la empresa Vestergaard fransen S.A, para el tratamiento de agua mediante ultrafiltración mecánica por gravedad. Los componentes que tiene el sistema es un balde de pre-filtro que retiene o elimina contaminantes mayores a 80 micras, una cámara de halógeno que esparce cloro en

el interior de la manguera para evitar que se forme biopelículas, 26 cm de largo por 3cm de diámetro de manguera de plástico conectado a un cartucho que contiene hallow- fibra con poros de 20 mm, permite retener parásitos, virus, bacterias y partículas suspendidas finas, por medio de ultrafiltración por gravedad. Además, tiene una llave azul que controla la salida de agua filtrada. Este sistema permite filtrar 9 l/h y puede filtrar 18000 litros de agua antes de cumplir su vida útil (Pérez et al., 2016).

Tipo 1:



Fuente: <https://lifestraw.com/>

Ventajas:

- Elimina bacterias, virus y parásitos.
- Excede los requerimientos de la OMS para la Alta Protección a la Salud.
- Cumple con las regulaciones EPA del agua potable.
- Vida útil de 18,000 a 20,000 litros de agua.
- Alto flujo de agua filtrada 8.8 L/h promedio (146 ml/min).
- No requiere pilas ni energía eléctrica.
- No necesita repuestos.
- No requiere de un flujo de agua adicional para operar.
- No requiere instalación ni ensamble; solo colgarlo de los orificios que trae diseñados para este fin.
- Es fácil de empacar, transportar y almacenar.
- Su mantenimiento es simple y seguro, lo que se traduce en un menor costo logístico y menor requerimiento de control por parte de los donantes.

Tipo 2:



Fuente: <https://lifestraw.com/>

Ventajas:

- Elimina bacterias, virus y parásitos.
- Excede los requerimientos de la OMS para la Alta Protección a la Salud.
- Su vida útil es de 70.000 a 100.000 litros de agua purificados.
- Purifica en promedio 12 litros/hora. Puede abastecer con agua segura aproximadamente 100 personas/día.
- Posee 2 tanques de almacenamiento: 1 para 25 litros de agua cruda y otro para 25 litros de agua filtrada, para un total de 50 litros.
- Puede funcionar con aguas turbias.
- No requiere pilas ni energía eléctrica, ni conexión a redes de acueducto.
- Está fabricado con material durable y lavable.
- Es de fácil mantenimiento y limpieza.

Un estudio realizado en la Universidad Tecnológica de Pereira, concluyó que el filtro LifeStraw es una tecnología recomendada como alternativa para mejorar la calidad de agua en comunidades rurales, los resultados de los parámetros analizados cumplieron con la normativa colombiana. Además, la tecnología cumple con factores ambientales, económicos, socioculturales y técnicos operativos (Montaño, 2017).

5.10 FILTRO DE ZEOLITA

Las zeolitas son sólidos con una estructura cristalina tridimensional relativamente abierta construida a partir de los elementos aluminio, oxígeno y silicio, con metales alcalinos o alcalinotérreos (como sodio, potasio y magnesio) y moléculas de agua atrapadas en los huecos entre ellos.

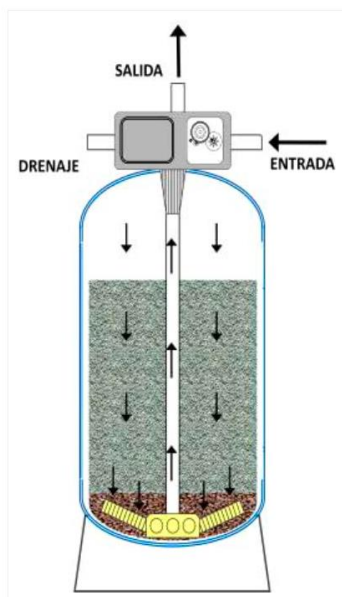
Las propiedades únicas de intercambio iónico y adsorción, la alta porosidad, la excelente estabilidad térmica y la estructura en forma de jaula de las zeolitas las hacen muy adecuadas para muchas aplicaciones. Uno de los usos diarios más importantes de las zeolitas es en los filtros de agua.

Las zeolitas adsorben una serie de sustancias orgánicas. El mineral tiene la mayor afinidad por los componentes orgánicos polares, por ejemplo, hidrocarburos clorados. Dependiendo del diámetro de las moléculas, estas se adsorben en el micro o mesoporos. La capacidad de la adsorción depende en gran medida de las circunstancias en las que se realiza la adsorción.

Como las zeolitas son un material granular, las partículas sólidas y suspendidas quedan atrapadas entre los granos. La estructura porosa también hace que las partículas de coloides de origen orgánico y mineral se eliminen del agua. La capacidad para la eliminación de partículas sólidas es mayor que la capacidad de la arena con una distribución de tamaño de partícula equivalente.

Ventajas de la Zeolita

- Alto grado de filtración, 6 veces más rápido que cualquier grava, filtra entre grano y grano y entre sus poros.
- Gran volumen de vacíos. Estabilidad en su estructura cristalina.
- Excelente capacidad de intercambio iónico.
- Adsorción en gases y vapores.
- Retención de metales pesados como el plomo, cobre, cadmio, zinc, cobalto, cromo, manganeso y hierro.
- Retención de amoniacos, eliminación de sólidos suspendidos, eliminación de dureza cálcica. Elimina turbiedad



Fuente: <https://aguayambiente.com/>

5.11 DESINFECCION CON OZONO

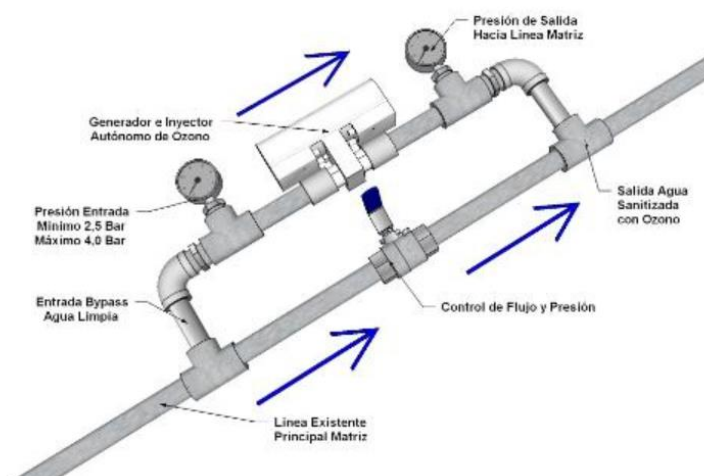
El ozono es el desinfectante químico más fuerte y su uso en el tratamiento de agua (ozonizar el agua) es cada vez más común. Debido al fuerte poder oxidante la calidad de la desinfección con ozono es muy superior a la que se consigue con un tratamiento con cloro. De esta forma, se consiguen eliminar virus, bacterias y microorganismos en general cloro-resistentes. Gracias también a este elevado potencial de oxidación conseguimos precipitar metales pesados que pueden encontrarse en disolución y eliminar compuestos orgánicos, pesticidas, y todo tipo de olores y sabores extraños que el agua pudiera contener. Otra de las importantes ventajas del uso del ozono frente al cloro es la rapidez con la que actúa lo cual nos permite realizar tratamientos muy efectivos en pocos segundos o minutos cuando para realizar un tratamiento de desinfección con cloro es necesario un tiempo de contacto muy superior.

El ozono se puede generar a partir del oxígeno que se encuentra en el aire o de oxígeno puro. La fuente más accesible para generarlo es el aire ambiental, que contiene alrededor de 21% de oxígeno por volumen. Sin embargo, esta ha sido reemplazado por el oxígeno líquido.

Ventajas del ozono:

- Desinfección bacterial e inactivación viral.

- Oxidación de inorgánicos como hierro, manganeso, metales pesados ligados orgánicamente, cianuros, sulfuros y nitratos.
- Oxidación de orgánicos como detergentes, pesticidas, herbicidas, fenoles, sabor y olor causados por impurezas.
- Es altamente efectivo para degradar plaguicidas y otras sustancias orgánicas.
- Eliminación de turbidez: La turbidez del agua se elimina por ozonización a través de una combinación de oxidación química y neutralización de carga.
- Eliminación de olores, colores y sabores: La oxidación de la materia orgánica, metales pesados, sulfuros y sustancias extrañas, produce la supresión de sabores y olores extraños que el agua pudiera contener, proporcionando una mejora en la calidad y el aspecto del agua, haciéndola más adecuada para su consumo y disfrute.



Fuente: <https://www.quioz.cl/>

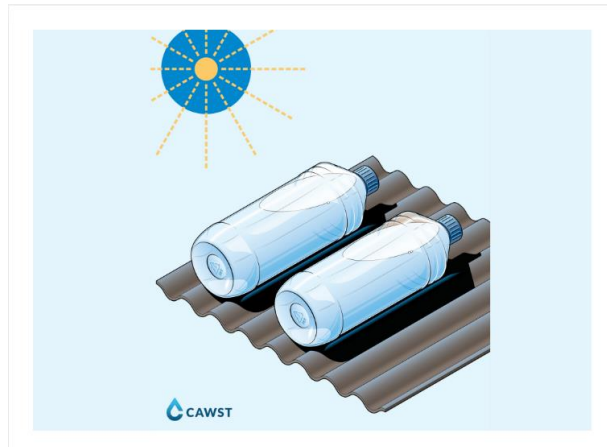
5.12 DESINFECCION SOLAR (METODO SODIS)

El método SODIS consiste en utilizar la radiación solar (rayos UV) y el incremento de temperatura del agua generado por el sol, para inactivar y destruir los microorganismos patógenos presentes en el agua, desinfectándola. El tratamiento consiste básicamente en llenar botellas plásticas transparentes con agua y exponerlas a pleno sol durante aproximadamente seis horas.

Para que el método funcione eficazmente es necesaria una exposición de seis horas bajo una radiación solar de al menos 500 W/m². Esto se consigue en latitudes medias con seis horas de exposición en verano. El efecto conjunto de la temperatura

y la radiación se produce cuando el agua supera los 50°C, momento a partir del cual el proceso de desinfección requiere un tercio de la radiación.

Es un método sencillo y barato que las personas que viven en países en vías de desarrollo y no tienen acceso a agua potable, pueden aplicarlo a escala doméstica, pues solamente utiliza elementos de desecho disponibles a nivel local, como son las botellas de plástico y la luz solar.



Fuente: <https://washresources.cawst.org/>

Ventajas del método SODIS:

- Es un proceso simple del tratamiento de aguas para mejorar su calidad microbiológica para el uso como agua potable.
- Destruye la mayoría de los microorganismos patógenos presentes en el agua con la radiación solar y el tratamiento termal.
- Utiliza la energía solar que está disponible y es gratuita.
- La aplicación es simple y, por lo tanto, ideal para el uso en el nivel doméstico.
- Requiere del uso de botellas plásticas que son fáciles de manipular e igualmente convenientes para el almacenamiento y transporte del agua.
- Reduce el riesgo de la recontaminación puesto que el agua se trata y almacena en el mismo envase cerrado hasta su consumo.
- No requiere la adición de productos químicos y, por lo tanto, no afecta el gusto ni el olor.

Desventajas del método SODIS:

- No mejora la calidad química del agua.
- Requiere condiciones climáticas favorables: radiación de la luz del sol y temperaturas ambiente preferiblemente no menor de 500 W/m² y 20°C.

- Requiere agua relativamente clara (turbiedad preferiblemente menor de 30 UTN).
- Ofrece capacidad limitada de la producción y, por lo tanto, se utiliza para tratar solamente el agua para consumo; es decir, 1-3 litros de agua por persona por día.
- Se basa en el uso de las botellas plásticas adecuadas no siempre fácilmente disponibles para la población del área rural.
- Se ha probado para la inactivación de bacterias y los virus, sin embargo, su eficacia en parásitos que destruyen sigue siendo desconocida.
- Requiere la aceptación de los usuarios que también es influenciada por su fondo sociocultural.
- Mejora la calidad microbiológica del agua, pero su impacto sobre la situación de la salud aún no ha sido evaluado.

Sistema de filtración casera	Tasa del filtración (L/h)
Bioarena (BSF)	171
Cubos (BF)	167
Vela cerámica (CCF)	6.4
filtro poroso impregnado de plata coloidal (SIPP)	3.5
filtro xilema (FX)	0.16
Filtro de membrana (LifeStraw Family).	9

Tasa de filtración promedio para los sistemas de filtración casera

Microorganismo	Filtro	Remoción	Autor
<i>Escherichia coli</i>	CCF	97.7%	Plappally y colaboradores., 2011
	CCF	98 %	Mwabi y colaboradores., 2011
	CCF	100 %	Clasen y colaboradores., 2004
	BSF	98 %	Mwabi y colaboradores.,2011
	BSF	91.5 %	Ladeira y colaboradores. 2005
	BSF	90 %	Ahammed y Komal., 2011
	SIPP	99 %	Mwabi y colaboradores., 2011
	BF	97 %	
	MBSF	99.3%	Ahammed y Komal., 2011
	FX	99.9%	Boutilier et al., 2014
	FM	99.99%	Clasen et al., 2009
<i>Vibrio cholerae</i>	BF	98 %	
	BSF	99 %	Mwabi y colaboradores. 2011
	CCF	99 %	
	SIPP	100 %	
<i>Salmonella typhimurium</i>	BF	98 %	
	BSF	98 %	Mwabi y colaboradores. 2011
	CCF	98 %	
<i>Shigella dysenteriae</i>	SIPP	99 %	
	BF	99 %	
	BSF	99 %	Mwabi y colaboradores. 2011
<i>Klebsiella terrigena</i>	CCF	99 %	
	SIPP	99 %	
	FME	99.9%	Charles y Naranjo., 2000
Esporas C.			
<i>perfringens</i>	BSF	100 %	Ladeira y colaboradores. 2005
Esporas			
<i>Bacillus subtilis</i>	BSF	99.3 %	Ladeira y colaboradores. 2005

Fuente: Datos obtenidos de la estudios realizados por los investigadores mencionados. BSF bioarena, CCF vela cerámica, BF cubo, SIPP poroso impregnado de plata coloidal, MBSF bioarena modificado, FME matriz estructurado con carbón activado, FX filtro xilema y FM filtro de membrana.

Porcentajes de remoción de bacterias obtenidos con los diferentes sistemas de filtración caseros

Autor	Filtros	Remoción en porcentaje (%)							
		F-	Ca	Fe	Mg	NO ₃ ⁻	PO ₄	As	
Mwabi, y colaboradores. 2011	Vela cerámica (CCF)	99.9	77.8	95.2	26.6	84.0	24.0	35.8	
	Cubo (BF)	99.9	71.5	75.3	56.8	94.7	51.3	27.9	
	Poroso impregnado de plata coloidal (SIPP)	99.9	79.2	54.9	39.6	38.1	69.8	97.4	

	Bioarena (BSF)	99.9	90.6	64.2	57.2	18.6	39.3	68.9
Mahlangu y colaboradores. 2012	Poroso impregnado de plata coloidal (SIPP)	43.5	56.3	88.7	66.7	N/D	N/D	53.9

F-: fluoruro, Ca: calcio, Fe: hierro, Mg: magnesio, NO₃: nitrato, PO₄: fosfatos, As: arsénico, N/D: no determinado.

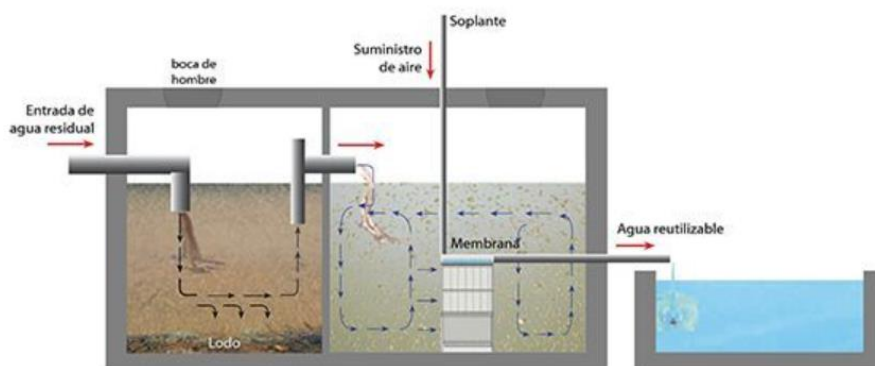
Porcentajes de remoción de compuestos químicos obtenidos mediante los diferentes sistemas de filtración caseros

6. NUEVAS TECNOLOGÍAS O SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y/O VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

6.1 BIORREACTOR DE MEMBRANA – MBR

Un biorreactor de membrana es la combinación de un sistema de tratamiento biológico convencional y una separación física líquido-sólido mediante filtración por membrana. Este híbrido proporciona un nivel avanzado de eliminación de sólidos suspendidos y orgánicos, e incluso elimina nutrientes en algunos casos.

Las membranas pueden utilizarse en forma de fibras huecas, como módulos enrollados o de placas. Se distingue entre sistemas aireados y no aireados. El sistema de biorreactor de membrana se utiliza a menudo para conseguir un tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas o municipales. Para ello, el sistema también puede utilizarse en etapas de tratamiento biológico ya existentes. A menudo, sin embargo, se desea una disposición externa, que permite un mantenimiento más fácil gracias a un mejor acceso a la planta



Fuente: <https://www.bioazul.com/>

Ventajas:

- Efluente de alta calidad. El tratamiento de aguas residuales municipales mediante biorreactores de membrana permite obtener agua de alta calidad, con eliminaciones de hasta el 95% para la demanda química de oxígeno (DQO), el 98% para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el 99% o más para los sólidos suspendidos (SS). De esta manera, gracias al reducido tamaño de los poros, el efluente obtenido es claro y libre de gérmenes patógenos (virus, bacterias...).
- Mayor control independiente del tiempo de retención de sólidos suspendidos (TRS) y el tiempo de retención hidráulica (TRH). Al utilizar filtración de membrana en lugar de sedimentación gravitacional para separar la biomasa del efluente, los sólidos biológicos están contenidos en el biorreactor, por lo que el TRS se puede controlar independientemente del TRH. Esto permite una operación a tasas de carga más altas y un TRS más largo, lo que resulta en una menor producción de lodos y un TRH más corto.
- Reducción del espacio requerido para las instalaciones. El uso de membranas para separar la biomasa del efluente elimina la necesidad de grandes tanques de clarificación para sedimentar la biomasa, lo que hace que el sistema sea más compacto. Además, esta ventaja contribuye en la eliminación de los problemas relacionados con la sedimentación del decantador secundario.
- Flexibilidad y robustez frente a variaciones de carga. Este tipo de tecnología puede operar bajo un amplio rango de condiciones de operación, es decir, puede operar a diferentes tasas de producción sin ningún problema.

Desventajas:

- Requerimientos de control de incrustaciones de las membranas. El hecho de incorporar membranas al sistema aumenta las dificultades de manejo, mantenimiento y limpieza de las instalaciones, ya que estas se caracterizan por su complejidad de limpieza cuando se saturan de sólidos (fouling).
- Vida útil de la membrana limitada. Las membranas son elementos delicados, por lo que las incrustaciones pueden reducir su vida útil.

- Elevados costes operativos, energéticos y de capital. Los costos de operación y mantenimiento incluyen la limpieza de las membranas, el control de incrustaciones, los reemplazos de estas, etc. Además, los costes energéticos son elevados debido a la utilización de aire para fregar las membranas, con lo que se limita y controla el crecimiento de bacterias en ellas

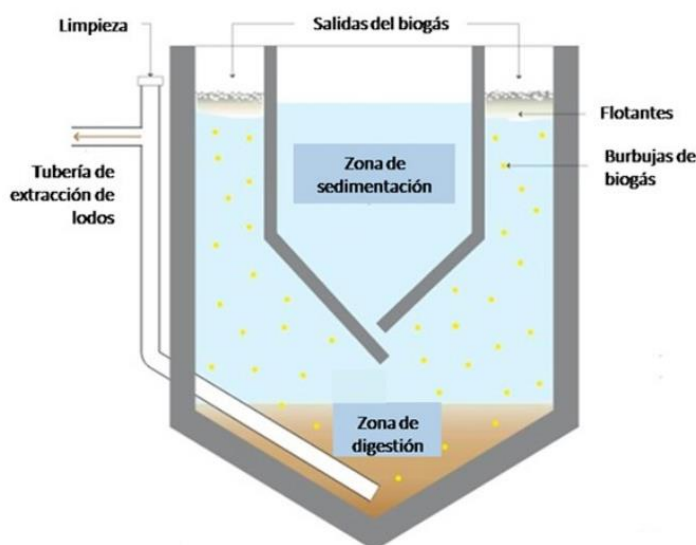
6.2 TANQUE IMHOFF

El tanque Imhoff es un tipo de tanque de doble función -recepción y procesamiento- para aguas residuales. Pueden verse tanques Imhoff en muchas formas, rectangulares y hasta circulares, pero siempre disponen de una cámara o cámaras superiores por las que pasan las aguas negras en su período de sedimentación, además de otra cámara inferior donde la materia recibida por gravedad permanece en condiciones tranquilas para su digestión anaeróbica. De la forma del tanque se obtienen varias ventajas:

Los sólidos sedimentables alcanzan la cámara inferior en menor tiempo;

La forma de la ranura y de las paredes inclinadas que tiene la cámara acanalada de sedimentación, fuerza a los gases de la digestión a tomar un camino hacia arriba que no perturba la acción sedimentadora.

Esta tecnología reduce los sólidos suspendidos de 50 a 70% y la demanda química de oxígeno (DQO) de 25 a 50%, además conduce a una adecuada estabilización del lodo, si está bien diseñada y adecuadamente operada.



Fuente: <https://www.iaqua.es/>

Ventajas

La separación sólido-líquido y la estabilización de lodos se combinan en una sola unidad

Las aguas residuales que se introducen en los tanques Imhoff no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas

Resistente ante cargas de choque orgánicas

Requiere un terreno pequeño

El efluente no es séptico (poco mal olor)

Bajos costos de operación

Desventajas

Infraestructura muy alta (o profunda); la profundidad puede ser un problema si la capa freática es alta

Requiere experiencia en diseño y construcción

Baja reducción de patógenos

El efluente, el lodo y la espuma requieren tratamiento adicional

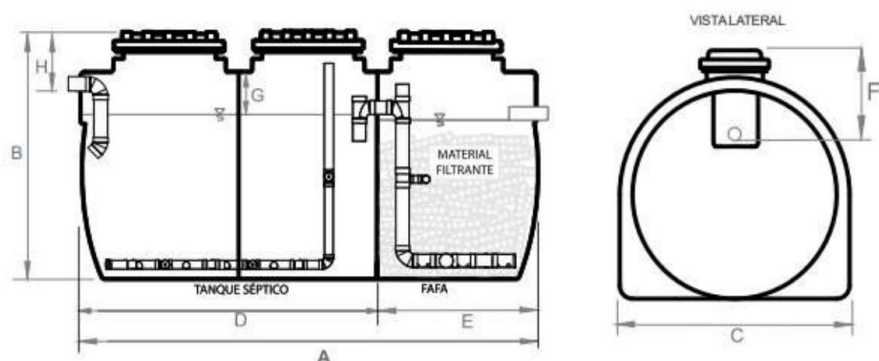
6.3 SISTEMA SEPTICO INTEGRADO AUTOLIMPIANTE

Los sistemas sépticos integrados son tanques cilíndricos horizontales con refuerzos internos, fabricados con polietileno lineal de alta resistencia al impacto, divididos en su interior en cámaras que conforman un tanque séptico y un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA). Diseñados para soluciones residenciales, industriales e institucionales.

Cuando el agua contaminada ingresa al tanque, el pozo séptico separa y procesa los residuos enviando los sólidos al fondo en el proceso que se conoce como "sedimentación". Este proceso sucede para lograr una buena descontaminación del agua.

El sistema de auto limpieza está conformado por un conjunto de tuberías que se utilizan para el mantenimiento de los sistemas sépticos integrados facilitando la

extracción de lodos con una salida independiente para el tanque séptico y otra para el filtro anaerobio. El sistema de auto limpieza funciona por medio de vasos comunicantes donde la presión ejercida por el agua empuja los lodos desde el fondo del sistema séptico hacia el exterior.



Fuente: <https://rotoplast.com.co/>

Ventajas:

Disminuye los costos de construcción; Sistema autoportante, cuyo diseño estructural resiste las presiones del nivel freático del terreno

Fácil instalación: Sistema compacto y listo para utilizar.

Cero costos de Mantenimiento; gracias a su mecanismo ágil de extracción de lodos, sin necesidad de utilizar equipos especiales

Mantenimiento fácil y eficiente; se recomienda realizarlo cada 12 a 18 meses según la frecuencia de uso.

Cuida el medio ambiente: previene la contaminación del sub-suelo y de los acuíferos

Alta eficiencia en número de usuarios con una aportación diaria promedio de 130 Lts / usuario.

6.4LETRINAS ABONERAS SECAS FAMILIARES CON DESVIACIÓN DE ORINA – LASF

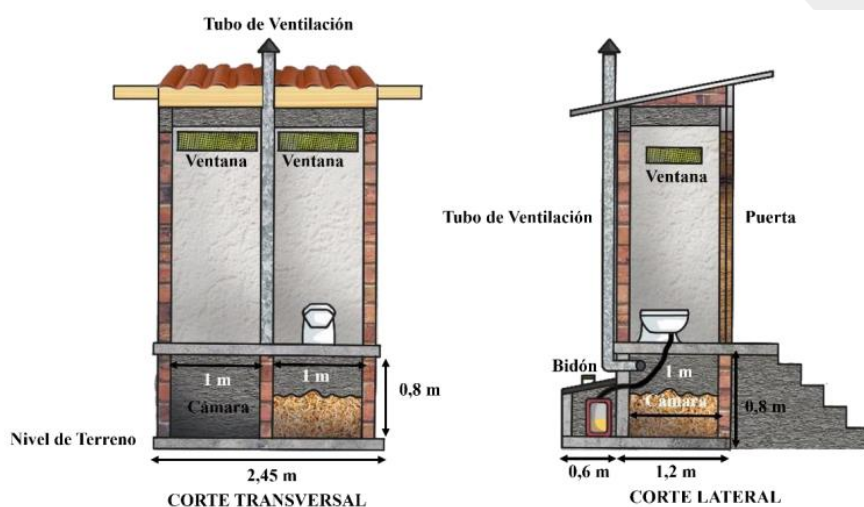
Como se mencionó anteriormente, la unidad sanitaria seca es una solución tecnológica para garantizar la higiene y seguridad en la disposición y almacenamiento por separado de las heces y la orina para el tratamiento en sitio.

En este sistema las heces se separan de la orina a través de una taza diseñada anatómicamente, las heces son recolectadas, depositadas y tratadas en una cámara aislada. Es importante garantizar un constante suministro de material para

cubrir las heces, dependiendo de las condiciones particulares de la zona de implementación. Este material ayuda a absorber la humedad, reduce los olores y sirve como barrera entre heces y el exterior, por otro lado, la orina proveniente de la taza se almacena provisionalmente en un garrafón o bidón.

La cámara está dividida en dos compartimentos separados, para ser utilizados entre periodos alternos mínimos de seis meses cada uno; mientras en una se van acumulando las heces, en la otra se va descomponiendo el material depositado, permitiendo que este se estabilice, dando como resultado un producto inodoro e inocuo, teniendo en cuenta la normativa vigente, para manejo de biosólidos.

El tratamiento se realiza mediante descomposición aeróbica, después de cada deposición se aplica material de cobertura, que puede ser: cal, ceniza, pasto seco, paja, hojas secas, viruta, tierra, aserrín o similar en forma separada o combinada, de acuerdo a cada condición del área de influencia del proyecto.



Fuente: <https://www.minvivienda.gov.co/>

Ventajas:

- Bajos costos de instalación y operación

- Terreno reducido para su implementación

- Fácil operación

- Aprovechamiento del lodo para la utilización de agricultura

- Reducción del impacto ambiental proveniente de subproductos del tratamiento de aguas residuales

Desventajas:

- Se necesita de un uso correcto para su funcionamiento

Requiere seguir estrictamente las recomendaciones particulares

6.5 CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS

Las Celdas de Combustible Microbianas (CCMs) son una tecnología emergente que podrían contribuir a solucionar dos de los problemas más críticos que afronta la sociedad actual: la crisis energética y la disponibilidad de agua no contaminada. Una CCM es un dispositivo que utiliza microorganismos para convertir la energía química presente en un sustrato en energía eléctrica, esto es posible cuando bajo ciertas condiciones algunos microorganismos transfieren los electrones producidos en su actividad metabólica a un electrodo (ánodo) en lugar de a un aceptor natural de electrones (como oxígeno). Este proceso contribuye a degradar la materia orgánica representada como sustrato o combustible.

La perspectiva de disponer de agua limpia para liberar al ambiente se fortalece al considerar las CCMs de biocátodo recientemente exploradas (Lovley, 2011), las que además de los beneficios ya mencionados, pueden contribuir a la biorremediación de compuestos tales como xenobióticos o metales pesados, debido a que los microorganismos pueden aceptar electrones desde electrodo (cátodo) y reducir diferentes compuestos, volviéndolos ambientalmente más amigables.

Las celdas de combustible microbianas se componen de una membrana, una cámara anódica, y una cámara catódica. El diseño de las MFC varía dependiendo el tipo de membrana, electrodos, materiales de fabricación, entre otros. Los modelos más comunes para estas celdas son en forma de H (con dos cámaras separadas por una membrana) (Logan et al., 2006), una sola cámara (Liu et al., 2004), y modelos dependiendo el tipo de modificación específica que se realice en función del proceso y tipo de agua tratada (Zhang et al., 2019).

Ventajas:

La CCM es una tecnología promisoría para propósitos de generación alternativa de energía, remoción de materia orgánica y biorremediación.

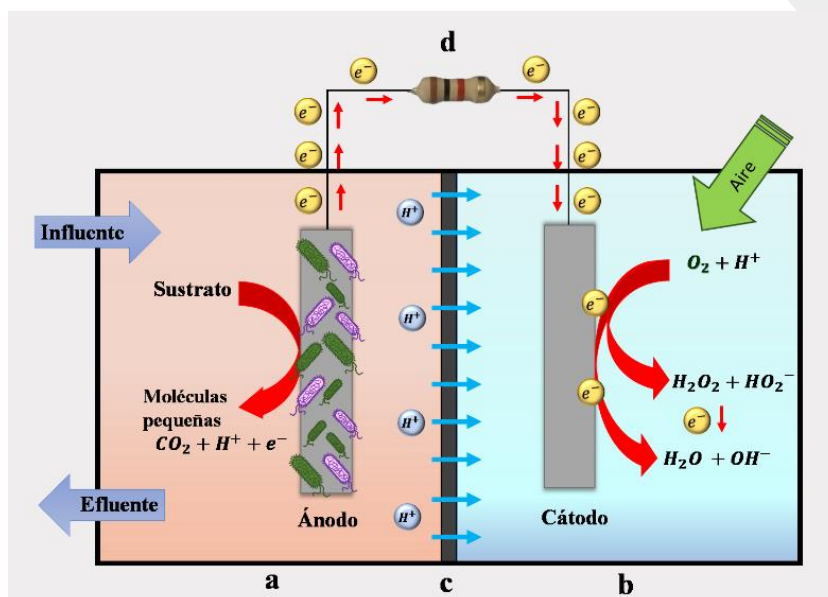
La posibilidad de utilizar diversos sustratos y comunidades microbianas hacen de las CCMs una tecnología factible de desarrollar en cualquier escenario porque estos componentes se encuentran en forma abundante y son de fácil acceso (suero de queso, aguas residuales provenientes de frutas y vegetales, melazas de destilerías, residuos agroindustriales, etc.). De esta forma, investigar el desempeño de una CCM utilizando diferentes

combinaciones sustrato –comunidad microbiana permite obtener un sistema funcional y adaptable a las particularidades de cada región.

Desde la perspectiva de la investigación básica, la CCM constituye una oportunidad para profundizar en el conocimiento de las complejas interacciones entre una comunidad microbiana y un sustrato involucradas en los procesos de transferencia de electrones, aspecto que contribuye a la eliminación eficiente de los contaminantes de interés.

Desventajas:

Para aplicaciones prácticas es necesario mejorar la eficiencia en los procesos bioelectroquímicos y en el desempeño eléctrico, por lo que se requiere investigar más en aspectos como diseño, comunidades microbianas, tipo y concentración de sustratos



Fuente: <http://portal.amelica.org/>

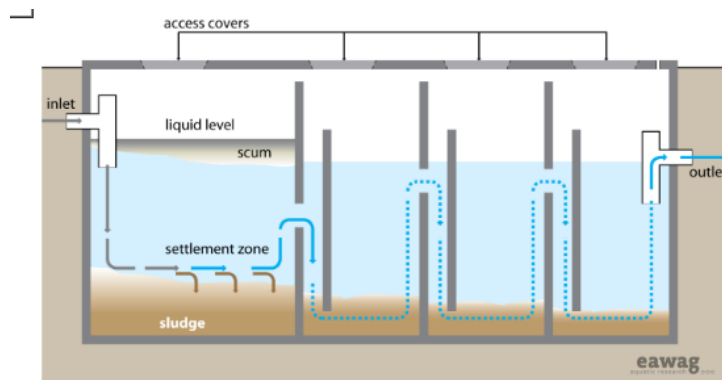
6.6 REACTOR ANAEROBIO CON DEFLECTORES

Un reactor anaerobio con deflectores (ABR) constituye una mejora a la fosa séptica o tanque séptico, ya que tiene una serie de cámaras o pistones en las cuales deben fluir las aguas residuales. Un mayor tiempo de contacto con la biomasa activa (lodo) se traduce en un mejor tratamiento (TILLEY et al. 2018). A pesar de sus ventajas, los reactores anaerobios con deflectores no son muy utilizados, ni como tecnología de tratamiento descentralizada a nivel de vivienda ni como tecnología de tratamiento semicentralizado.

Se puede diseñar un ABR para una sola vivienda o para un grupo de viviendas que usan una considerable cantidad de agua para lavado de ropa, baño y retretes de

tanque. Es más adecuado si el uso de agua y el suministro de aguas residuales son relativamente constantes.

Esta tecnología es también apropiada para áreas donde el terreno puede estar limitado ya que el tanque es instalado bajo tierra y requiere poca área. No se debe instalar donde haya un alto nivel freático ya que la infiltración puede afectar la eficiencia del tratamiento y contaminar los acuíferos.



Ventajas:

- Resistente a cargas orgánicas y de choque hidráulico
- No requiere energía eléctrica
- Bajos costos de operación
- Larga vida útil
- Alta reducción de DBO
- Baja producción de lodo; el lodo está estabilizado
- Requiere 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

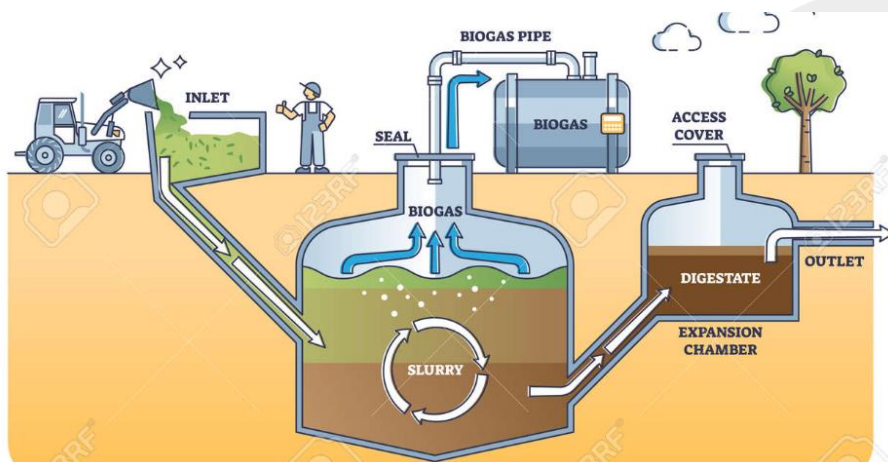
6.7 REACTOR DE BIOGAS

Un reactor de biogás o digestor anaerobio es una tecnología de tratamiento anaerobio que produce: a) una mezcla digerida (digestato o biol), que puede ser usada como fertilizante y b) biogás, que puede ser utilizado como fuente de energía. El biogás es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otros vestigios gaseosos

que se pueden convertir en calor, electricidad o luz (TILLEY et al. 2018). Actualmente, los reactores de biogás se usan principalmente para tratar las excretas animales que se recolectan en las granjas porcícolas y establos lecheros (SAGARPA-FIRCO 2009), sin embargo, también constituyen una opción para tratar las aguas negras que se generan en el medio rural, produciendo biogás que se podría usar para cocinar o generar electricidad.

El lodo digerido es rico en orgánicos y nutrientes, casi no tiene mal olor y sus patógenos están parcialmente inactivos, por lo que, garantizando el manejo seguro de acuerdo con las normas sanitarias, puede ser usado como fertilizante en la agricultura.

Esta tecnología tiene múltiples ventajas: además de tratar los desechos orgánicos presentes en las aguas residuales, evita la contaminación ambiental, produce un gas combustible que puede emplearse para satisfacer la demanda de energía de una comunidad y un efluente (lodo) que sirve como fertilizante (TILLEY et al. 2018). En China, esta tecnología se ha implementado como opción de saneamiento en el medio rural desde la década de los setenta.



Fuente: <https://es.123rf.com/>

Ventajas:

Además de tratar el estiércol de animales y las aguas negras, produce energía y un lodo rico en nutrientes que puede ser utilizado como fertilizante

Bajos costos de operación ya que no requiere energía eléctrica para funcionar

Larga vida útil

Desventajas:

Requiere expertos para su diseño y construcción

Los patógenos no son eliminados por completo; el lodo digerido –o biol– puede requerir un tratamiento adicional

En ciertos reactores, la producción de biogás es demasiado pequeña para ser aprovechada

El reactor requiere suministro constante de materia orgánica

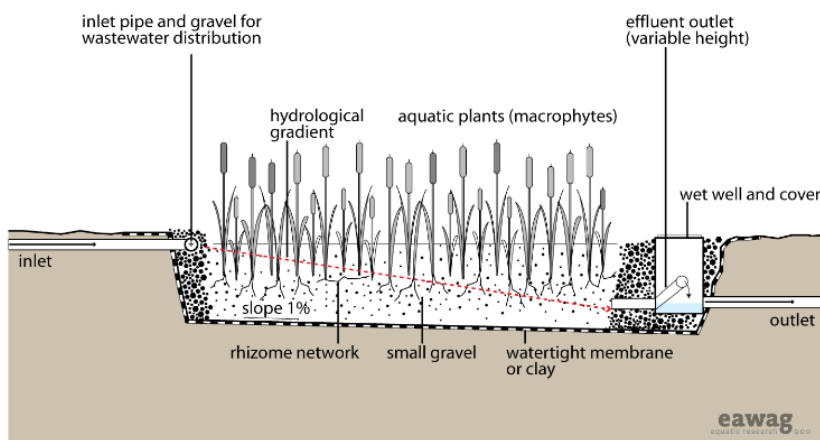
6.8 HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL

Un Humedal Artificial de Flujo Horizontal subsuperficial es un canal grande relleno con grava y arena donde se planta vegetación acuática. Al fluir horizontalmente las aguas residuales por el canal, el material filtra partículas y microorganismos y degrada el material orgánico.

La eficiencia de eliminación del humedal depende de la superficie (longitud multiplicada por ancho), mientras que el área transversal (ancho por profundidad), determina el máximo flujo posible.

El medio filtrante actúa tanto como filtro para eliminar sólidos, como una superficie fija para que las bacterias se sujeten, y como una base para la vegetación. Aunque las bacterias facultativas y anaeróbicas degradan la mayor parte de la materia orgánica, la vegetación transfiere una pequeña cantidad de oxígeno a la zona de raíces, de manera que pueden ser colonizadas por bacterias aeróbicas que también degradan el material orgánico. Las raíces de las plantas juegan un papel importante al mantener la permeabilidad del filtro.

Es apropiada cualquier planta con raíces anchas y profundas que pueda crecer en el ambiente acuático rico en nutrientes. El *Phragmites australis* (carrizo) es una elección común porque forma rizomas horizontales que penetran toda la profundidad del filtro. La eliminación de patógenos se logra por la descomposición natural, la depredación por organismos superiores, y la sedimentación.



Fuente: <https://akvopedia.org/>

Ventajas:

- Requiere menos espacio que un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre
- Alta reducción de DBO, de sólidos suspendidos y de patógenos
- No presenta los problemas de mosquitos del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre
- Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- No requiere energía eléctrica

Desventajas:

- Requiere diseño y supervisión expertos
- Costo moderado de capital dependiendo de la tierra, recubrimiento, relleno, etc.
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones

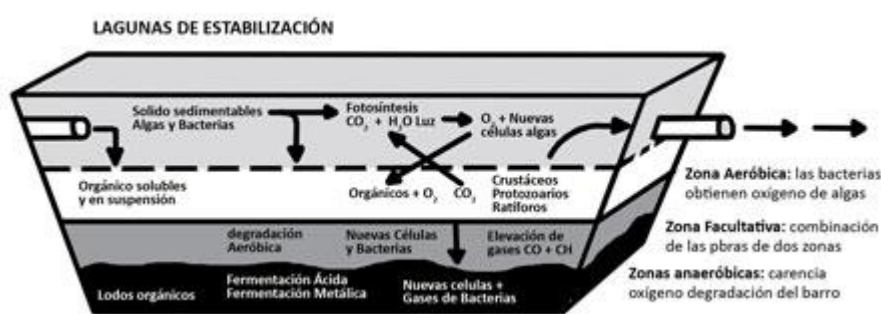
6.9 LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

Las lagunas de estabilización son el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe. Están constituidos por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Generalmente tiene forma rectangular o cuadrada.

Hay tres tipos de lagunas: 1) anaerobias, 2) facultativas y 3) aerobias (maduración), cada una con características de diseño y tratamiento diferentes. Para dar un tratamiento más eficaz a las aguas residuales, las lagunas deben vincularse, en una serie de tres o más, con el efluente que sale de la laguna anaerobia a la laguna facultativa y, por último, a la laguna aerobia. La laguna anaerobia es la primera

etapa del tratamiento y reduce la carga orgánica en las aguas residuales. La remoción de sólidos y DBO se produce por sedimentación y a través de la subsecuente digestión anaerobia dentro del lodo. Las bacterias anaerobias convierten el carbono orgánico en metano y, a través de este proceso, remueven hasta 60% de la DBO.

A diferencia de las lagunas anaerobias y facultativas que están diseñadas para la remoción de la DBO, las lagunas aerobias están diseñadas para remover patógenos. Este tipo de laguna es menos profunda para permitir que la luz del sol penetre hasta el fondo para que se dé la fotosíntesis. Las algas fotosintéticas liberan oxígeno en el agua y, al mismo tiempo, consumen el dióxido de carbono producido por la respiración de bacterias.



Fuente: <https://ingenieroambiental2015.blogspot.com/>

Ventajas:

- Resistente a variaciones en el caudal y carga orgánica aplicada
- Alta reducción de sólidos, DBO y patógenos
- Alta remoción de nutrientes si se combina con acuicultura
- Bajo costo de operación
- No requiere energía eléctrica

Desventajas:



- Requiere de un terreno grande
- El costo de inversión puede ser muy alto, dependiendo del precio del terreno
- Requiere experiencia en diseño y construcción
- El lodo requiere adecuada remoción y tratamiento



Puede generar malos olores

7. NUEVAS TECNOLOGIAS DISPONIBLES EN COLOMBIA

7.1 POTABILIZACION

<p>FILTRO LIFESTRAW FAMILY</p> 	<p>Tecnologías: Ultrafiltración, membrana y cloración.</p> <p>Flujo de salida: 8.8 L/h promedio (146 ml/min).</p> <p>Vida útil de 18,000 litros de agua. 3 años aproximadamente considerando una familia de 5 personas</p> <p>Costo Inicial: \$ 500.000</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>FILTRO LIFESTRAW FAMILY 2</p> 	<p>Tecnologías: Ultrafiltración, membrana y cloración.</p> <p>Flujo de salida: 8.8 L/h promedio (146 ml/min).</p> <p>Vida útil de 24,000 litros de agua. 4 años aproximadamente considerando una familia de 5 personas</p> <p>Costo Inicial: \$ 900.000</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>FILTRO LIFESTRAW COMMUNITY</p>	<p>Tecnologías: Ultrafiltración, membrana y cloración.</p>

	<p>Flujo de salida: 12 L/h</p> <p>Vida útil de 100.000 litros de agua. 3 años aproximadamente considerando una comunidad de 25 personas</p> <p>Costo Inicial: \$ 3.200.000</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>FILTRO FAMILIAR FLEX</p> 	<p>Tecnologías: Cerámica, plata coloidal y Carbón Activado.</p> <p>Capacidad de almacenamiento: 6 lts.</p> <p>Costo Inicial: \$ 250.000</p> <p>Costo de Mantenimiento: \$ 50.000 cada 500 Litros o 6 meses</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>FILTRO ORISA</p> 	<p>Tecnologías: Ultrafiltración</p> <p>Capacidad: 180 L/h o 3L/min</p> <p>Costo Inicial: \$ 1.930.000</p> <p>Costo de Mantenimiento: No determinados</p> <p>No requiere energía.</p>

<p>FILTRO DE 3 ETAPAS GRIVAL</p> 	<p>Tecnologías: Carbón Activado Y Micro Filtración</p> <p>Flujo de salida: 0,5 lt/min.</p> <p>Capacidad de agua filtrada (ciclo de vida de los cartuchos): 2000 lts.</p> <p>Costo Inicial: \$ 423.350</p> <p>Costo de Mantenimiento: \$ 166.450 cada 6 meses</p> <p>Requiere energía y ensamble a la red hidráulica.</p>
<p>FILTRO DE 4 ETAPAS GRIVAL</p> 	<p>Tecnologías: Carbón Activado Y Micro Filtración</p> <p>Flujo de salida: 0,5 lt/min.</p> <p>Capacidad de agua filtrada (ciclo de vida de los cartuchos): 2000 lts.</p> <p>Costo Inicial: \$ 601.250</p> <p>Costo de Mantenimiento: \$ 229.850 cada 6 meses</p> <p>Requiere energía y ensamble a la red hidráulica.</p>
<p>PURIFICADOR ULTRAVIOLETA GRIVAL</p>	<p>Tecnologías: Desinfección con luz ultravioleta</p> <p>Flujo de salida: 0,5 lt/min.</p>


	<p>Costo Inicial: \$ 219.900</p> <p>Requiere energía y ensamble a la red hidráulica.</p>
<p>FILTRO PURIFICADOR ECOTRADE</p> 	<p>Tecnologías: Cerámica, Carbón Activado, Zeolita, Arena Silica y piedras minerales marinas</p> <p>Capacidad: 14 y 28 Litros</p> <p>Costo inicial: \$ 180.000 (14 Lts) \$ 300.000 (28 Lts)</p> <p>Costo de Mantenimiento: \$ 50.000 cada 6 meses (14 Lts) \$ 110.000 cada 6 meses (28 Lts)</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>FILTRO DE DOBLE FILTRACION ECOTRADE</p> 	<p>Tecnologías: Cerámica y Carbón Activado.</p> <p>La velocidad de filtración es de 1,5 a 5,0 litros por minuto</p> <p>Costo Inicial: \$ 250.000</p> <p>Costo de Mantenimiento: \$ 50.000 cada 8 meses</p>

	<p>Requiere energía y ensamble a la red hidráulica.</p>
<p>FILTROS DE OZONO</p> 	<p>Tecnologías: Carbón Activado, Micro Filtración y ozono</p> <p>Capacidad: 7 Lts/min promedio</p> <p>Costo inicial Promedio: \$ 400.000</p> <p>Costo promedio Mantenimiento: \$ 50.000</p> <p>Requiere energía y ensamble a la red hidráulica.</p>
<p>FILTRO AGUALOGIC</p> 	<p>Tecnologías: Cerámica.</p> <p>Capacidad de 20 litros</p> <p>Costo Inicial: \$ 500.000 (Acero al carbón) \$ 220.000 (Plástico)</p> <p>Costo de Mantenimiento: \$ 172.000 (Repuesto Filtro Cerámico)</p> <p>No requiere energía.</p>

7.2 TRATAMIENTO Y/O VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

<p>SISTEMA SÉPTICO INTEGRADO 1.650 LITROS ROTOPLAST</p>	<p>Sistemas para tratamiento de aguas residuales para uso residencial, industrial e institucional. Cuenta con divisiones internas que conforman un tanque séptico de dos cámaras y un filtro anaerobio de flujo ascendente.</p>
---	---

	<p>Capacidad: Para viviendas de hasta 5 personas</p> <p>Costo sistema: \$ 3.653.900</p> <p>Costo accesorios-instalación: \$ 1.500.000</p> <p>Costo total: \$ 5.153.900</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>SISTEMA SÉPTICO CÓNICO 1000 LITROS + FILTRO ANAEROBIO 1000 LITROS + TRAMPA GRASAS 250 LITROS ROTOPLAST</p>  <p><i>Imagen ilustrativa</i></p> <p>Rotoplast TRAMPA DE GRASAS 250L</p> <p>Rotoplast TANQUE SÉPTICO 1000L</p> <p>Rotoplast FILTRO ANAEROBIO 1000L</p>	<p>Sistemas para tratamiento de aguas residuales para uso residencial e institucional. Cuenta con tanque séptico de 1.000 litros, filtro anaerobio de flujo ascendente de 1.000 litros y una trampa de grasas de 250 litros.</p> <p>Capacidad: Para viviendas de hasta 6 personas</p> <p>Costo sistema: \$ 1.718.900</p> <p>Costo accesorios-instalación: \$ 700.000</p> <p>Costo total: \$ 2.418.900</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>TANQUE SÉPTICO IMHOFF INTEGRADO HORIZONTAL 2000 LITROS COLEMPAQUES</p>	<p>Sistemas para tratamiento de aguas residuales diseñados para uso residencial, industrial e institucional. Cuenta con divisiones internas que conforman un tanque séptico imhoff y un filtro anaerobio de flujo ascendente.</p>

	<p>Capacidad: Para viviendas de hasta 4 personas</p> <p>Costo sistema: \$ 3.471.900</p> <p>Costo accesorios-instalación: \$ 1.500.000</p> <p>Costo total: \$ 4.971.900</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>SISTEMA SÉPTICO OVOIDE MODULAR 2000 LTS COLEMPAQUES + TRAMPA DE GRASAS 95 LTS</p> 	<p>Sistemas para tratamiento de aguas residuales diseñado para uso residencial e institucional. Cuenta con Trampa de Grasas de 95 litros, Séptico Imhoff Ovoide de 1.000 litros y Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente 1.000 litros.</p> <p>Capacidad: Para viviendas de hasta 4 personas</p> <p>Costo sistema: \$ 2.977.900</p> <p>Costo accesorios-instalación: \$ 1.000.000</p> <p>Costo total: \$ 3.977.900</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>SISTEMA SÉPTICO INTEGRADO AUTOLIMPIABLE COLEMPAQUES 1650 LTS + POZO LODOS + TRAMPA GRASA 95 LTS</p>	<p>Sistemas para tratamiento de aguas residuales diseñados para uso residencial, industrial e institucional. Cuenta con divisiones internas que conforman un tanque séptico de dos cámaras y un filtro anaerobio de flujo ascendente.</p>

	<p>Capacidad: Para viviendas de hasta 4 personas</p> <p>Costo sistema: \$ 4.153.900</p> <p>Costo accesorios-instalación: \$ 1.500.000</p> <p>Costo total: \$ 5.653.900</p> <p>No requiere energía.</p>
<p>TRAMPA DE GRASAS 250 LITROS</p> 	<p>Tanque con una disposición de accesorios de tal forma que las grasas queden retenidas en la superficie por ser más livianas que el agua, evitando que pasen al tanque séptico.</p> <p>Capacidad: 250 Litros</p> <p>Costo tanque: \$ 267.900</p> <p>Costo accesorios-instalación: 120.000</p> <p>Costo total: \$ 387.900</p> <p>No requiere energía.</p>

8. CONCLUSIONES

- Para garantizar el suministro de agua potable en las viviendas ubicadas en la zona rural, se debe considerar siempre como primera posibilidad la conexión a un sistema de acueducto.
- Para el suministro de agua potable en el caso de viviendas en la zona rural con disponibilidad de conexión a una solución alternativa colectiva, dependiendo del tratamiento realizado y de la calidad del agua suministrada, la implementación de filtros de vela de cerámica puede ser una alternativa de bajo costo para complementar el tratamiento y mejorar la calidad del agua.

- Por último, las viviendas rurales dispersas que no puedan conectarse al servicio de acueducto o a soluciones alternativas colectivas de agua, deberán contar con soluciones individuales de agua, y nuevamente la implementación de filtros de vela de cerámica puede ser una opción de bajo costo para complementar el tratamiento y mejorar la calidad del agua.
- Del mismo modo que para las soluciones de abastecimiento de agua potable, para el caso de tratamiento y vertimiento de aguas residuales de las viviendas en la zona rural, siempre será mejor conectarse a un sistema de alcantarillado.
- En el caso de las viviendas rurales dispersas que no puedan conectarse a un sistema de alcantarillado, la alternativa más viable es la construcción o instalación de un sistema de tratamiento del agua residual doméstica de tipo anaeróbico, compuesto por un tratamiento preliminar por medio de un tanque séptico y un tratamiento primario por medio de un filtro anaeróbico de flujo ascendente FAFA, de tal forma que la característica físico-química del efluente facilite la disposición final en tierra, por medio del diseño de un pozo de absorción o de una zanja de infiltración.
- La determinación del tipo de sistema de disposición en tierra a diseñar, depende de la prueba de percolación a realizar y del tipo de suelo donde se localice el sistema de tratamiento.
- Para la implementación de cualquier sistema de suministro de agua potable y sistema de manejo de las aguas residuales, se requiere de realizar un trabajo de capacitación y sensibilización de la comunidad, con el fin de que se apersonen y apropien de estos sistemas y se pueda garantizar su sostenibilidad en el tiempo.