

**Reglamento Técnico  
del Sector de Agua Potable y  
Saneamiento Básico - RAS**

**TÍTULO J**

**Alternativas Tecnológicas en Agua y  
Saneamiento para el Sector Rural**



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**

**Viceministerio de Agua y Saneamiento**

República de Colombia

**2010**



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial**

República de Colombia

Juan Manuel Santos Calderón  
Presidente de la República

---

Beatriz Uribe Botero  
Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

---

Claudia Mora Pineda  
Viceministra de Agua y Saneamiento

---

Edgar Pulecio Bautista  
Director de Inversiones Estratégicas

---

Claudia Liliana Mejía Acosta  
Asesora en Política y Planificación Sectorial

---

Armando Vargas Liévano  
Diseño textos y contenido

---

**APOYO TÉCNICO**  
María Elena Cruz, MAVDT  
Carlos Arturo Álvarez, MAVDT  
Lida Aguilar, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios  
Manuel Serna, Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico  
Sandra Méndez, ACOFI – Universidad Javeriana  
Bibian Jimena García, ACODAL

---

**Corrección de Estilo**  
María Emilia Botero Arias • Centro de Documentación, MAVDT

---

**Diagramación**  
Adriana Matta Benalcazar

---

ISBN: 978-958-8491-42-4

**Catalogación en la fuente**

**Citese como:**

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO J. Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural / Vargas Liévano, Armando (Ed.). Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010.

284 p.

ISBN: 978-958-8491-42-4

1. SANEAMIENTO BÁSICO 2. TECNOLOGÍAS APROPIADAS 3. ZONA RURAL 4. ACUEDUCTO 5. ALCANTARILLADO  
6. SERVICIO DE ASEO 7. ABASTECIMIENTO DE AGUA 8. POTABILIZACIÓN DEL AGUA 9. TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES 10. RESIDUOS SÓLIDOS

© Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización de los titulares de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales.

# CONTENIDO

Presentación	5
Introducción	7
Antecedentes	11
<b>1 Aspectos generales</b>	<b>15</b>
<b>SECCIÓN I: Soluciones colectivas para los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona rural</b>	<b>37</b>
<b>2</b> Formulación y diseño de sistemas de acueducto rurales	39
<b>3</b> Justificación de los sistemas de alcantarillado sanitario no convencionales para la zona rural nucleada	71
<b>4</b> Alcantarillados simplificados	79
<b>5</b> Alcantarillados condominiales	87
<b>6</b> Alcantarillados sin arrastre de sólidos (asas)	99
<b>7</b> Servicio de aseo en áreas rurales	111
<b>SECCIÓN II: Soluciones individuales de agua y saneamiento básico</b>	<b>141</b>
<b>8</b> Soluciones apropiadas de abastecimiento de agua para la vivienda rural dispersa	143
<b>9</b> Soluciones apropiadas para clarificación, filtración y desinfección de agua para vivienda rural dispersa	185
<b>10</b> Soluciones descentralizadas para el tratamiento de Aguas residuales domésticas y excreta humana en la Zona rural	205
<b>11</b> Solución individual para la disposición de residuos sólidos domésticos	257
<b>12</b> Agua y saneamiento en comunidades indígenas y afrodescendientes apartadas	267
<b>Anexos</b>	<b>271</b>
Bibliografía. Índice de Tablas. Índice de Figuras. Índice de Fórmulas	
Referenciación General	
Sistema de unidades. Variables. Conversión de unidades. Medidas de longitud	
Medidas de superficie. Medidas de volumen. Medidas de líquidos. Medidas de peso	
Medidas de presión. Abreviaturas, Siglas y Acrónimos	

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



# PRESENTACIÓN

El Título J – Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural, tiene como objetivo fijar los criterios básicos y las buenas prácticas de ingeniería que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la implementación y construcción, la supervisión técnica, la operación, el mantenimiento, el cierre, la clausura y las actividades de salvamento de infraestructura de los diferentes componentes y subcomponentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo para la zona rural del país, con el fin de aplicar tecnologías costo efectivas y sostenibles para promover el desarrollo rural y su entorno.

De manera especial recopila y actualiza, para la zona rural de Colombia, alternativas tecnológicas y procedimientos de abastecimiento de agua y saneamiento, muchos de los cuales fueron usados por nuestros antepasados y que ahora los estamos retomando mejorados gracias a los excelentes aportes que en este tema nos han brindado la Organización Panamericana de la Salud – OPS/CEPIS, otras entidades nacionales y extranjeras conocedoras del tema y varios actores de la ingeniería nacional.

El contenido de este Título está enmarcado en la política pública del sector de agua y saneamiento que maneja el Ministerio, la cual está contenida en los documentos Conpes 3383, Metas de Desarrollo del Milenio a 2015, Visión Colombia II Centenario: 2019 y Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia. Allí se tiene previsto que para el año 2019 cuando la República de Colombia celebra su segundo centenario, las metas de cobertura para el servicio de acueducto y alcantarillado urbano serán del 100%; para el servicio de acueducto rural y otras soluciones de abastecimiento de agua serán del 82.2%; y el servicio de alcantarillado rural incluidas soluciones individuales del 75.2%.

Beatriz Uribe Botero  
Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



# INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ha venido trabajando en la tarea de consolidar el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, conocido como RAS y con este propósito entrega esta primera edición del Título J en donde expone la recopilación de un conjunto de alternativas tecnológicas para agua y saneamiento aplicables en la zona rural colombiana ya sea con soluciones colectivas o individuales, dependiendo de la aglomeración o dispersión de las viviendas. Esto con el fin de que las autoridades municipales y departamentales, la ingeniería local y la comunidad identifiquen aquellas que sean aplicables en su territorio y puedan prestar asistencia técnica a la comunidad rural. Estas alternativas y procedimientos de agua y saneamiento convencionales o no convencionales aplicables a la zona rural colombiana, complementarán los Títulos B, C, D, E y F ó Manuales de Prácticas de Buena Ingeniería del RAS en los temas de acueducto, potabilización, recolección y evacuación de aguas residuales domésticas, tratamiento de aguas residuales y sistemas de aseo. La descripción que se hace de estas alternativas sigue el formato de los Títulos del RAS con la concepción del qué hay que hacer.

Se espera en un futuro diseñar guías metodológicas agrupando las alternativas que sean complementarias en la obtención de una determinada solución. Serán documentos detallados, con planos y figuras y estarán escritas en un lenguaje que lo puedan entender funcionarios municipales no ingenieros y la comunidad rural, con la concepción del cómo se hace.

Aun cuando la mayoría de las soluciones que se presentan son aplicables a los suelos rural y suburbano definidos en el plan de ordenamiento territorial de cada municipio según los artículos 33 y 34 de la Ley 388 de 1997, se hace énfasis en la población rural dispersa.

Aunque este documento hace referencia al tema ambiental, este no es el objeto del Título J del RAS, por lo que las alternativas tecnológicas que se plantean para agua potable y saneamiento se efectuarán sin perjuicio del cumplimiento de la normativa ambiental a que haya lugar.

## Población objetivo

De acuerdo al Censo General 2005 llevado a cabo por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, se encontró que a 30 de junio de ese año había en Colombia 10.524.226 habitantes cuya vivienda estaba por fuera de la cabecera municipal o resto, es decir en la zona rural<sup>1</sup>, y que esta población se encontraba distribuida a razón de 4,2 personas por hogar. También como resultado de mismo censo se encontró que había en el país 1.742.429 unidades agropecuarias familiares – UAF<sup>2</sup> que de acuerdo a su definición están asociadas a vivienda rural dispersa.

Un cálculo aproximado nos indica que en esas 1.742.429 viviendas rurales dispersas residían aproximadamente 7.320.000 personas y en los conglomerados rurales o caseríos de menos de 500 habitantes, habita el resto de población rural, o sea 3.200.000 personas.

- 1 Según el DNP y el DANE, se entiende como zona rural el espacio comprendido entre el límite de la cabecera municipal o perímetro urbano y el límite municipal.
- 2 Conforme al artículo 38 de la Ley 160 de 1994 la unidad agrícola familiar (UAF), es “la empresa básica de producción agrícola, pecuaria, acuícola o forestal cuya extensión, conforme a las condiciones agroecológicas de la zona y con tecnología adecuada, permite a la familia remunerar su trabajo y disponer de un excedente capitalizable que coadyuve a la formación de su patrimonio”.

## Resultados censo general DANE 2005, en materia de agua y saneamiento

A continuación se presenta la población censada en Colombia a 30 de junio de 2005, después de ser compensada por omisiones de cobertura geográfica y contingencia de transferencia:

Población	42.090.502
Cabecera	31.566.276
Resto	10.524.226
Hogares	10.731.044
Viviendas	10.537.735
Unidades Económicas	1.591.043
Unidades Agropecuarias <sup>3</sup>	1.742.429

Otras consideraciones que justifican el presente trabajo sobre alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural, se derivan del mismo Censo DANE 2005 y se presentan a continuación:

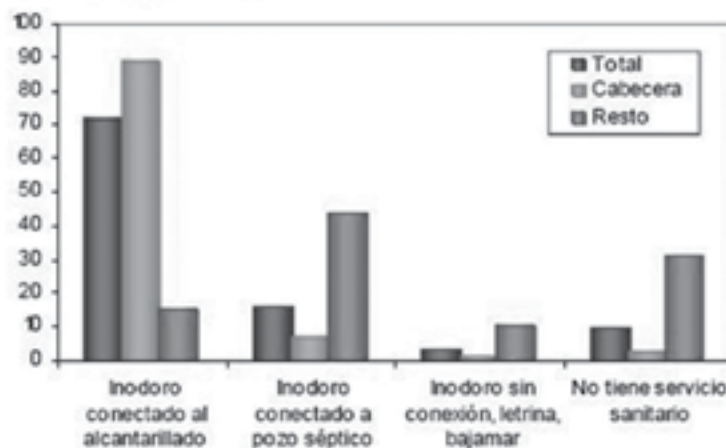


En las áreas rurales la principal fuente de agua es el río, o la quebrada, o el manantial o nacimiento, la cual es utilizada por el 40% de los hogares; el 24% la extrae de un reservorio o aljibe con o sin bomba y el 23% la toma de un sistema de acueducto o abasto y el 5% de agua lluvia.

<sup>3</sup> Unidades asociadas a vivienda rural.



### Distribución de las viviendas, por tipo de servicio sanitario, según áreas



Fuente: Censo General 2005

En las cabeceras municipales el 89% de las viviendas están conectadas al alcantarillado y en el resto tan solo el 15%. En cambio, están conectadas a pozo séptico el 42% de las viviendas rurales, aproximadamente el 12% tienen letrina y no tienen servicio sanitario el 32%.

### Distribución de las viviendas, por disposición de basuras, según áreas



Fuente: Censo General 2005

En cuanto a la disposición de los residuos sólidos, 77% de los hogares reportaron que es recogida por los servicios de aseo. En las cabeceras este resultado alcanza el 95% y en el resto el 17%, el 46% quema la basura, el 21% la tira a un patio, lote o zanja y aproximadamente el 5% la tira a un río, caño, quebrada o laguna.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



# ANTECEDENTES

De acuerdo con los resultados del Inventario Sanitario Rural<sup>4</sup> dado a conocer en el año 2006 por el Viceministerio de Agua y Saneamiento, el cual fue realizado sobre 12.704 localidades rurales del país, de 765 municipios (75%) del total nacional, y sobre 8.203.813 de habitantes, alrededor del 67%<sup>5</sup> de la población rural del país localizada en 22 de los 32 departamentos; se establecieron los siguientes datos:

## En abastecimiento de agua:

● Cobertura de abastecimiento de agua	56,3%
● Cobertura con agua tratada	11,8%
● Número de plantas de tratamiento de agua potable existentes	682
● Número de plantas de tratamiento de agua potable en funcionamiento	444
● Cobertura de micromedición	10,5%
● Cobertura de micromedición efectiva	9,4%
● Número de sistemas regionales de abastecimiento de agua	880

## En disposición y manejo de aguas servidas:

● Cobertura con soluciones individuales	28,8%
● Cobertura con redes de alcantarillado	5,1%
● Cobertura total de disposición de aguas servidas	33,9%
● Cobertura localidades con tratamiento de aguas residuales	2,4%

## En disposición y manejo de residuos sólidos:

● Cobertura de recolección	1,90%
----------------------------	-------

## Características de los servicios

Con el propósito de focalizar las inversiones hacia las localidades más necesitadas, se establecieron las coberturas de abastecimiento de agua en función del nivel de servicio que recibe la población rural en Colombia.

Del análisis de la Tabla número 1 a continuación, se encontró que:

El 44% de la población rural no contaba con ningún tipo de solución de abastecimiento de agua (nivel de servicio 0), el 44% contaba con abastecimiento de agua, pero sin ningún tratamiento para potabilizarla (niveles de servicio 1, 2 y 3) y sólo el 12% recibía agua tratada a nivel domiciliario (niveles de servicio 4 y 5).

4 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – UNICEF. Resultados Inventario Sanitario Rural.

5 De acuerdo con los resultados del DANE a través de las Encuesta de Calidad de Vida (ECV).

Tabla 1  
Población rural según nivel de servicio de abastecimiento de agua

Nivel de Servicio	Tipo de servicio	Características del servicio			Población atendida	
		Sistema colectivo	Tratamiento	Sistema de Distribución	Total	%
0	Solución Individual	No	Nu	No	5.414.440	44%
1	Abasto 1	No	No	Acarreo	389.167	3%
2	Abasto 2	Si	Nu	Pila pública con acarreo	123.056	1%
3	Abasto 3	Si	No	Redes y conexión domiciliaria	4.922.226	40%
4	Acueducto 1	Si	Si, desinfección	Redes y conexión domiciliaria	389.167	3%
5	Acueducto 2	Si	Si, planta de tratamiento de agua potable	Redes y conexión domiciliaria	1.107.501	9%
Total					12.005.568	100

De otra parte, el Inventario Sanitario Rural identificó alrededor de 880 sistemas de abastecimiento en el país, que atendían a un número plural de localidades rurales, es decir que prestaban el servicio aprovechando una infraestructura común. Estos sistemas son comúnmente denominados “multiveredales”, “interveredales” o “regionales” y, cuando se ocupan de la prestación del servicio en más de un caserío, se denominan “veredales”.

Estos sistemas tenían su ámbito de acción dentro de un mismo municipio, cubriendo varias localidades de su zona rural, o bien, localidades de distintos municipios. Algunos inclusive atienden cabeceras municipales. La integración de un mayor número de usuarios genera economías de escala en componentes como captación y almacenamiento y aprovecha una mayor cantidad de mano de obra y aportes para el tendido de redes.

### Organizaciones prestadoras de los servicios

De acuerdo con el Inventario Sanitario Rural existían aproximadamente 11.552 organizaciones prestadoras de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento básico en la zona rural del país. Los esquemas institucionales que se emplearon para la prestación de estos servicios diferían notablemente de los utilizados en la zona urbana: 90,5% de las entidades eran de carácter comunitario tales como juntas administradoras, juntas de acción comunal, asociaciones de usuarios y, en menor medida, entidades de carácter cooperativo; solamente 17,2% de las entidades estaban registradas ante la Cámara de Comercio, lo que implica que por lo menos 88,8% tampoco estaban registradas ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Con respecto al total de entidades calculado para el país, es decir 11.552, solamente el 31,8% emitían factura, 7,7% tenían estudios de costos y tarifas y 10,5% de los sistemas de distribución contaban con micromedición. Con base en la muestra del Inventario Sanitario Rural, 61,9% de los empleados tenía educación básica primaria y 6,5% tenía grado de nivel técnico, 21,2% de las organizaciones habían recibido capacitación en fontanería y 10,5% en administración. De las 682 entidades que manejaban plantas de tratamiento, 48% habían recibido capacitación en operación y mantenimiento y 40% de 1.259 que tenían desinfección y planta de tratamiento, contaban con personal capacitado en control de la calidad del agua.

En términos de la veeduría ciudadana, se encontró que solamente el 5,5% de las localidades contaban con Comité de Desarrollo y Control Social.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



# 1. ASPECTOS GENERALES

## 1.1 Alcance y Campo de Aplicación

El propósito del presente Título es establecer los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos de decisión que justifican la adopción de tecnologías convencionales o no convencionales para satisfacer las necesidades básicas de agua potable y saneamiento para la zona rural de Colombia. Según el Departamento Nacional de Planeación – DNP y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, se entiende como zona rural el espacio comprendido entre la cabecera municipal o perímetro urbano y el límite municipal. En la zona rural se distinguen dos clases de asentamientos:

1. Los centros poblados o población nucleada, concentrada en caseríos o conjuntos de por lo menos 20 viviendas separadas por paredes, muros, cercas o huertas; y
2. Fincas y viviendas dispersas (población dispersa) separadas entre otros, por áreas cultivadas, prados, bosques, potreros, carreteras o caminos.



Centro poblado  
o población nucleada



Vivienda dispersa

Se da especial énfasis a las tecnologías alternativas costo-efectivas y sostenibles, como solución especial para aquellos casos donde en la zona rural, el desarrollo de proyectos basados en procedimientos de diseño y construcción convencionales, no son factibles técnica y económicamente por la dispersión de las viviendas, o son antieconómicos en términos de la capacidad de pago de la población.

Muchas de las soluciones alternativas que en este manual se presentan han venido siendo practicadas desde hace varios años en algunas regiones del país y en otras partes del mundo, por lo que el propósito de este manual es recopilarlas y mejorarlas, haciendo énfasis en sus características, facilidades, ventajas y desventajas. Para esto es necesario darlas a conocer a la población rural en general y a las entidades regionales

y locales que les prestan apoyo para que sus técnicos, especialmente los vinculados a la autoridad sanitaria, dispongan de una herramienta que les permita identificar, de manera preliminar, las soluciones tecnológicas que mejor se ajusten a las necesidades de la comunidad a ser atendida frente a una de las siguientes situaciones:

- La distribución de las viviendas rurales, la disponibilidad y calidad del agua, la topografía del terreno, la existencia de caminos y de asentamientos veredales de población nucleada y configuración urbana en una determinada región, permiten formular el diseño de un acueducto rural colectivo, siguiendo procedimientos convencionales, después de haber sido demostrada su justificación de acuerdo con el presupuesto con que se cuenta.
- La dispersión de la vivienda hace difícil o imposible atender técnica y económicamente la provisión de los servicios de agua y alcantarillado a través de sistemas de acueducto colectivos y es necesario optar por soluciones individuales.
- Cerca de la vivienda rural no hay fuentes superficiales o subterráneas de agua y es necesario acarrearla desde lugares distantes o captar y almacenar el agua lluvia.
- El sistema de abastecimiento es deficiente en cantidad y calidad, es decir, carece de continuidad y tratamiento.
- Por su alto grado de contaminación, las fuentes de agua cercanas a la vivienda rural no sirven para uso doméstico.
- Los altos costos de los alcantarillados convencionales para recolectar y evacuar las aguas residuales domésticas en zonas rurales de población nucleada, en algunos asentamientos de población con bajos recursos económicos y los altos caudales de descargas domésticas que estos requieren en sus diseños, hacen difícil o imposible su implantación y es necesario recurrir a soluciones con alcantarillados no convencionales.
- La dispersión de la vivienda y/o la falta de vías de acceso, hace difícil o imposible atender la recolección de residuos sólidos en la zona rural.



Centro poblado en las afueras  
perímetro urbano de Bogotá.  
Barrio Nueva Esperanza.



Solución individual para tratamiento de  
aguas residuales domésticas en el barrio  
Nueva Esperanza desarrollada por la  
Secretaría de Salud de Bogotá.



Para dar respuesta a las situaciones anteriores, este Título o manual de buenas prácticas de ingeniería para agua y saneamiento en la zona rural de Colombia está dividido en dos secciones de acuerdo a la forma en que se les puede dar un tratamiento técnico y económico eficaz, así:

- I. Soluciones colectivas con tecnologías convencionales o no convencionales; y
- II. Soluciones individuales, es decir, en el sitio de origen.

**TABLA J.1.1**  
Contenido del presente Título

Componente	Capítulo
Referenciación general	J.0
Aspectos generales	J.1
<b>SECCIÓN I. SOLUCIONES COLECTIVAS PARA LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN LA ZONA RURAL</b>	
Formulación y diseño de sistemas de acueducto rurales	J.2
Justificación de los sistemas de alcantarillado sanitario no convencionales para la zona rural nucleada	J.3
Alcantarillados simplificados	J.4
Alcantarillados condominiales	J.5
Alcantarillados sin amastre de sólidos (ASAS)	J.6
Servicio de aseo en áreas rurales	J.7
<b>SECCIÓN II. SOLUCIONES INDIVIDUALES DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO</b>	
Soluciones apropiadas de abastecimiento de agua para la vivienda rural dispersa	J.8
Soluciones apropiadas para clarificación, filtración y desinfección de agua para vivienda rural dispersa	J.9
Soluciones descentralizadas para el tratamiento de aguas residuales domésticas y excreta humana en la zona rural	J.10
Solución individual para la disposición de residuos sólidos domésticos	J.11
Agua y saneamiento en comunidades indígenas y afro descendientes apartadas	J.12

<sup>6</sup> De acuerdo al Censo DANE 2005, la densidad promedio de población de Colombia es de 40,7 hab/Km<sup>2</sup>. Bogotá tiene alrededor de 3.900 hab/Km<sup>2</sup>, en la Amazonia la densidad es de 0,6 hab/Km<sup>2</sup>, en la Orinoquia 3,3 hab/Km<sup>2</sup>, en la región Andina 31,4 hab/Km<sup>2</sup>, en la región Pacífica 6,2 hab/Km<sup>2</sup> y en la región Caribe 13,7 hab/Km<sup>2</sup>.

## 1.2. Factores de Selección

El principal factor de selección que separa una solución colectiva de una individual en la zona rural es la distribución espacial de las viviendas, la cual se puede dar de diferentes maneras en el territorio colombiano según su concentración o configuración. El principal indicador es la densidad de población en términos del número de habitantes rurales por kilómetro cuadrado.<sup>6</sup> Sin embargo, la variable de decisión más importante en una localidad con vivienda rural dispersa es finalmente la económica pues, entre más baja sea su concentración (baja densidad poblacional) resulta más costosa la implementación de una solución colectiva para el servicio de acueducto e

impracticable económicamente para el servicio de alcantarillado. En la prestación del servicio de aseo rural, además de la densidad de población también es factor determinante la disponibilidad de vías.

Para atender los servicios de acueducto y alcantarillado de la población rural nucleada (llámense localidades, corregimientos, caseríos, inspecciones o condominios rurales) las soluciones colectivas con redes de distribución y recolección domiciliaria, ya sea con diseños convencionales o no convencionales, resultan más evidentes y lógicas tanto técnica como económicamente.

### 1.3. Justificación Socioeconómica

Así se trate de proyectos para atender los servicios de agua y alcantarillado para poblaciones rurales de vivienda dispersa o nucleada, la decisión para que la solución sea colectiva o individual, con diseños convencionales o no, debe estar completamente justificada por la entidad ejecutora del proyecto con argumentos técnicos, financieros, institucionales y de desarrollo urbano, pero sobre todo con la evaluación socioeconómica de que trata el capítulo A.8 del Título A del Reglamento de Agua y Saneamiento – RAS “Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico”. La entidad ejecutora deberá levantar información sobre capacidad de pago y disponibilidad a pagar de la población a beneficiar con estos servicios.

La guía RAS 004 “Evaluación económica de proyectos de acueducto y alcantarillado” contiene orientaciones para realizar estos estudios. Particularmente en su numeral 3.1.1 recomienda llevar a cabo una encuesta diligenciando los formularios del anexo 1, los cuales aplican para proyectos de acueducto y alcantarillado en zona urbana o zona rural. El diseño para el tamaño de la encuesta así como el análisis de los resultados, su interpretación y el propósito económico que se persigue con esta caracterización, están contenidos en la misma guía.

*Es importante que una vez la autoridad municipal, con base en un proceso de selección lógico respaldado con argumentos técnicos y económicos, haya escogido una determinada solución convencional o no, ésta debe ser informada y promovida entre la comunidad que va a resultar beneficiada. Ante todo se les debe explicar, ya sea directamente o a través de sus líderes comunales, los aspectos que influyeron para descartar otras alternativas tecnológicas.*

*Se debe insistir hasta lograr que a la comunidad le quede claro que no se trata de una imposición, que entienda que la solución que se va a adoptar mejorará su calidad de vida y que no se trata de un proyecto para pobres. Si el proyecto se promueve*

*involucrando y motivando a la comunidad, ésta va a adquirir el compromiso necesario para garantizar su correcta operación y sostenibilidad.*

## J.1.4 Configuraciones típicas de la distribución espacial de la población en la zona rural por regiones

De conformidad con el modelo territorial adoptado por cada municipio en su plan o esquema de ordenamiento territorial, el suelo rural generalmente está constituido por la mayor porción del territorio municipal que soporta los diferentes sistemas ordenadores de su estructura como son el sistema de asentamientos humanos, el sistema vial, el de áreas protegidas, el sistema hídrico y el de montañas, valles y sabanas. Este último combina una gran variedad de formaciones vegetales y bosques clasificados de acuerdo a la oferta hídrica de la región. Estos territorios rurales contienen la mayoría de las reservas naturales y los santuarios de flora y fauna, así como los suelos aprovechables para actividades productivas, agropecuarias, forestales o mineras.

El sistema de asentamientos humanos contiene la población rural que habita en centros de vivienda nucleada y viviendas dispersas que conservan formas de vida rural alrededor de esas actividades productivas. La densidad de la población rural y su configuración espacial está estrechamente relacionada con el clima, la oferta hídrica, la precipitación pluvial y la calidad del suelo por sus atributos para la producción agropecuaria.

De acuerdo a lo anterior, a continuación se describen cuatro configuraciones típicas de población rural y suburbana asociadas a regiones de Colombia, las cuales ayudan a orientar el tipo de soluciones con las que se les puede atender en agua y saneamiento.

### 1.4.1 Regiones con muy baja densidad poblacional: menos de 15 hab/km<sup>2</sup>

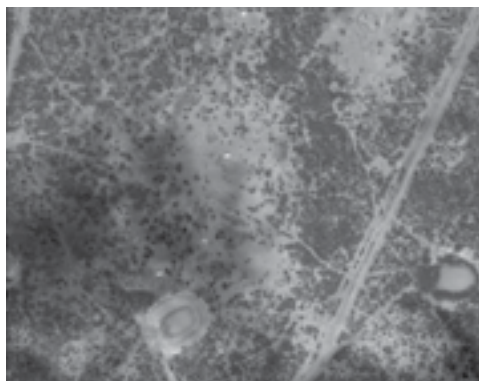
Son las regiones rurales de los municipios ubicados en los dos extremos de la oferta hídrica en términos de precipitación pluvial, y las extensas sabanas dedicadas al pastoreo de ganado vacuno y grandes cultivos. En su mayoría son planicies que están por debajo de los 500 msnm en donde la población rural

habita en conglomerados pequeños o en vivienda rural muy dispersa, y con pocas vías de acceso para vehículos automotores.

Aquí las soluciones de agua para consumo humano son individuales o mediante micro-acueductos. Las soluciones para saneamiento (aguas residuales y disposición de residuos sólidos) son individuales. Estas regiones ocupan una gran extensión del territorio nacional y son las:

#### 1.4.1.1. Regiones muy secas

Con precipitación anual entre 125 y 500 mm. Sus suelos están cubiertos de maleza desértica y monte espinoso tropical. La más extensa está localizada en la región de la alta y media Guajira, tiene una temperatura media superior a 24° centígrados y una temporada de lluvia al año de tres meses entre septiembre y noviembre. Está habitada en su mayoría por personas de la etnia Wayúu, seminómadas que viven del pastoreo de ganado caprino y cultivos de pan coger en pequeños caseríos alrededor de reservorios

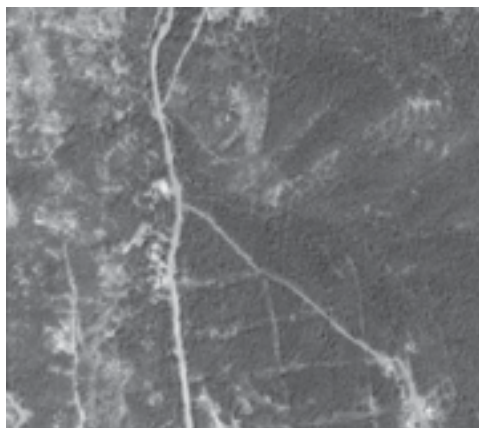


Rancheríos cerca de Uribía en la alta Guajira

de agua lluvia llamados jagüeyes. Aquí la red de vías de acceso es muy escasa. Otras regiones rurales con la misma denominación por sus características son el cañón del río Chicamocha y la región aledaña al desierto de la Tatacoa en el Huila.

#### 1.4.1.2. Regiones moderadamente secas

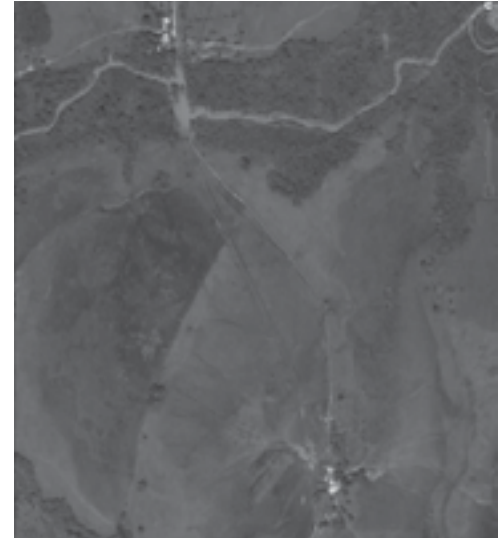
Son aquellas con precipitación anual entre 500 y 1.000 mm y temperatura promedio superior a los 24° centígrados. Sus suelos están cubiertos con la vegetación típica del bosque muy seco tropical mezclado con pastizales dedicados a la cría de ganado vacuno y extensos cultivos de palma africana. Estas regiones corresponden en su mayoría a las zonas rurales de los municipios de la baja Guajira, Cesar, Magdalena en los alrededores de Santa Marta y Norte de Santander con una densidad poblacional promedio de 12 hab/Km<sup>2</sup>, que principalmente habitan en viviendas rurales dispersas.



Zona rural cercana a Cúcuta

### 1.4.1.3. Regiones dedicadas al pastoreo y grandes cultivos

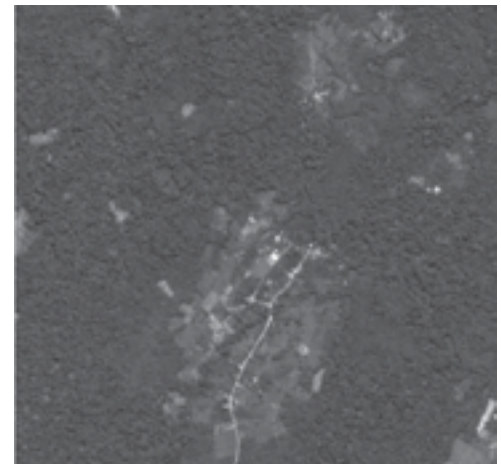
Con precipitaciones de lluvia anual entre 1.000 y 2.500 mm., sus suelos están cubiertos por pastizales dedicados a la ganadería vacuna mezclada con extensos cultivos de arroz y palma africana. La tipología de la vegetación original es la del bosque seco tropical. La zona rural de los municipios de estas regiones se caracteriza por extensas unidades agrícolas familiares (UAF), donde las viviendas distan mucho entre sí. Se trata de la región de los Llanos Orientales u Orinoquia con una densidad poblacional promedio de 1.6 hab/Km<sup>2</sup> y escasas vías de acceso.



Zona rural en el departamento de Arauca

### 1.4.1.4. Regiones muy húmedas

Con precipitaciones anuales entre 2.500 y 10.000 mm. y temperatura promedio de 24° centígrados, sus suelos están cubiertos por selva pluvial tropical. Se trata de las regiones rurales de los municipios de la vertiente occidental de la cordillera Occidental o vertiente del océano Pacífico entre el río Mira y la serranía del Baudó (una de las más lluviosas del mundo); y la extensa región amazónica, vertiente del mismo río con una densidad poblacional promedio de 0,6 hab/Km<sup>2</sup>. La población de estas regiones se ubica principalmente en viviendas dispersas y pequeños caseríos a lo largo de la orilla de los grandes ríos con una densidad promedio de 5 hab/Km<sup>2</sup>.



Caserío rural de Leticia. Amazonas

En estas regiones rurales con muy baja densidad poblacional y escasez de vías de acceso, se imponen las soluciones individuales para el saneamiento y la provisión de agua. Esta última preferencialmente con agua lluvia almacenada en reservorios para el caso de las regiones muy secas, o captada y almacenada en el techo de las viviendas (casas aguateras) en las regiones muy húmedas.

## 1.4.2. Regiones con baja densidad poblacional: entre 15 y 30 hab/km<sup>2</sup>

Se trata de la zona rural de los municipios ubicados en la región Caribe y los grandes valles interandinos, en donde parte de su población rural habita en pequeños centros poblados con vivienda nucleada y el resto en vivienda rural dispersa con pocas carreteras veredales. De acuerdo a su oferta hídrica, topografía y altura sobre el nivel del mar se clasifican como:

### 1.4.2.1. Región Caribe y valles interandinos

Se trata de las extensas llanuras del Caribe en los departamentos de Magdalena, Bolívar, Sucre, Córdoba y el Urabá antioqueño; y la de los valles interandinos del Valle del Cauca, Tolima y Huila con una densidad poblacional promedio de 18.4 hab/Km<sup>2</sup>. En estas regiones se tiene un promedio de lluvia anual entre 1.000 y 2.000 mm, vegetación clasificada como bosque seco tropical y suelos cubiertos con pastos naturales dedicados principalmente a la ganadería y a cultivos extensos propios del clima (oleaginosas, caña de azúcar, arroz, etc.) de tal manera que su población rural se dedica principalmente a las labores agropecuarias. La topografía del terreno es plana con elevaciones que varían entre 0 y 1.100 msnm y la población rural dispone de carreteras veredales para vehículos automotores. Existen dos temporadas de lluvias y dos de sequía. Los dos periodos de lluvias comprenden los meses de abril, mayo y junio y luego en octubre, noviembre y diciembre. El periodo más fuerte de sequía se presenta en enero y febrero y luego en julio y agosto. En algunas subregiones, a excepción de los grandes ríos, los restantes cauces de agua que en la región Caribe se llaman arroyos, se secan después de la temporada de lluvias. Sus habitantes se proveen de agua a través de reservorios, aljibes o pozos profundos, pero para su distribución a través de sistemas de acueducto es necesario elevarla a niveles de servicio mediante bombeo que resulta costoso.



Zona rural San Antero. Córdoba



Inspección de la Chamba en  
Guamo. Tolima

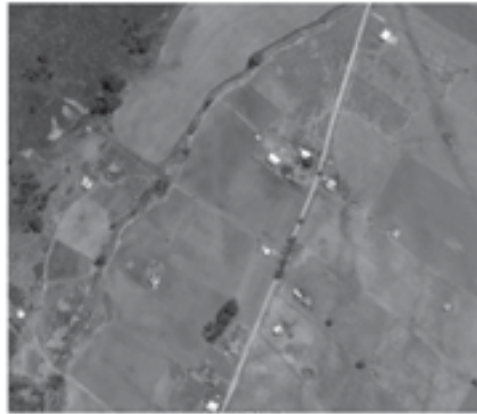
*En la región Caribe colombiana, pero especialmente en la alta Guajira donde la oferta hídrica es muy baja, existen muchos cauces secos que se convierten en arroyos cuando se producen lluvias intensas. Pasada la temporada de lluvias en estos cauces secos quedan ciertos sitios con charcos de agua que en el lenguaje local se conocen como jagüeyes. Éstos son unos reservorios naturales de agua, pero también pueden ser construidos mediante excavación y conformación de diques o terraplenes aprovechando ondulaciones del terreno para captar y almacenar aguas lluvias por escorrentía. Tradicionalmente han sido construidos por ganaderos como abrevaderos para los animales, pero allí también concurren personas para proveerse de agua con los consiguientes riesgos que implica su consumo sin tratamiento previo.*

### 1.4.2.2 Región Andina

Se trata de la zona rural de los municipios ubicados en las laderas andinas entre los 1.100 y 3.200 msnm en los departamentos de Santander, Boyacá, Cauca, Nariño, Antioquia y norte de Cundinamarca con precipitaciones que fluctúan entre los 1.000 y 2.000 mm. La población rural asentada allí tiene una densidad promedio de 23.3 hab/Km<sup>2</sup>, habita en pequeños poblados de vivienda rural nucleada y la mayoría en viviendas dispersas. Se dedican a cultivos menores y cría de animales domésticos. También laboran en grandes haciendas dedicadas a la ganadería y cultivos extensos de café, caña de azúcar (para la producción de panela), oleaginosas, gramíneas, flores, hortalizas y frutas. La topografía de su terreno ofrece la ventaja de poder conducir el agua a través de sistemas colectivos de acueducto por gravedad, con entrega de agua domiciliaria. Sin embargo, en esta región escasea el agua por baja precipitación en los meses de enero, febrero, marzo y luego en julio, agosto y septiembre, por lo que las soluciones de agua, que pueden ser individuales o colectivas, dependen en buena medida del almacenamiento de las aguas lluvias en las temporadas de invierno. Las soluciones para la disposición de aguas residuales domésticas son individuales para la vivienda rural dispersa y pueden ser colectivas mediante alcantarillados convencionales o no convencionales para la vivienda rural nucleada. El servicio de aseo rural depende en buena medida del estado de las vías de acceso.

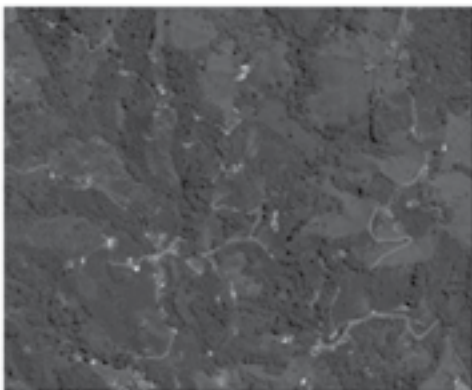


Zona rural cerca a Pasto. Nariño

Zona rural de Sutatausa  
Cundinamarca

### 1.4.3 Regiones con regular densidad Poblacional: entre 30 y 60 hab/km<sup>2</sup>

Son aquellas de población rural dispersa alternada con numerosos caseríos o centros poblados características de los departamentos del eje cafetero: Quindío, Caldas y Risaralda; el departamento de Cundinamarca y el departamento del Atlántico. Su densidad poblacional promedio es de 40 hab/Km<sup>2</sup>, y cuentan con una muy buena red de caminos veredales que facilitan el trazado de redes de acueducto rurales y la atención del servicio de aseo. En otras palabras, en la mayoría de sus municipios se puede atender la provisión de agua con soluciones colectivas con sistemas de acueducto que conectan centros poblados y distribuyen agua domiciliariamente a las viviendas dispersas.



Zona cafetera de Risaralda

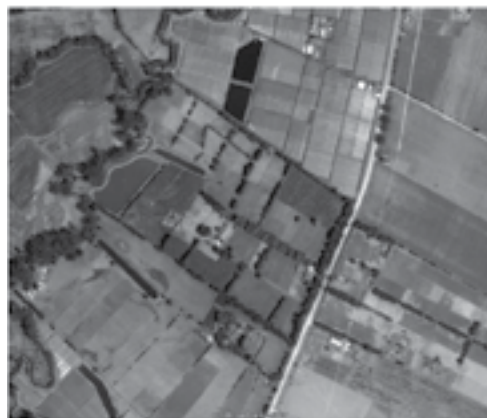
Zona rural de Sabanalarga  
Atlántico



En los centros rurales poblados (vivienda rural nucleada) las soluciones para la evacuación y disposición final de las aguas residuales domésticas pueden ser colectivas mediante alcantarillados convencionales o no convencionales, estos últimos justificados después de considerar otras alternativas. Para la vivienda rural dispersa la disposición de las aguas residuales deberá hacerse individualmente mediante sistemas sépticos o sistemas de letrinas de acuerdo a la disponibilidad de agua en la vivienda de la finca. El servicio de aseo en estas regiones rurales puede ser atendido hasta donde las vías rurales permitan el acceso de vehículos recolectores de basura. De lo contrario la disposición de los residuos sólidos debe hacerse en el sitio de origen.

#### 1.4.4 Regiones o zonas rurales de alta densidad poblacional: más de 60 hab/km<sup>2</sup>

Bajo esta clasificación está la zona rural de las islas de San Andrés y Providencia, cuyos habitantes residen cerca a las playas y a lo largo de las vías perimetrales. Aquí también clasifican las zonas rurales dedicadas a la producción agroindustrial con mano de obra flotante como la floricultura y horticultura en la sabana de Bogotá, los condominios campestres en las zonas rurales de los municipios aledaños a las grandes ciudades y los suelos suburbanos definidos en el artículo 34 de la Ley 388 de 1997 como aquellas áreas ubicadas dentro del suelo rural, en las que se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, diferentes a las clasificadas como áreas de expansión urbana.



Zona rural Sabana de Bogotá



Zona rural cercana a Puerto Carreño, Vichada

En estas zonas rurales aplican soluciones individuales o colectivas para la provisión de agua ya sea mediante acueductos veredales con entrega de agua domiciliaria, o individuales mediante la extracción y tratamiento del agua in situ como generalmente se hace en los establecimientos de la sabana de Bogotá y

Rionegro Antioquia, dedicados a la floricultura. Para la disposición y tratamiento de las aguas residuales domésticas en viviendas rurales dispersas aplican las soluciones individuales mediante sistemas sépticos o letrinas y en el caso de pequeños centros poblados, la recolección de las aguas residuales domésticas puede hacerse mediante soluciones colectivas con alcantarillados convencionales o no convencionales. Estos últimos pueden utilizar la disponibilidad de los equipos de mantenimiento de alcantarillado de los centros urbanos vecinos.

El servicio de aseo puede ser prestado mediante recolección periódica de los residuos sólidos en camiones recolectores usando las vías de acceso de que disponen en estas zonas.

## 1.5 Definiciones

- **Acuífero:** Formación geológica o grupo de formaciones que contiene agua y que permite su movimiento a través de sus poros bajo la acción de la aceleración de la gravedad o de diferencias de presión.
- **Aducción (en el sistema de acueducto):** Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.
- **Agua atmosférica:** Reserva de agua presente en la atmósfera en las tres formas: gaseosa (vapor de agua), líquida (nubes y agua lluvia) y sólida (nieve o granizo).
- **Agua cruda:** Es el agua natural, superficial o subterránea, que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.
- **Agua de bebida:** Es aquella que se utiliza para ingerirla directamente con el fin de suplir las necesidades de agua potable del organismo.
- **Agua potable o agua para consumo humano:** Es aquella que cumple características, físicas, químicas y microbiológicas que la hacen apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal y no produce efectos adversos en la salud humana.
- **Agua para uso doméstico:** Es aquella que reúne requisitos de calidad que la hacen apta para diferentes usos en el hogar.
- **Aguas grises:** Son los desechos líquidos generados en el lavamanos, la ducha, el lavaplatos y el lavadero de la vivienda. Son llamadas también aguas jabonosas y por principio contienen muy pocos microorganismos patógenos.
- **Aguas con excretas:** Son los desechos líquidos generados en el inodoro.
- **Aguas residuales domésticas:** Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en viviendas: contienen excretas, agua de lavado de cocina, etc. Son la combinación de aguas grises y aguas con excretas.

- **Alcantarillado sanitario:** Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- **Almacenamiento (en servicio de aseo):** Es la acción del usuario de colocar temporalmente los residuos sólidos en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación o, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final.
- **Apique:** Excavación exploratoria manual para identificar visualmente la capa superior del subsuelo.
- **Aprovechamiento (en servicio de aseo):** Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, el tratamiento térmico con fines de generación de energía y obtención de subproductos, la estabilización de la fracción orgánica o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.
- **Área rural:** Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, es el área comprendida entre el límite de la cabecera municipal y el límite del municipio. Se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y explotaciones agropecuarias existentes en ella. No cuenta con un trazado o nomenclatura de calles, carreteras, avenidas, y demás. Tampoco dispone, por lo general, de servicios públicos y otro tipo de facilidades propias de las áreas urbanas.
- **Barrido y limpieza de vías y áreas públicas:** Es el conjunto de actividades que se ejecutan de forma manual o mecánica, tendientes a dejar las áreas públicas libres de todo residuo sólido esparcido o acumulado. Por sus características el proceso de barrido y recolección de los residuos de dicho barrido, hacen parte de la actividad principal de recolección del servicio público domiciliario de aseo.
- **Biodegradable:** Cualidad de un compuesto químico o sustancia de poder ser degradado por acción biológica.
- **Biogás:** Mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable, cuyo componente principal es el gas metano.
- **Biomasa:** Es cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis así como de los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos.

- **Bocatoma:** Conjunto de dispositivos destinados a conducir el agua de la fuente superficial para las demás partes constituyentes de la captación.
- **Bombas reciprocantes:** Las bombas reciprocantes son unidades de desplazamiento positivo que descargan una cantidad definida de líquido durante el movimiento del pistón o émbolo a través de la distancia de carrera.
- **Caja de almacenamiento (en servicio de aseo):** Es el recipiente metálico o de otro material técnicamente apropiado, para el depósito temporal de residuos sólidos de origen comunitario, en condiciones herméticas y que facilita el manejo o remoción por medios mecánicos o manuales.
- **Captación:** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento. Acción y efecto de captar. En el aprovechamiento del agua lluvia es la superficie destinada a su recolección.
- **Caserío:** Sitio que presenta un conglomerado de viviendas, ubicado comúnmente al lado de una vía principal y que no tiene autoridad civil. El límite censal está definido por las mismas viviendas que constituyen el conglomerado.
- **Centro poblado:** Es un concepto creado por el DANE para fines estadísticos, útil para la identificación de núcleos de población. Se define como una concentración de mínimo veinte (20) viviendas contiguas, vecinas o adosadas entre sí, ubicada en el área rural de un municipio o de un corregimiento departamental. Dicha concentración presenta características urbanas tales como la delimitación de vías vehiculares y peatonales. En las tablas referidas a la codificación de la División político-administrativa, se identifican en la columna “Categoría” con la expresión o etiqueta “CP”, indicando que si bien se trata de un centro poblado, no se cuenta con la precisión de la autoridad municipal, que permita afirmar si se trata de un caserío, de una inspección de policía, o de un corregimiento municipal.
- **Cloración:** Aplicación de cloro o compuestos de cloro, al agua clarificada y filtrada para desinfección.
- **Coagulantes:** Sustancias químicas que inducen al aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas.
- **Coalescencia:** Propiedad de las cosas de unirse o fundirse.
- **Compactación:** Proceso mediante el cual en la celda se incrementa el peso específico (densidad en unidades métricas) de los residuos sólidos, con el cual se garantiza homogeneidad del material y estabilidad de la celda.
- **Compost:** Producto final del proceso de compostaje.

- **Compostaje:** Proceso de biooxidación aerobia de materiales orgánicos que conduce a una etapa de maduración mínima (estabilización), se convierten en un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura.
- **Contaminación:** Es la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y/o la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de los particulares.
- **Cultura de la no basura:** Es el conjunto de costumbres y valores de una comunidad que tienden a la reducción de las cantidades de residuos generados por cada uno de sus habitantes y por la comunidad en general, así como al aprovechamiento de los residuos potencialmente reutilizables.
- **Desarenador:** Cámara destinada a la remoción de las arenas y sólidos sedimentables que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación simple.
- **Desinfección:** Proceso físico o químico que permite la inactivación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.
- **Digestión anaeróbica:** Proceso microbiológico que ocurre en ausencia de oxígeno.
- **Disposición final de residuos sólidos (en servicio de aseo):** Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos, en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.
- **Dosificación:** Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua.
- **Eliminación (en servicio de aseo):** Es cualquiera de las operaciones que pueden conducir a la disposición final o a la recuperación de recursos, al reciclaje, a la regeneración, al compostaje, la reutilización directa y a otros usos.
- **Emisión (en servicio de aseo):** Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.
- **Energía eólica:** La que proporciona el viento.
- **Energía solar:** Energía que proviene del Sol y se produce por la fusión de los núcleos atómicos de hidrógeno, componente principal del Sol. (Tesoro Ambiental para Colombia, MAVDT)
- **Entibado:** Reforzamiento de las paredes de una excavación, se utilizan generalmente en suelos deleznales o sueltos.

- **Escombros (en servicio de aseo):** Es todo residuo sólido sobrante de las actividades de construcción, reparación o demolición, de las obras civiles o de otras actividades conexas, complementarias o análogas.
- **Filtración:** Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.
- **Filtración lenta:** Proceso de tratamiento mediante filtración a baja velocidad con el fin de fomentar un conjunto de procesos físicos y biológicos que permitan reducir la turbiedad y destruir los microorganismos patógenos del agua en su paso por el filtro.
- **Fuente de abastecimiento:** Depósito o curso de agua superficial o subterránea utilizada por la población ya sea proveniente de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas para atender sus necesidades de agua.
- **Generador o productor (en servicio de aseo):** Persona que produce residuos sólidos y es usuaria del servicio.
- **Gestión diferencial de residuos:** Es el conjunto de actividades orientadas a separar del flujo de los residuos, aquellos con potencial de aprovechamiento y valorización; lo que implica separación en la fuente, recolección, transporte selectivo y gestión por operadores especializados.
- **Gestión integral de residuos sólidos (GIRS):** Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos, el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.
- **Humedal:** Zona de la superficie terrestre que está temporal ó permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan. (Definición dada en la Convención Internacional de RAMSAR, Irán, sobre humedales, 1971). Bioma terrestre en el que abunda el agua salada, salobre o dulce, poco profunda y remansada. Es un ecosistema de gran diversidad. Son humedales las ciénagas, estuarios, marismas, marjales, pantanos y zonas costeras. (Tesauruso Ambiental para Colombia, MAVDT)
- **Inodoro:** Aparato sanitario utilizado para recoger y evacuar los excrementos humanos y animales hacia la instalación de saneamiento y que mediante un cierre de sifón de agua limpia impide la salida de los olores del desagüe hacia los espacios habitados.
- **Letrina:** Estructura que se construye para disponer las excretas o materia fecal, con la finalidad de proteger la salud de la población y evitar la contaminación del suelo, aire y agua.

- **Lixiviado:** Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.
- **Lodos:** Subproductos sólidos que resultan del tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- **Mampostería:** Sistema constructivo realizado con ladrillos o piedras, adheridos o unidos a base de mortero de cemento.
- **Manejo (en servicio de aseo):** Es el conjunto de actividades que se realizan desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho sólido. Comprende las actividades de separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o la eliminación de los residuos o desechos sólidos.
- **Mantenimiento:** Conjunto de acciones que se ejecutan en las estructuras, instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando se producen.
- **Mortero:** Mezcla de cemento, arena y agua.
- **Nata:** Sustancia espesa que se forma sobre el agua almacenada en el tanque séptico, compuesto por residuos grasos y otro tipo de desechos orgánicos e inorgánicos flotantes.
- **Nivel freático:** Profundidad de la superficie de un acuífero libre con respecto a la superficie del terreno.
- **Operación:** Conjunto de acciones para mantener en funcionamiento un sistema.
- **Patógenos:** Microorganismos que pueden causar enfermedades en el ser humano.
- **Persona prestadora:** Es aquella encargada de todas, una o varias actividades de la prestación de los servicios públicos de acueducto y/o alcantarillado y/o aseo conforme al artículo 15 de la Ley 142 de 1994.
- **Plan de manejo ambiental:** Es el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales negativos que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.
- **Plan de Ordenamiento Territorial:** Es el instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal. Se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.

- **Planta de tratamiento o de potabilización:** Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable, contempladas en el Decreto 1575 de 2007, o la norma que lo modifique o adicione.
- **Pozo de infiltración:** Hoyo profundo realizado en la tierra para infiltrar el agua residual sedimentada proveniente del tanque séptico o para infiltrar aguas grises.
- **Pozo de inspección:** Estructura de ladrillo, o concreto, de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma tronco – cónica, y con tapa removible para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de los colectores.
- **Precipitación:** Cantidad de agua lluvia caída en una superficie durante un tiempo determinado. Se mide en mm.
- **Presentación (en servicio de aseo):** Es la actividad del usuario de envasar, empacar e identificar todo tipo de residuos sólidos para su almacenamiento y posterior entrega a la entidad prestadora del servicio de aseo para aprovechamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final.
- **Pretratamiento:** Proceso que acondiciona las aguas residuales o el agua cruda proveniente de una fuente superficial o subterránea para su tratamiento posterior.
- **Ramal condominial:** Tubería que recolecta aguas residuales de un conjunto de edificaciones que descarga a la red pública en un punto.
- **Reciclaje (en servicio de aseo):** Proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.
- **Recolección (en servicio de aseo):** Acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores, efectuada por la persona prestadora del servicio.
- **Red de alcantarillado público:** Conjunto de colectores secundarios, principales, interceptores, emisarios, cámaras de inspección, terminales de limpieza y tubos de inspección y limpieza.
- **Rejilla:** Dispositivo instalado en una captación para impedir el paso de elementos flotantes o sólidos grandes.
- **Relleno sanitario:** Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los



residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.

- **Relleno Sanitario Manual:** Relleno sanitario que es construido y operado sin necesidad de utilizar maquinaria diferente a la mano de obra.
- **Relleno Sanitario Mecanizado:** Relleno sanitario que es construido y operado con maquinaria especializada.
- **Reservorios:** Depósitos de agua a cielo abierto destinados a la recolección y almacenamiento de agua lluvia o superficial.
- **Residuo sólido o desecho (en servicio de aseo):** Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles.
- **Residuos sólidos aprovechables (en servicio de aseo):** Son todos aquellos materiales, objetos, sustancias o elementos sólidos que tienen valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que son susceptibles de incorporación a un proceso productivo como materias primas secundarias o subproductos.
- **Residuos sólidos no aprovechables (en servicio de aseo):** Son todos aquellos materiales o sustancias sólidas o semisólidas de origen orgánico e inorgánico, putrescibles o no, provenientes de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no ofrecen ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.
- **Residuos peligrosos:** Son aquellos residuos o desechos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se consideran residuos o desechos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

- **Reutilización (en servicio de aseo):** Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran de procesos adicionales de transformación.
- **Riesgo:** Potenciales consecuencias económicas, sociales o ambientales que se pueden generar como resultado de los daños o la pérdida de función de un sistema durante un tiempo de exposición definido. Se expresa matemáticamente, como la probabilidad de exceder una pérdida en un sitio y durante un lapso determinado, resultado de relacionar la vulnerabilidad del sistema y la amenaza a la cual se encuentra sometido. Es la medida de la probabilidad de que un daño a la vida, a la salud, a alguna propiedad y/o al ambiente pueda ocurrir como resultado de un peligro dado.
- **Sedimentación simple:** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.
- **Separación en la fuente:** Es la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.
- **Sistema de abastecimiento o abasto:** Conjunto de obras de captación y distribución domiciliaria de agua para la zona rural, que generalmente opera con algunos componentes de tratamiento primario para clarificar el agua cruda y carece de desinfección.
- **Sistema de acueducto:** Conjunto de obras de captación, potabilización, almacenamiento y distribución operadas por una persona prestadora que, acorde con la Ley 142 de 1994, suministra agua para consumo humano en zona urbana o rural.
- **Sistema de alcantarillado sin arrastre de sólidos (ASAS):** Sistema de alcantarillado sanitario de pequeño diámetro debido a que las aguas residuales se decantan o sedimentan antes de ser conducidas a las redes con el fin de retener la parte sólida; la parte líquida fluye hacia los colectores. El proceso de sedimentación de sólidos se realiza en tanques sépticos con tanques interceptores de una sola cámara y pueden recibir las aguas residuales de una o varias viviendas.
- **Sólidos sedimentables:** Fracción del total de sólidos en el agua que se separan de la misma por acción de la gravedad, durante un periodo determinado.
- **Suelo rural:** Constituyen esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.

- **Tanque de almacenamiento:** Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior.
- **Tanque interceptor:** Decantador usado en los alcantarillados sin arrastre de sólidos ASAS.
- **Tanque séptico (o pozo séptico):** Sistema individual de tratamiento de aguas residuales domésticas para una vivienda o conjunto de viviendas, que combina la sedimentación y la digestión anaeróbica de los lodos.
- **Tratamiento de residuos sólidos:** Conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos, incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.
- **Turbiedad:** Propiedad óptica del agua basada en la medida de la luz reflejada por las partículas en suspensión.
- **Usuario:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta o como receptor directo del servicio.
- **Válvula de cheque:** Es una válvula anti-retorno. Tiene un disco abisagrado (o charnela) que se abre por completo con la presión en la tubería y se cierra cuando se interrumpe la presión y empieza la circulación inversa. También se les llama válvulas de retención de charnela.
- **Vectores:** Organismos, generalmente insectos o roedores, que transmiten enfermedades. Medio de transmisión de un patógeno de un organismo a otro.
- **Vehículo recolector (en servicio de aseo):** Vehículo empleado en las actividades de recolección de los residuos en los sitios de generación y su transporte hasta las estaciones de aprovechamiento y de transferencia o hasta el sistema de disposición final.
- **Vías de acceso (en servicio de aseo):** Vías que permiten ingresar a una estación de aprovechamiento o a un sitio de disposición final.
- **Vulnerabilidad:** Predisposición intrínseca de un sistema de ser afectado o de ser susceptible a sufrir daños o pérdida de su función, como resultado de la ocurrencia de un evento que caracteriza una amenaza.
- **Zanja de infiltración:** Excavación larga y angosta realizada en la tierra para acomodar en un campo de infiltración, las tuberías de distribución del agua residual decantada proveniente del tanque séptico, para su infiltración en el suelo permeable.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL

# SECCIÓN I.

**Soluciones colectivas para  
los servicios de acueducto,  
alcantarillado y aseo en la  
zona rural**

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



## 2. FORMULACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS DE ACUEDUCTOS RURALES

### 2.1. Alcance

El presente capítulo tiene por objeto señalar los procedimientos y requisitos técnicos recomendados para la formulación y diseño de sistemas de acueducto para suministrar agua apta para consumo humano a la población ubicada en las zonas rurales colombianas, de acuerdo con la clasificación de suelo rural y suelo suburbano definidos en el plan de ordenamiento territorial de cada municipio según los artículos 33 y 34 de la Ley 388 de 1997 ó Ley de ordenamiento territorial.

Facilita la formulación y el diseño de proyectos para el suministro de agua potable de aquellos asentamientos veredales en donde la población está concentrada en caseríos o conjuntos de por lo menos 20 viviendas, es decir, en zonas rurales de población nucleada, también a las zonas rurales de vivienda rural dispersa de acuerdo a la definición de J.1.1 o una combinación de las dos.

Se excluyen del ámbito de este capítulo los diseños de sistemas de acueducto en suelos clasificados como de expansión urbana y de protección, de acuerdo con las definiciones de los artículos 32 y 35 de la Ley 388 de 1997.

El documento se encuentra organizado en tres subcapítulos de los cuales el primero corresponde a los estudios previos necesarios para la formulación y el diseño de acueductos rurales; en el segundo se presentan los parámetros conceptuales que debe tener en cuenta el diseñador; y en el tercero se detalla el diseño de los diferentes componentes de un sistema de acueducto rural con sus elementos complementarios.

Este capítulo recoge la esencia y los procedimientos técnicos descritos en la “Guía metodológica para la formulación y diseño de sistemas de acueducto rurales” o guía RAS 008, siguiendo el formato de los manuales RAS, con la concepción del qué hay que hacer. Como complemento en dicha guía se presenta un ejemplo de aplicación con un caso real de diseño de un acueducto rural, que suministra agua domiciliaria a viviendas dispersas y algunos caseríos de vivienda rural nucleada en la localidad de Sumapaz del área rural de la ciudad de Bogotá, ejemplo que puede ser consultado en dicha guía, la cual se encuentra disponible en el Centro de Documentación del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

## 2.2. Estudios previos

La formulación y el diseño de acueductos rurales comienzan con la identificación y concepción del proyecto y requieren de suficiente información básica y estudios previos como soporte fundamental del proceso. Los estudios previos mínimos que se deben efectuar se detallan en el presente capítulo. Dependiendo de las características del sistema a diseñar, de la zona, condiciones sociales y económicas de la población, fuentes y demás aspectos relevantes, dichos estudios podrán ser complementados y profundizados de acuerdo con las necesidades del proyecto.

### 2.2.1. Identificación, justificación y priorización del proyecto

Consiste en la identificación de la necesidad de abastecer con agua para consumo humano a una comunidad concentrada o dispersa, que posee unas características específicas que las clasifican dentro de los contextos rural o suburbano.

La necesidad descrita está asociada a uno de los siguientes problemas:

- Carencia del servicio de acueducto por inexistencia del sistema.
- Dificultades en la prestación del servicio en cuanto a la cantidad, continuidad y calidad del agua.
- Inadecuado estado físico y de funcionamiento de los componentes del sistema existente que demandan su ampliación u optimización.

Todo sistema de agua potable y saneamiento básico tiene como justificación la solución de un problema de salud pública, del medio ambiente o de bienestar social, ya sea mediante la ejecución del sistema propuesto, la ampliación de cobertura de un servicio o el mejoramiento de su calidad y eficiencia.

La identificación, justificación y priorización de todo proyecto deberá ser efectuada y demostrada de acuerdo con lo estipulado en el articulado de los Capítulos IV Identificación y Justificación de los Proyectos y V Priorización de Proyectos de la Resolución 1096 de 2000, por la cual el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua y Saneamiento – RAS.

### 2.2.2. Definición de los alcances del proyecto

Se deben determinar el área a servir, el tipo de recurso que se espera ofrecer al usuario final y las cotas altimétricas de servicio del proyecto de acueducto. Así mismo, se deben identificar los recursos financieros que la entidad



contratante (Nación, Departamento, Municipio o Comunidad o ente prestador entre otros) tiene disponible para invertir inmediatamente en la ejecución del proyecto.

Se tendrá en cuenta en este ítem la calidad del agua de la fuente de la cual se abastecerá el sistema de acueducto y de acuerdo con el presupuesto con que se cuenta, se establecerán las etapas en las cuales se realizará el proyecto hasta su terminación.

### 2.2.3. Marco Legal

Los procesos de formulación y diseño del proyecto se ceñirán a lo establecido en especial en los artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 52, 204, 205, 206, 207, 208, 209 y el paso 4 – Acciones Legales, del artículo 10 de la Resolución 1096 de 2000.

### 2.2.4. Aspectos Institucionales

La Ley 142 de 1994 establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y es el marco dentro del cual se deben constituir y/o al cual se deben ajustar las personas prestadoras del servicio de acueducto.

Cuando el proyecto no sea desarrollado por un ente prestador ya consolidado, una vez adelantados los estudios y diseños se debe determinar cuál entidad será la encargada de la ejecución de las respectivas obras, así como de la posterior administración y operación del sistema de acueducto rural, de manera que se garantice la sostenibilidad de las inversiones y se mantenga la integridad del proyecto.

### 2.2.5. Trámites Ambientales

Para la realización de proyectos, obras o actividades de agua potable y saneamiento básico, se deberá obtener previamente la licencia ambiental, permisos, concesiones y autorizaciones a que haya lugar para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, de conformidad con la normativa ambiental vigente.

El decreto 1220 de 2005, establece los casos en que se requiere licencia ambiental. Es así como el artículo 8 de dicha norma dispone que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, otorgará o negará de manera privativa la licencia ambiental para los siguientes proyectos:

- La construcción de presas, represas o embalses con capacidad mayor de 200 millones de metros cúbicos de agua.
- Los proyectos que requieran trasvase de una cuenca a otra con corrientes que excedan de 2 m<sup>3</sup>/segundo durante periodos mínimos de caudal.

De conformidad con el artículo 9º Ibidém, las Corporaciones Regionales, las de Desarrollo Sostenible, los grandes centros urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la ley 768 de 2002 en su respectiva jurisdicción, otorgarán o negarán licencia ambiental para los siguientes proyectos:

- La construcción de presas, represas o embalses cualquiera sea su destinación con capacidad igual o inferior a 200 millones de m<sup>3</sup> de agua.
- La construcción y operación de rellenos sanitarios.
- La construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales que sirvan a poblaciones iguales o superiores a 200.000 habitantes.
- Los proyectos que requieran transvase de una cuenca a otra de corrientes de agua igual o inferior a 2 m<sup>3</sup>/segundo durante periodos mínimos de caudal.

De conformidad con la normatividad anterior, cuando la construcción de un acueducto incluya la construcción de una presa, represa o embalses con capacidad igual o inferior a 200 millones de m<sup>3</sup> de agua, la licencia ambiental la otorga la Corporación Autónoma Regional o la Autoridad Ambiental de que trata el artículo 66 de la ley 99 de 1993 o el artículo 13 de la ley 768 de 2002 en su respectiva área de jurisdicción. En los demás eventos, esto es, cuando la presa, represa o embalse tenga una capacidad superior a 200 millones de m<sup>3</sup> de agua, la licencia la otorga el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Los proyectos del sector agua potable y saneamiento básico que de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 1220 de 2005 o la norma que los modifique o sustituya no requieran licencia ambiental, deberán obtener los permisos, concesiones y demás autorizaciones ambientales que se requieran para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables para la su ejecución, de conformidad con los decretos reglamentarios del Decreto – Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993.

## 2.2.6. Gestión de los recursos

Las entidades encargadas de la ejecución del proyecto deberán garantizar la totalidad de los recursos para el diseño y la construcción de los sistemas de acueducto rurales, para asegurar la cobertura del mayor número de usuarios que técnicamente se puedan servir del acueducto.

## 2.2.7. Aspectos generales de la zona de proyecto

Para el diseño adecuado de los sistemas de acueducto rurales es necesario conocer los aspectos generales de la zona a abastecer: el perímetro de servicio (cota de servicio), las demandas de agua presentes y futuras y la topografía detallada del sector. La información detallada se puede obtener en dependencias

tales como la oficina de Planeación Municipal, la de Obras Públicas, Empresas de Servicios Públicos, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC para la cartografía de la zona, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE y la Unidad Municipal de Asistencia Técnica – UMATA.

La información mínima que es necesario conocer para el diseño de acueductos rurales es la siguiente:

- Entidad prestadora del servicio.
- Entidades territoriales competentes donde se localiza el proyecto.
- Entidades de planeación.
- Autoridad ambiental.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- Usos y demanda de agua (necesidades de la población)
- Estudios de estimación de la población.
- Fuentes de agua (oferta hídrica disponible, en cantidad y calidad)
- Condiciones locales (estudio socioeconómico y características culturales)
- Cartografía básica de la zona del proyecto, presentada en la escala que más se adecúe.
- Usos del suelo actual y futuro.
- Red de vías de carreteras y caminos veredales existentes y proyectadas.
- Planos de localización de redes e infraestructura existentes.
- Fotografías aéreas recientes de la zona del proyecto o restitutiones topográficas con base en vuelos recientes.
- Aspectos ambientales.
- Ubicación del proyecto dentro de los planes de ordenamiento territorial.

### 2.2.7.1. Localización y referenciación del área del proyecto

La primera actividad a realizar por el equipo de trabajo de campo, con la participación de representantes de la comunidad a beneficiar, es la localización y referenciación del área del proyecto. El ingeniero diseñador debe estar presente en esta etapa del proceso porque es aquí cuando se hace el reconocimiento material de la zona de proyecto, sus fuentes, su topografía y demás aspectos que sean de consideración para tomar las decisiones acertadas frente a los inconvenientes que se puedan presentar.

El ingeniero diseñador debe poseer la experiencia suficiente para coordinar las actividades de campo con los diferentes integrantes del equipo de trabajo. Será el encargado de dar las pautas a la comisión de topografía para determinar los trazados preliminares de las redes, decidirá qué tipo de captación se considera más conveniente, su localización y aspectos relacionados con las

demás estructuras como el desarenador y tanque de almacenamiento, entre otras.

Una vez reconocida la zona de trabajo se procederá a referenciar geográficamente el proyecto, mediante la implantación de puntos de control con coordenadas y cotas pertenecientes al sistema utilizado por el IGAC. Es recomendable el uso de sistemas de geoposicionamiento global – GPS para dicho trabajo. Los GPS de mano en la actualidad no garantizan la precisión adecuada para implementar puntos de control, por lo que su uso no se recomienda sino como una ayuda de navegación.

Se deben identificar plenamente los accidentes topográficos y aquellas características geológicas de la zona que indiquen posible inestabilidad del suelo y si es el caso, hacer un estudio de vulnerabilidad.

En el caso de aquellas obras que sea necesario localizar dentro de parques naturales o resguardos indígenas, todos los trámites para su ejecución deberán realizarse ante las autoridades ambientales competentes.

Es conveniente contar en este punto con el apoyo de un plano de la zona, como mínimo en una escala que permita visualizar toda el área a servir, lo cual permitirá un mejor entendimiento del terreno y ubicación del personal de trabajo.

### 2.2.7.2. Topografía

Una de las actividades más importantes a desarrollar al inicio del proyecto es un completo reconocimiento de las zonas a servir con el fin de buscar alternativas a los trazados de las redes evitando las zonas inestables, de difícil acceso y accidentes insalvables como pasos elevados de gran longitud.

En esta actividad se proyectan los trazados de las líneas de aducción, conducción y redes de acueducto, con las diferentes alternativas encontradas. Para ello es necesario contar con el apoyo de la comisión de topografía para recorrer el lugar y hacer un registro detallado de los diferentes accidentes topográficos que puedan afectar la construcción del proyecto.

La topografía se debe referenciar con los puntos de control del sistema nacional de coordenadas determinado por el IGAC. Esto con el fin de facilitar el replanteo de la obra en el momento de la ejecución, localizar y referenciar los accesorios en los planos definitivos de construcción e integrar los proyectos posteriormente a los sistemas de información geográfica – SIG municipales, departamentales o nacionales.

La topografía desarrollada debe ser lo más completa posible y le debe brindar al diseñador toda la información que requiera en su trabajo de oficina. Se deben describir al detalle cada sitio de interés, de interferencias con otras redes, deslizamientos, cruces de cauces, accidentes topográficos, localización de viviendas, escuelas y otros equipamientos, así como los predios en los cuales se considera factible la construcción de una nueva vivienda o que por información de su propietario se vaya a construir en el futuro cercano.

Para el caso de zonas de topografía plana, se deben tomar puntos de referencia que incluyan todos los usuarios. Cuando la topografía sea quebrada y presente altas diferencias de nivel (más de quince metros) entre las líneas y las viviendas, es importante referenciar las cotas de las viviendas para evaluar en oficina el manejo de las presiones en exceso. En todo caso el diseñador hará reconocimiento de la línea topográfica para verificar la existencia de accidentes especiales que puedan afectar las obras y el funcionamiento hidráulico de las redes.

La topografía realizada se debe revisar cuidadosamente con el fin de evitar errores que conlleven a la repetición de las jornadas de trabajo. Se debe tener especial cuidado en la lectura de las cotas de los puntos del sistema, así como también definir las vías de acceso a la zona, quebradas, ríos y puntos de energía cuando sea del caso.

Una solución alterna al trazado con equipo de topografía, especialmente en proyectos con áreas muy grandes, con usuarios que se encuentran distantes y con el fin de evitar que una o varias viviendas queden sin servicio en el momento del diseño, consiste en el uso de fotografías aéreas convertidas a formato de ortofoto digital. Con este sistema es posible (si se utilizan fotos con una antigüedad no mayor a cinco años) identificar la totalidad de las viviendas a servir del proyecto (con excepción, claro está, de las viviendas que se hubiesen podido construir recientemente).

La ortofoto digital, ofrece diversas ventajas, entre las cuales se pueden contar las siguientes:

- Reconocer de una forma gráfica y general la zona que se necesita servir con el acueducto rural.
- Identificar la localización de los diversos usuarios.
- Generar curvas de nivel con precisión hasta de un metro (se recomienda trabajar con curvas de nivel cada cinco metros para la generación de los perfiles de las tuberías).
- Identificar las zonas de accesos difíciles, con pendientes muy altas, bosques, cultivos y espejos de agua.

En las zonas en que exista restitución aerofotogramétrica del IGAC o del Municipio, el ingeniero diseñador podrá utilizar esta información hasta donde su criterio considere conveniente.

Si se tiene la opción de la fotografía aérea, se podrá hacer un trazado preliminar antes de ir al terreno, el cual se verificará posteriormente en la zona con un recorrido para detectar las correcciones al trazado que se consideren pertinentes. Con este apoyo se pueden diseñar las acometidas domiciliarias hasta el usuario final sin necesidad de un mayor requerimiento de personal.

Los planos generados en esta etapa servirán para la identificación de los trazados y la localización de los puntos de referencia. Así mismo, facilitan la organización y el planeamiento de los recorridos del personal encargado de llevar a cabo los censos de población.

Si las características del proyecto en cuanto a su complejidad y tamaño lo ameritan, una alternativa para mejorar la información topográfica

y de referenciación de algunos elementos, es la realización de un vuelo para el estudio de la zona. En este caso deben surtirse los permisos necesarios ante las entidades autorizadas.

No obstante las ventajas anteriores, es necesario realizar la topografía detallada de los sitios escogidos para la construcción de estructuras. En dichos sitios se deben realizar apiques y estudios de suelos para verificar sus características geotécnicas.

### 2.2.7.3. Descripción de la infraestructura existente para el abastecimiento de agua

Con el fin de optimizar recursos financieros para la ejecución del proyecto, se debe realizar una verificación física y una evaluación del estado de funcionamiento de la infraestructura existente para el abastecimiento de agua, con el fin de determinar qué componentes pueden incorporarse en el proyecto a diseñar.

En este proceso es necesario identificar las actividades que se realizan como parte de la operación del sistema, los materiales, especificaciones, trazados y diámetros de las redes existentes y de las estructuras construidas como captaciones y almacenamientos.

La anterior información permitirá decidir, cuando existan acueductos, el procedimiento conveniente a seguir, ya sea elaborando un proyecto totalmente nuevo o si se amplía, modifica o recupera el sistema de acueducto existente.

## 2.2.8. Estimación de la población

Se debe desarrollar un trabajo de campo en el cual se recopile la mayor información posible sobre la cantidad de habitantes, incluidos los aspectos sociales y culturales.

### 2.2.8.1. Censo de población

Inicialmente el diseñador deberá verificar la existencia de información de la población beneficiaria del proyecto y de esta forma determinar si es necesario adelantar un censo de población. Esta información puede obtenerse de la Secretaría de Planeación o de Salud a nivel departamental o municipal, la UMATA, el Comité de Cafeteros o el DANE.

En caso de requerirse la realización del censo, se deben tener en cuenta características como la densidad y distribución de la población para cada caso en particular. Para esto se considerará el comportamiento de la población en los últimos años y así verificar si existen poblaciones migratorias y flotantes, especialmente en zonas de cultivos intensivos que requieran mano de obra adicional en los meses de cosecha.

Si se puede disponer de fotografías aéreas o sus restituciones de diferentes años, se puede estimar con alguna certeza el comportamiento espacial de la población.

Es conveniente investigar en esta etapa los nombres de los propietarios de todos los predios que se van a incorporar al proyecto, no solo los usuarios sino aquellos cuyos predios se verán comprometidos por el paso de tuberías y construcción de tanques y otras estructuras.

Los usuarios se clasificarán de acuerdo con los usos y categoría residencial establecidos por el artículo 102 de la Ley 142 de 1994 (estratos 1, 2, 3, 4, 5 y 6). Así mismo, los otros usos definidos en el Decreto 229 de 2002 expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico.

### 2.2.8.2. Consumos de agua no residenciales

Es importante determinar los consumos de los usuarios no residenciales, mediante un estudio de medición de consumos con lapsos no mayores a una hora y por un tiempo mínimo de 24 horas en días de actividades productivas o laborales.

El uso del agua potable que se proyecta en el acueducto rural es básicamente residencial y la dotación se estima para esta condición, sin incluir las pérdidas. En el estudio de medición de consumos, no se deben subestimar las necesidades de agua de las unidades agrícolas familiares – UAF a las que están asociadas las viviendas rurales, para atender otros usos como riego agrícola, uso pecuario o para los procesos de beneficio de la cosecha. No obstante, las dotaciones de diseño que se adopten deben atender prioritariamente las necesidades de la población rural para consumo humano.

### 2.2.8.3. Censo predial

En esta fase se deben investigar los nombres de los propietarios de los predios sobre los cuales se construirán obras civiles. Esto con el fin de tramitar el permiso correspondiente de tránsito o servidumbre o para la adquisición del predio por parte de la entidad ejecutora del proyecto.

### 2.2.8.4. Características socioeconómicas de la población

En la medida de las posibilidades, se considera importante levantar información sobre capacidad de pago y disponibilidad a pagar de la población a beneficiar. La Guía RAS – 004 “Evaluación Económica de Proyectos de Acueducto y Alcantarillado”, contiene orientaciones para realizar estos estudios, particularmente en su numeral 3.1.1 recomienda llevar a cabo una encuesta diligenciando los formularios del anexo número 1, los cuales aplican para proyectos de acueducto en zona urbana o zona rural. El diseño para el tamaño de la encuesta, así como el análisis de los resultados, su interpretación y el

propósito económico que se persigue con esta caracterización, están contenidos en la misma guía.

## 2.2.9. Definición del nivel de complejidad del proyecto

Una vez identificada la necesidad de servir a la población rural de una zona con un sistema de acueducto, el paso a seguir es la definición del nivel de complejidad del proyecto de acuerdo con los artículos 11 y 12 de la Resolución 1096 de 2000.

## 2.2.10. Medición y estudio de la demanda

En aquellos casos en que algunas viviendas cuenten con soluciones de abastecimiento propias o acueductos artesanales, se recomienda realizar un seguimiento diario, por el tiempo que se estime conveniente, a las viviendas con el fin de determinar las costumbres y horarios de consumo de agua por parte de sus habitantes.

Con base en esta información se analizará si la demanda está acorde con las normas, o si se hace necesario desarrollar un programa educativo de ahorro del recurso, para que la población aprenda a utilizar el servicio eficientemente y sin desperdicios. Las costumbres de consumo varían con factores como el clima y las actividades económicas desarrolladas en cada zona, por esta razón es importante el acopio de dicha información.

En caso de no poseer información, como es el caso de los acueductos nuevos, y de ser imposible recolectarla, se puede acudir a información de zonas rurales de características similares, aplicando la metodología propuesta en la Guía RAS 002 “Identificación, Justificación y Priorización de Proyectos”.

## 2.2.11. Condiciones geotécnicas y sísmicas

Es conveniente realizar estudios de suelos para los sitios en los que se planea construir estructuras como desarenadores, tanques, plantas de potabilización o estaciones de bombeo.

El ingeniero de suelos recorrerá los trazados propuestos con el fin de identificar las posibles fallas e inestabilidades que se puedan presentar en el terreno y propondrá alternativas de solución para cada caso en particular.

En el estudio geotécnico se identificarán las zonas de fallas y las que están propensas a deslizamientos e inundaciones; igualmente es necesario tener en cuenta el grado de amenaza por actividad sísmica en la zona de estudio y su área de influencia.



## 2.2.12. Estudio de la oferta de agua

Se identificarán en forma general todas las alternativas posibles de fuentes tanto de agua superficial como subterránea, con el fin de hacer más adelante un estudio detallado de localización, cantidad y calidad de agua con que se cuenta en la zona. Una vez estudiadas las alternativas se procederá a escoger aquella fuente abastecedora de agua que presente las mejores condiciones tanto de suficiencia de caudal como de calidad físico-química y microbiológica que pueda garantizar el servicio por gravedad en lo posible.

La correcta escogencia de la fuente de abastecimiento debe garantizar la continuidad del servicio aún en épocas de verano y, de acuerdo con la calidad del agua que se obtenga, se determinará el tipo de tratamiento a implementar. La información que pueda suministrar la comunidad allí asentada es fundamental en la toma de decisiones sobre la fuente abastecedora; se recomienda realizar un estudio comparativo de las alternativas que incluya entre otros aspectos, el tratamiento, la aducción y la conducción, y sus costos.

## 2.2.13. Muestreos de agua para estudios de calidad

Se tomarán muestras para realizar los estudios de tratabilidad del agua con el fin de verificar la calidad de la fuente y el tipo de tratamiento que se debe implementar para cumplir con las normas técnicas de calidad del agua potable expedidas en el Decreto número 1575 de 2007 ó el que lo modifique o sustituya y en la Resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Los parámetros que se medirán serán aquellos establecidos en dicha normativa de acuerdo con la población a servir.

Una vez analizadas todas las fuentes disponibles, se escogerá la mejor en términos de caudal, calidad y distancia a la zona de servicio, y que en lo posible pueda suministrar el servicio por gravedad y obtener la autorización ambiental a que haya lugar.

# 2.3. Planeamiento y diseños conceptuales de acueductos rurales

## 2.3.1. Identificación de las fuentes

Cuando se va a planear y diseñar un acueducto rural, la primera opción a estudiar es la posibilidad de obtener agua cruda o tratada de la aducción o de la red de distribución del acueducto urbano si éste tiene una capacidad instalada

suficiente que permita utilizar excedentes de caudal para atender la demanda rural, ya sea total o parcialmente.

En este caso habrá que hacer los estudios técnico – económicos comparativos para determinar si esta opción resulta viable. De no ser posible esta alternativa, se entrará a identificar las fuentes superficiales o subterráneas de la zona de estudio siguiendo el procedimiento recomendado a continuación.

Utilizando la cartografía suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC- con mapas actualizados a escalas que cubran completamente la zona de estudio, se delimita el área específica o las veredas objeto del proyecto y se hace un estudio inicial de la provisión de agua, localizando los ríos y quebradas que las abastecen y que más adelante podrán servir como fuentes de captación superficial para el sistema de acueducto.

Como ya se mencionó en el numeral J.2.2.12, en esta fase se requiere identificar plenamente las diferentes fuentes de agua con que cuenta la zona. Las fuentes que por su localización geográfica y por su caudal, en una cota deseable para el proyecto, se deben estudiar a profundidad. En cada una de ellas se deben realizar aforos, los cuales se recomienda efectuar en épocas de verano con el fin de verificar que el caudal en los días de sequía sea suficiente para servir a la población afectada por el proyecto.

No se debe captar la totalidad del agua de una fuente superficial. Siempre se debe dejar un caudal ecológico<sup>7</sup> que permita la continuidad de la actividad natural aguas abajo de la captación.

*No se debe descartar la posibilidad de construir miniembalses de compensación sujetos a la Licencia Ambiental según el Decreto 1220 de 2005. La capacidad útil de estos miniembalses debe cubrir por lo menos las necesidades de captación del caudal medio diario Q<sub>md</sub> durante el tiempo de sequía máximo registrado históricamente o asumiendo que para el régimen bimodal de lluvias, la temporada seca crítica sería de 60 días y en el monomodal de 120 días.*

*En zonas de baja precipitación donde se pueden presentar episodios de muy bajo rendimiento de la fuente, la población puede acudir como medida preventiva al almacenamiento individual de aguas lluvias en tanques subterráneos o en microembalses (reservorios o estanques) captadas a través del techo de la vivienda o de superficies duras, tal como se indica más adelante en el capítulo J.8.9.8.*

<sup>7</sup> Es el caudal mínimo de reserva que se considera necesario para la conservación de la flora, la fauna, y el ecosistema existente en una corriente o cuerpo de agua, aguas abajo de un sitio específico.

Figura J.2.1 Localización de las veredas objeto del proyecto



En caso de no existir fuentes superficiales en la zona, con caudal o localización y altura suficiente para servir a la población por gravedad, se debe considerar su captación mediante bombeo o hacer una prospección del agua subterránea en la región y si se identifican acuíferos con capacidad suficiente para servir a la población, estudiar la conveniencia de extraerla vía bombeo. Se contará en este caso con personal especializado en la materia, el cual se encargará de realizar los estudios correspondientes de acuerdo con los requisitos establecidos en el artículo 71 de la Resolución 1096 de 2000 – RAS o la norma que la modifique o sustituya y siguiendo las recomendaciones del numeral B.3.4 sobre fuentes subterráneas del manual de prácticas de buena ingeniería del RAS, Título B “Sistemas de acueducto”.

### 2.3.2. Caudales de diseño

Los caudales de diseño deben definirse teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2320 de 2009 sobre dotaciones y periodos de diseño.

Tabla J.2.1  
Caudales y periodos de diseño de componentes del sistema de acueducto

COMPONENTE DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	CAUDAL DE DISEÑO	PERIODO DE DISEÑO SEGUN NIVEL DE COMPLEJIDAD	
		BAJO, MEDIO Y MEDIO ALTO	ALTO
Captación de agua superficial	QMD		
Captación de agua subterránea	QMD		
Relación y conducción	QMD		
Tanques de almacenamiento	QMD	25 años	33 años
Planta de potabilización	QMD*		
Tanques de compensación	QMD		
Red de distribución	QMH		

QMD = Caudal Máximo Diario

QMH = Caudal Máximo Horario

\* Si el sistema de acueducto no contempla la construcción de tanques de compensación, la planta de potabilización debe ser diseñada para atender el caudal máximo horario QMH.

### 2.3.3. Selección de las tuberías

Las tuberías de aducción, conducción y distribución son el componente más importante en un sistema de acueducto rural por lo cual, para su selección, se tendrán en cuenta las especificaciones de los materiales disponibles en el mercado que más se adapten técnica y económicamente a las condiciones del terreno. En el numeral B.6.4.7 del Manual de Prácticas de Buena Ingeniería del RAS, Título B “Sistemas de Acueducto” se dan unas recomendaciones para la selección de los materiales de las tuberías, teniendo en cuenta 9 factores. La tabla B.6.1.5 del mismo manual puede utilizarse como guía para la selección de los diferentes materiales posibles. En caso de ser necesario hacer un análisis de costo mínimo para el conjunto de los componentes de la aducción, conducción y distribución, se sugiere tener en cuenta las recomendaciones del numeral B.6.4.6 del mismo manual.

Las tuberías se deben proteger convenientemente instalándolas a la profundidad mínima estipulada en el artículo 91 de la Resolución 1096 de 2000, mediante la cual el Ministerio de Ambiente adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua y Saneamiento RAS, teniendo en cuenta que éstas se deben anclar en los cambios bruscos de dirección, tal como se indica más adelante en el numeral J.2.4.8.

Además se deben implementar aquellos accesorios especiales para el drenaje de agua y evacuación de aire de la tubería, es decir, que en el diseño se debe prever la instalación de purgas en los puntos más bajos y ventosas en los puntos más altos de éstas, especialmente en las tuberías de aducción y conducción.

#### 2.3.3.1. Diámetros mínimos

En el caso de los acueductos rurales, el diámetro mínimo tanto para las tuberías de aducción y conducción como para las redes de distribución, corresponderá al mínimo diámetro comercial inmediatamente superior al diámetro resultante de los cálculos hidráulicos.

#### 2.3.3.2. Presiones en las redes de acueducto

##### 2.3.3.2.1. Presiones mínimas

En las líneas de aducción y conducción las presiones dependerán de los trazados y el diseño hidráulico propuesto; no se especifica una presión mínima. Sin embargo, se recomienda el uso de ventosas en aquellos puntos altos de la red que presenten presiones muy bajas, con el fin de evitar la acumulación de aire en la tubería y su correspondiente obstrucción.

Para el diseño de las redes de distribución, se debe dar cumplimiento a las presiones de servicio mínimas establecidas en el artículo 82 de la Resolución 1096 de 2000, contenidas en la tabla a continuación:

Tabla J.2.2  
Presiones mínimas en la red de distribución

NIVEL DE COMPLEJIDAD	Presión mínima (KPa)	Presión mínima (m.c.a.)
Bajo	88.1	10
Medio	88.1	10

### 2.3.3.2.2. Presiones máximas

El material y especificación de las tuberías de aducción y conducción se seleccionarán para soportar la presión que se presente en el diseño hidráulico si éstas no distribuyen agua en ruta.

La presión máxima de diseño para aquellas conducciones que distribuyen agua en ruta y la de la red de distribución no deberá sobrepasar 588.6 Kpa o sea 60 metros de cabeza hidráulica, de acuerdo a lo establecido en el artículo 83 de la Resolución 1096 de 2000.

*Para controlar las sobrepresiones en la red de distribución, especialmente en zonas de topografía pronunciada, se deben construir en la línea de conducción o en sus ramales, cámaras de quiebre de presión o instalar válvulas reductoras de presión. Esto con el fin de mantener sobre las viviendas más bajas, niveles piezométricos que no sobrepasen los 60 metros de cabeza hidráulica.*

## 2.4. Diseño detallado de los componentes de los acueductos rurales y elementos complementarios

### 2.4.1. Cálculos topográficos

Se realizarán los cálculos con base en la información planimétrica y altimétrica recolectada en el terreno. Estos cálculos deben incluir los respectivos cierres con la precisión adecuada a los propósitos del proyecto.

El informe de los cálculos topográficos debe contener los siguientes datos:

- Nombre del punto.
- Coordenada norte (m).
- Coordenada este (m).
- Cota (m.s.n.m.).
- Descripción del punto.

Adicionalmente se debe dibujar esta información en un plano para ofrecer al diseñador una visión general del proyecto y su distribución espacial. Este plano debe contener:

- Puntos topográficos.
- Trazados de la reconstrucción de los puntos topográficos.
- Cuadro de coordenadas.
- Dirección del Norte.
- Curvas de nivel. Cuando la información topográfica presente una densidad que lo permita, se recomienda la generación de curvas mínimo cada diez metros.
- Usuarios, localización y nombre de los usuarios.
- Se recomienda la digitalización de la cartografía IGAC de la zona del proyecto, con el fin de verificar los trazados y detectar errores. Dicha información digitalizada permite a las personas involucradas en la construcción, la ubicación y referencia del proyecto con relación a accidentes topográficos identificables fácilmente como son viviendas, vías y quebradas, entre otros.

## 2.4.2. Determinación de la población, la dotación y la demanda

Con base en la información recogida en campo durante el censo y estudio de demanda se calcula la población actual de la zona a servir. Para el caso de las construcciones deshabitadas y de los predios en los que se determinó la posibilidad mediata de construcción, se puede asumir el promedio de habitantes por vivienda calculado a partir de las viviendas en la actualidad.

Es conveniente realizar las proyecciones de crecimiento para el período de diseño según lo definido por el nivel de complejidad en el Reglamento de Agua y Saneamiento – RAS. No obstante, se aconseja al diseñador no limitarse a los procedimientos indicados allí, sino que se realice un estudio más profundo de la zona, con el fin de contemplar la posibilidad de un crecimiento masivo en un período corto de tiempo.

Para calcular la tasa de crecimiento de la población, el diseñador se puede apoyar en la información de censos del DANE, del sistema de identificación de potenciales beneficiarios de programas sociales -SISBEN, Comité de Cafeteros, UMATAS, y/o de otro tipo de censo realizado por las autoridades locales u otras empresas de servicios públicos. No se debe trabajar con tasas negativas, así la población de una zona haya disminuido. El hecho de que una región haya tenido un número mayor de habitantes al actual, da una muestra de la verdadera capacidad de vivienda de la zona. Es conveniente trabajar siempre con el historial de censos realizados por las entidades anteriormente mencionadas, preferiblemente con el mayor de ellos, siempre y cuando el procedimiento utilizado para el levantamiento de la información y los resultados sean confiables.

En el caso de poblaciones que tienden a disminuir se recomienda asumir una tasa de crecimiento similar a la de poblaciones con características, costumbres y actividades productivas parecidas, tal como se describe en la Guía RAS 001. “Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua”.

Las dotaciones netas mínima y máxima están estipuladas en la Resolución 2320 de 2009.

*El diseño de acueductos rurales se debe plantear con el objetivo de satisfacer prioritariamente las necesidades de consumo humano.*

La demanda se calculará de acuerdo con la metodología establecida en el Reglamento de Agua y Saneamiento – RAS, Título B “Sistemas de Acueducto” en su capítulo B.2, y para más detalle en la Guía RAS 001.

### 2.4.3. Estudio hidrológico de las fuentes

Como ya se mencionó, es necesario realizar estudios hidrológicos de las fuentes identificadas, con el fin de estimar sus caudales mínimos y crecientes para corroborar su capacidad o no de surtir los proyectos y proteger las obras.

Para cumplir con los objetivos que tienen los estudios hidrológicos en proyectos de suministro de agua para acueductos, irrigación o generación hidroeléctrica, se analizan los siguientes aspectos: GUÍA RAS-008

- Clima y precipitación.
- Capacidad de la fuente para suministrar la demanda.
- Magnitud y frecuencia de las crecientes.
- Transporte de sedimentos.

A continuación se analizan estos aspectos y se recomiendan los métodos que pueden aplicarse en los análisis hidrológicos según la calidad de la información disponible.

#### 2.4.3.1. Clima y precipitación

En el estudio hidrológico se debe hacer una descripción del régimen climatológico del área del proyecto.

Para realizar esta descripción son importantes, además de los datos cartográficos e hidrometeorológicos que se recolectan, las visitas de reconocimiento de campo y los análisis de monografías regionales y de los estudios técnicos que se hayan ejecutado con anterioridad.

Aunque las variables que definen el clima son presión atmosférica, humedad, temperatura y vientos, en estudios con información escasa es suficiente considerar la presión y la temperatura como las variables más importantes.

Por lo general es posible determinar la variación media de la temperatura en función de la altura utilizando monografías de la región, boletines hidrometeorológicos o testimonios de los habitantes, aun cuando no se cuente con estaciones climatológicas en el área de estudio.

En cuanto al régimen pluviométrico, la localización geográfica del área y los mapas generales de isoyetas de la región permiten estimar, así sea en forma aproximada, la lluvia media anual y sus tendencias mensuales para definir meses más lluviosos o más secos. Estos estimativos se complementan con registros de estaciones pluviométricas, así éstos sean deficientes.

### 2.4.3.2. Capacidad de la fuente para suministrar la demanda

Cuando la fuente de suministro sea la corriente superficial en el sitio de captación seleccionado, su capacidad se analizará por medio de la curva de duración de caudales, la cual resulta del análisis de frecuencia de la serie histórica de caudales medios diarios en ese sitio. En consideración a que en algunos casos no se dispone de información hidrológica referente a cuencas pequeñas, se recomienda consultar o aplicar métodos que permitan estimar esta información.

### 2.4.3.3. Magnitud y frecuencia de las crecientes

Los métodos más conocidos para cálculo de crecientes son los siguientes:

#### 2.4.3.3.1. Análisis de frecuencias de caudales máximos registrados

La aplicación del método requiere de una completa serie histórica diaria de caudales máximos instantáneos.

#### 2.4.3.3.2. Aplicación de relaciones lluvia-cuenca-caudal

Los métodos que se basan en la interrelación lluvia-cuenca-caudal se pueden aplicar en todos los casos.

Para su correcta utilización se necesita suficiente información cartográfica, hidrometeorológica, geológica y geográfica de la región donde se localiza la cuenca en estudio.

Entre los métodos que utilizan relaciones lluvia-cuenca-caudal están los siguientes:

#### 2.4.3.3.3 Determinación y aplicación de fórmulas empíricas regionales

Son fórmulas que permiten calcular los caudales de creciente en función de algunas de las características físicas e hidrometeorológicas de cuencas que tienen una completa información y pertenecen a una región determinada.



Mediante procedimientos de regionalización pueden utilizarse en cuencas no instrumentadas de la misma región.

#### 2.4.3.3.4. Método racional

El método racional se aplica en cuencas homogéneas pequeñas, menores de 10 hectáreas, principalmente para drenajes de carreteras, patios, áreas rurales, etc.

#### 2.4.3.3.5. Hidrogramas unitarios

Los hidrogramas unitarios son apropiados para el cálculo de crecientes en obras importantes, como son los aliviaderos de presas de embalse o los puentes grandes.

Un hidrograma unitario es un modelo matemático que representa la respuesta de la cuenca a la acción de una lluvia de exceso unitaria.

#### 2.4.3.4. Métodos recomendados cuando la información hidrológica es escasa

Algunos de los métodos que se utilizan cuando la información hidrológica es escasa son los siguientes:

- Regresión entre estaciones de lluvia.
- Regresión entre lluvias y caudales anuales.
- Balances hidrológicos simplificados a nivel anual para determinar caudales medios.
- Estimativos de la distribución de los caudales medios mensuales a partir de los caudales medios anuales y de la distribución de las lluvias mensuales.
- Generación estocástica de caudales.
- Transposición de las curvas de duración de caudales desde cuencas que tengan características morfométricas, hidrometeorológicas, geológicas y de uso del suelo similar.
- Determinación de curvas de intensidad – duración – frecuencia normalizadas, con base en lluvias máximas diarias.
- Aplicación de hidrogramas unitarios sintéticos para cálculo de crecientes.
- Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo para estimar aportes de la cuenca por erosión pluvial a la carga de sedimentos en suspensión.

## 2.4.4. Ensayos de laboratorio para determinar la calidad de agua de la fuente

Es necesario realizar un muestreo y análisis para determinar la calidad físico-química y microbiológica de la fuente. Adicionalmente se debe realizar un ensayo de tratabilidad para determinar los procedimientos de potabilización necesarios para lograr un agua que cumpla las normas de calidad definidas en la Resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ó en la reglamentación que lo modifique o sustituya.

## 2.4.5. Selección de la fuente

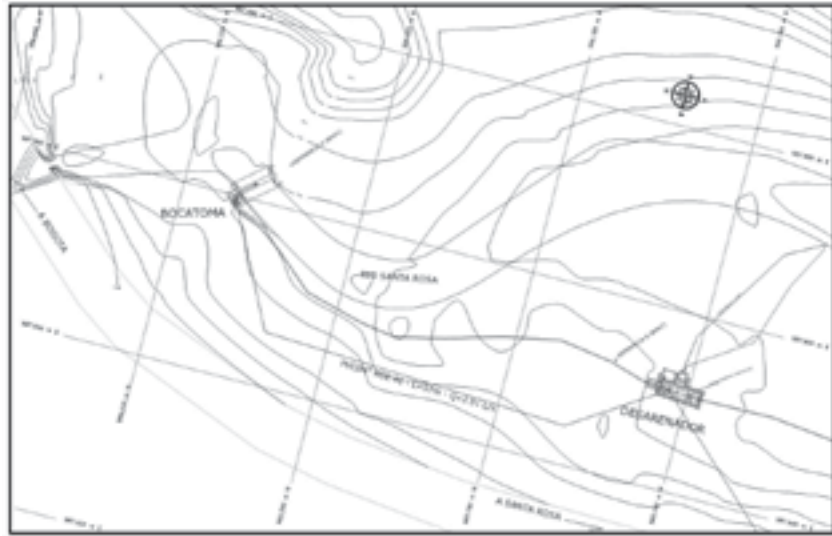
Una vez cotejados los datos de laboratorio, hidrología, aforos y localización de las diversas fuentes se escogerá la que a criterio del diseñador ofrezca mayores ventajas a corto y largo plazo, incluyendo las económicas, y teniendo en cuenta la inversión inicial, la operación y el mantenimiento de las alternativas aceptables. Así mismo se debe considerar la disponibilidad y la presión sobre el recurso hídrico, garantizar un caudal ecológico que permita el desarrollo de la vida natural aguas abajo de la captación en condiciones de sequía extrema, no captar el caudal total de una fuente y realizar la captación conforme a lo determinado en la licencia ambiental o la concesión de aguas, según el caso, y teniendo en cuenta los criterios adicionales que tenga la autoridad ambiental competente para la administración del recurso hídrico en la respectiva región.

## 2.4.6 Selección del tipo de captación a utilizar y diseño hidráulico y geométrico

De acuerdo con la disponibilidad de las fuentes se determinará el tipo de captación, ya sea superficial o subterránea.

En el caso de las fuentes superficiales la selección se realizará de acuerdo con las características de la escorrentía; si se trata de una fuente de sección angosta se aconseja la toma mediante el uso de rejilla de fondo; si la fuente tiene una sección muy ancha, se debe escoger el sitio más conveniente para su localización. En este caso el sitio no debe presentar riesgos para la estructura durante una creciente de manera que su material de base garantice la estabilidad de la obra de captación y en cuyo caso se debe seleccionar una bocatoma lateral o una bocatoma flotante.

Figura J.2.2. Esquema localización captación y desarenador

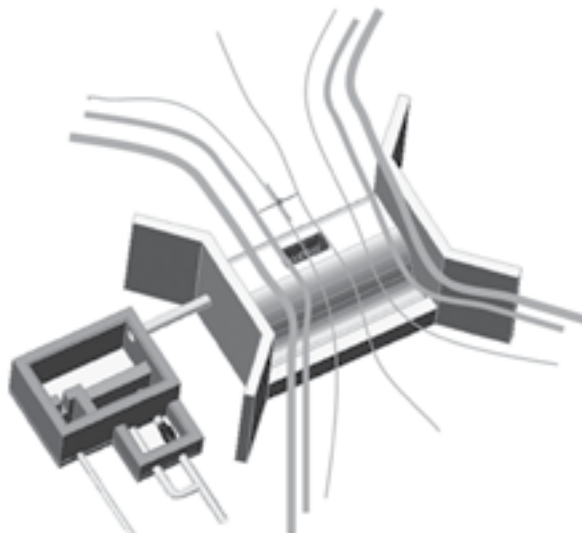


El diseño hidráulico deberá garantizar la captación del caudal de diseño del sistema, la devolución del exceso a la fuente y la limpieza periódica de los sedimentos acumulados.

La obra deberá disponerse geoméricamente de manera que quede protegida de las crecientes y deslizamientos y su disposición permita la captación del agua necesaria para servir al proyecto.

En el diseño y construcción de la bocatoma se considerará la instalación de un sistema de medición del agua captada que considere la construcción de caudalímetros tales como vertederos o canaletas Parshall con sus respectivas miras de observación graduadas en centímetros.

Figura J.2.3 Esquema de una estructura de captación o bocatoma de fondo



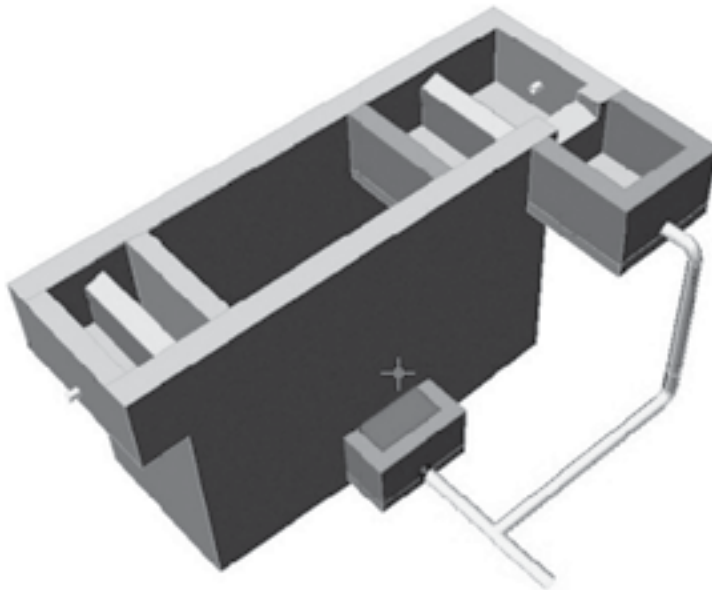
Los parámetros de diseño son los contemplados en el Manual de Prácticas de Buena Ingeniería del RAS, Título B “Sistemas de Acueducto” en su Capítulo B.4., referente a las captaciones de agua superficial y B.5 concerniente a las captaciones de agua subterránea.

## 2.4.7. Diseño hidráulico y geométrico del desarenador

El diseñador determinará las características del sistema desarenador el cual deberá permitir la sedimentación de las partículas de arena en una proporción mayor al 87.5% de las partículas de tamaño mayor a 0.05 mm.

Los parámetros de diseño de los desarenadores son los contemplados en el numeral B.4.4.6. del Manual de Prácticas de Buena Ingeniería del RAS, Título B “Sistemas de Acueducto”.

Figura J.2.4 Esquema de un desarenador sencillo



Normalmente los bajos caudales utilizados por los sistemas de acueductos rurales implican el diseño de desarenadores de dimensiones muy pequeñas. Sin embargo, es conveniente construir desarenadores cuyas medidas hagan práctica la construcción, operación y mantenimiento; pero sobre todo teniendo en cuenta que el sistema de limpieza debe poseer pendiente en el fondo formando una tolva que permita el arrastre de lodos hacia la tubería de lavado.

## 2.4.8. Diseño hidráulico de líneas de aducción y conducción

Fórmula de Darcy-Weisbach para el cálculo de pérdidas en las tuberías de acueducto:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (\text{J.2.1}) \quad \text{Formula J.2.1}$$

Donde:  $h_f$  = Pérdida unitaria de presión

$f$  = factor de fricción, adimensional

$L$  = Longitud de tubería (m)

$D$  = Diámetro de la tubería (m)

$V$  = velocidad del líquido dentro de la tubería

$g$  = aceleración de la gravedad

Fórmula de Hazen-Williams para el cálculo de pérdidas en las tuberías de acueducto:

$$Q = 0.2785 \cdot C \cdot D^{3.5} \cdot J^{0.54} \quad \text{Formula J.2.2}$$

Donde:  $Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$C$  = Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams, depende del material a utilizar

$D$  = Diámetro de la tubería (m)

$J$  = Pérdida de carga unitaria (m/m de conducción)

Las líneas de aducción y conducción se diseñarán utilizando las fórmulas de Darcy – Weisbach (J.2.1) o la fórmula de Hazen – Williams (J.2.2) respetando sus respectivas restricciones. Para una mayor información y análisis de estas fórmulas se recomienda consultar los numerales B.6.4.4.3 y B.6.4.4.4 del Reglamento de Agua y Saneamiento – RAS, Título B “Sistemas de Acueducto”.

Las líneas de aducción y conducción se diseñarán con el caudal máximo diario (QMD) y para su cálculo se recomienda el uso de software especializado que evalúe el sistema para diferentes alternativas de diámetros y caudales y que permita la generación de perfiles y análisis detallados punto a punto.

Estos perfiles son de gran ayuda para la localización de válvulas de purga y ventosas, así como para cámaras de quiebre de presión. Se debe evitar el cruce de la línea piezométrica con los puntos altos del terreno.

Se calcularán y localizarán los anclajes necesarios para proteger los puntos de las tuberías donde se presenten derivaciones o cambios de dirección. Con respecto a este elemento estructural que es necesario construir durante la instalación de las tuberías de aducción, conducción y también de distribución, en el numeral B.7.6.10 del Título B y también en los catálogos que deben suministrar los diferentes fabricantes y comercializadores de tuberías, se encuentran recomendaciones no solamente para la construcción y localización de anclajes, sino para el apoyo y construcción de otros elementos que es necesario tener en cuenta durante su instalación.

Figura J.2.5 Plano de una línea de conducción



Cuando existan cruces de cauces, zonas de falla geológica identificadas o sea necesario salvar luces importantes, es práctica común la construcción de pasos elevados. Estos pueden ser de dos tipos: rígidos y colgantes. Los primeros constan de estructuras que permiten la horizontalidad de la tubería mediante la construcción de puentes y los segundos corresponden a los pasos de tuberías colgadas de cables metálicos o guayas que son de uso común en el país. En el caso de los pasos rígidos y si la luz es corta se puede revestir la tubería introduciéndola dentro de otra de mayor diámetro y de un material resistente (p.ej. acero). En todo caso los pasos elevados deben quedar anclados para garantizar su estabilidad.

No obstante lo anterior, es aconsejable evaluar otras alternativas como es el caso de los cruces subfluviales.

Se deja a criterio del diseñador la escogencia de los materiales a utilizar en el sistema, teniendo en cuenta las recomendaciones del numeral J.2.3.3. Sin embargo, se debe tener en cuenta el cálculo de las sobrepresiones por golpe de ariete en la selección de las tuberías, para lo cual es importante consultar el numeral B.6.4.11 del Manual de Prácticas de Buena Ingeniería del RAS, Título B “Sistemas de Acueducto”.

De todas maneras se recomienda a los diseñadores de las líneas de aducción y conducción de acueductos en áreas rurales, tener en cuenta los criterios básicos y recomendaciones pertinentes contenidos en el capítulo B.6 del manual anteriormente mencionado.

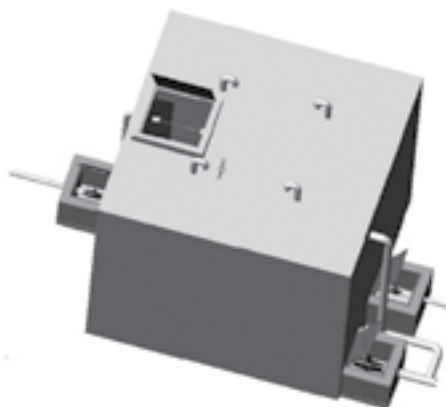
## 2.4.9. Diseño de tanques de compensación

La construcción de tanques es necesaria para compensar las variaciones entre el caudal de producción proveniente de la planta de potabilización (caudal

máximo diario, QMD) que es transportado por la conducción, y el caudal de consumo que es transportado por las redes de distribución (caudal máximo horario, QMH).

Se diseñarán los tanques de compensación de acuerdo con las cantidades y parámetros de diseño contemplados en el manual de prácticas de buena ingeniería del RAS, Título B “Sistemas de Acueducto” en su capítulo B.9.

Figura J.2.6 Esquema de un tanque de compensación



La localización de los tanques debe ser tal que permita el servicio a los diferentes usuarios con una presión de norma y que posea acceso para su mantenimiento periódico.

En el caso de ser necesaria la construcción de tanques y si resulta fácil y económico, se podrá optar por la instalación de tanques prefabricados de otros materiales diferentes al concreto y al acero, tales como los de plástico o fibra de vidrio, tomando las medidas para la protección física de los mismos.

## 2.4.10. Diseño hidráulico de redes de distribución

En las áreas rurales de población dispersa donde los usuarios se encuentran distantes, lo normal es considerar redes abiertas que lleven el agua hasta el usuario. En el caso de áreas rurales con población nucleada concentrada en caseríos de configuración urbana, se puede plantear la instalación de redes cerradas. Las redes cerradas poseen ventajas sobre las redes abiertas, entre las cuales se pueden nombrar la redundancia y la sectorización por circuitos.

En el caso de redes abiertas y donde la topografía es de ladera, se recomienda la implementación de cámaras distribuidoras de caudales. Dichas cámaras permiten racionalizar el servicio entre los usuarios, asignando los caudales de acuerdo con la demanda de cada sector. Adicionalmente, si se presenta algún tipo de daño en las redes, dicho daño solamente afectará al sector posterior a la cámara de distribución y no a todo el sistema.

El procedimiento de diseño es igual al diseño de las líneas de aducción y conducción, con la diferencia fundamental de que aquí se debe trabajar con el caudal máximo horario.

Se debe prever la instalación de válvulas de cierre para atender las reparaciones. Para este efecto se recomienda localizarlas a la salida de bocatomas, desarenadores, tanques y cámaras, en el inicio de los diferentes ramales y cada 500 metros en el caso de conducciones de mayor longitud.

No se considera necesario generar perfiles hidráulicos hasta el usuario final pero el diseñador debe conocer el comportamiento hidráulico de la tubería de distribución. Es imperativo que el diseñador posea todos los elementos de juicio para determinar el buen funcionamiento de las redes menores y se deben garantizar las presiones mínimas a los usuarios finales.

Cuando se utilizan modelos hidráulicos de computador, se debe verificar la presión en todos los usuarios para el caudal de diseño y verificar el comportamiento hidráulico de las redes.

**Figura J.2.7 Plano de ramales y redes de distribución**



El uso de hidrantes se considera necesario solamente en aquellos sitios con concentración de viviendas y construcciones de importancia regional y comunitaria como son los establecimientos educativos, centros comunales y centros de salud, y no para construcciones aisladas, pues debido a la disposición de las viviendas en un acueducto rural típico de población dispersa sería necesario un hidrante por vivienda, lo cual es una solución antieconómica.

En cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 373 del 6 de junio de 1997 por la cual se establece el Programa para el uso eficiente y ahorro del agua,



todos los acueductos, incluidos los rurales, deben contar con estos programas y dentro de ellos, una de las actividades que deben incentivarse consiste en poseer sistemas de macromedición y micromedición, los cuales son importantes por las siguientes razones:

- Permiten estimar las pérdidas totales de un sistema de acueducto.
- La micromedición incentiva al usuario al ahorro y uso eficiente del agua, evitando problemas de calidad del servicio a los demás usuarios.
- Las lecturas periódicas de los medidores domiciliarios sirven para calcular los consumos unitarios y la entidad encargada de administrar el acueducto rural podrá llamar la atención e imponer multas a aquellos usuarios que sobrepasen los límites de consumo reglamentados. De esta manera es posible gravar los consumos suntuarios y castigar los desperdicios del agua.
- La macromedición en conjunto con la micromedición permiten detectar las pérdidas de agua en los diversos sectores donde se cuente con macromedidor. Es una herramienta importante para determinar el grado de pérdidas y su posterior corrección.
- Permiten contar con información para revisar el cumplimiento de las obligaciones contenidas en las resoluciones de otorgamiento de las concesiones de agua para cada caso en particular.

### 2.4.11. Cálculos estructurales de los componentes del sistema de acueducto

Una vez definidos los diseños hidráulicos y geométricos de los diferentes componentes del sistema de acueducto a construir, se remitirán a un ingeniero especialista quien desarrollará los cálculos estructurales teniendo en cuenta las recomendaciones pertinentes contenidas en el Reglamento Técnico NSR – 98, o el que lo sustituya o modifique, en el cual se establecen los requisitos para construcciones sismorresistentes.

Este ingeniero presentará un informe en el cual quede constancia de los siguientes componentes:

- Calidades de los materiales.
- Cargas de diseño.
- Memorias de cálculo y metodología utilizada.
- Planos constructivos, despieces y cantidades de obra
- Cartillas de refuerzo estructural.
- Recomendaciones de construcción.

## 2.4.12. Determinación del sistema de tratamiento a implementar

Con el fin de seleccionar el tipo de tratamiento a realizar para garantizar la calidad del agua, de acuerdo con lo establecido en el artículo 103 de la Resolución 1096 de 2000, se debe utilizar el modelo computarizado de selección de tecnología y análisis de costos de potabilización - SELTEC<sup>8</sup>, que tiene aplicación entre 500 y 30.000 habitantes.

Para aquellas poblaciones de menos de quinientos habitantes, en donde el programa no permite trabajar con valores menores, se recomienda el ensayo de tratabilidad como alternativa para seleccionar el tipo de tratamiento.

Una vez determinado el tipo de tratamiento que se necesita, se procederá a diseñar el sistema de potabilización que sea más conveniente al proyecto desde el punto de vista de la inversión inicial hasta su operación por parte de la entidad encargada de administrar el acueducto rural.

En todos los casos, se debe garantizar el cumplimiento del Decreto 1575 de 2007 y de la Resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en relación con la calidad físico química y microbiológica del agua potable.

## 2.4.13. Generación de planos de localización, plantas, perfiles, diseños geométricos y estructurales de los diferentes componentes del acueducto

Se recomienda presentar a la entidad contratante los siguientes planos:

Plano de Localización del proyecto. En él debe aparecer la totalidad del proyecto en planta, con la localización de los componentes más relevantes como la captación, el desarenador, las líneas de aducción y conducción, la planta de potabilización, los tanques de almacenamiento y las redes de distribución hasta los usuarios finales.

Debe contener curvas de nivel cuando la información lo permita, así como los accidentes topográficos, quebradas, ríos, vías y centros poblados; todo dentro de una cuadrícula de coordenadas, la dirección del norte, escala del dibujo y cuadro de convenciones.

Planos de planta y perfil. Deben contener información detallada en la escala apropiada de la línea de acueducto en planta y en perfil, en los que se deben indicar:

- Estructuras de captación, desarenador, tanques, cámaras de quiebre de presión.

8 “SELTEC: El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento presenta el Seltec, modelo conceptual para aplicar en selección de tecnología y análisis de costos en sistemas de potabilización de agua. Seltec está soportado por su respectivo programa de computador y debe ser utilizado como una herramienta clave para obtener soluciones sostenibles en potabilización, y además incrementar la cobertura de suministro de agua de buena calidad en comunidades pequeñas y medianas.”  
Fuente: [www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co).

- Especificación de las tuberías, caudal, diámetro, material y resistencia.
- Localización de válvulas de cierre, purgas, ventosas y demás accesorios.
- Cuadrícula de coordenadas.
- La dirección del Norte.
- Abscisado de las líneas de acueducto.
- Información de los usuarios.
- Curvas de nivel.
- Escala del plano.
- Cuadro de convenciones.

Diseños geométricos y estructurales. Deben contener la información a nivel de plano constructivo de las diferentes estructuras. En ellos se deben especificar las medidas de los diferentes elementos, cotas de terreno y de las estructuras, especificaciones de los accesorios, distribución de hierros, despieces, convenciones y escala de dibujo en todos los cortes que se requieran para garantizar el entendimiento de los esquemas. Es recomendable anexar modelos tridimensionales de las estructuras con el fin de visualizar con facilidad el producto esperado.

## 2.4.14. Determinación de cantidades de obra y presupuesto de construcción del sistema de acueducto rural

Una vez diseñados los diferentes componentes del sistema, el diseñador procederá a evaluar las cantidades de obra para la construcción de cada uno de los elementos del acueducto; hará los análisis de precios correspondientes y elaborará el presupuesto para la construcción de la totalidad de las obras del sistema de acueducto rural.

Además del presupuesto de inversión inicial es recomendable elaborar un presupuesto de operación y mantenimiento acorde con los manuales que para tal fin se deriven del diseño concebido.

Con esta información es posible estimar las tarifas en las cuales se incurriría para amortizar el proyecto, realizar el análisis frente a los resultados de los estudios de capacidad de pago y de disponibilidad a pagar por parte de la población que se va a beneficiar y determinar si se requieren subsidios o acciones que permitan garantizar la sostenibilidad del sistema.

## 2.4.15. Generación de informes

El diseñador deberá presentar a la entidad contratante como mínimo los siguientes documentos:

### 2.4.15.1. Memorias de cálculo

Es el documento en el que se plasmará el proceso de diseño, determinación de la población, dotación y demanda en el horizonte del proyecto, selección de alternativas, diseños hidráulicos, geométricos y estructurales de la captación, el desarenador, tanques, planta de potabilización, cámaras de quiebre de presión, líneas de aducción, conducción y redes de distribución. Deberá contener además la información de topografía, censos, análisis de laboratorio, memoria de cálculos hidráulicos, cantidades de obra y presupuesto.

En el desarrollo del documento se deben plasmar los criterios adoptados por el ingeniero diseñador, con las fórmulas de diseño hidráulico y explicación del porqué de la localización de las estructuras y la distribución de las redes.

### 2.4.15.2. Especificaciones técnicas

El documento de especificaciones técnicas contendrá las calidades de cada uno de los componentes a suministrar o construir, las normas técnicas colombianas, los reglamentos técnicos que se deben cumplir y las unidades de medida con las que se establecerá el proceso de construcción de las obras.

Entre más detalladas y claras sean las especificaciones técnicas habrá más garantía para que no se desmejoren las características de los materiales, resistencias y demás requisitos que necesita el proyecto de acueducto rural para su funcionamiento y duración.

Se pueden tener en cuenta las especificaciones técnicas existentes de las personas prestadoras del servicio de acueducto de la región ajustándolas a las necesidades específicas del proyecto.

Se deben presentar como mínimo las especificaciones técnicas correspondientes a los siguientes componentes:

- Aspectos ambientales.
- Actividades preliminares.
- Manejo y control de aguas durante la construcción.
- Excavaciones.
- Rellenos.
- Suministro de tuberías.
- Instalación de tuberías.
- Retiro de sobrantes.
- Concretos.
- Acero de refuerzo.
- Mampostería.
- Suministro de accesorios, piezas especiales y sistemas de válvulas para redes de distribución de acueducto.
- Pruebas hidrostáticas y desinfección de tuberías.
- Acometidas domiciliarias.
- Suministro de medidores o válvulas reguladoras de caudal.

### 2.4.15.3. Manuales de operación y mantenimiento

Los manuales de operación y mantenimiento son una herramienta esencial para la persona prestadora del servicio de acueducto rural, así como para las personas encargadas de las actividades de operación y mantenimiento del sistema.

Dichos manuales serán una guía para las personas encargadas de la operación y mantenimiento de los diferentes componentes del sistema. En ellos aparecerán de manera detallada las diversas actividades a realizar con el fin de proteger el sistema y garantizar el funcionamiento y el servicio a los usuarios, así como la cantidad y el tipo de personal requerido. Con base en esta información se recomienda la elaboración del presupuesto de operación y mantenimiento mencionado en el capítulo anterior.

Se pueden consultar las herramientas con que cuenta el Viceministerio de Agua y Saneamiento del MAVDT para el manejo de sistemas de acueducto, entre las cuales se destaca el Manual de fontanería rural, documento que presenta las diversas actividades a realizar por los fontaneros de manera didáctica y como complemento para la operación del acueducto.

### 2.4.15.4. Aspectos de la puesta en marcha: operación y mantenimiento

Una vez terminadas las obras, para poner en marcha, operar y mantener el sistema de acueducto rural, se deberán tener en cuenta para cada uno de los componentes, aquellos aspectos y verificaciones relacionados en los numerales B.6.5, B.6.6 y B.6.7 del Título B del Reglamento de Agua y Saneamiento – RAS Sistemas de Acueducto. Es importante primero que todo desinfectar las tuberías y estructuras en contacto con el agua, antes de poner el acueducto en funcionamiento, siguiendo las recomendaciones del numeral B.7.8.9 del Título B antes mencionado.

A continuación y después de drenar el agua usada para la desinfección, se debe empezar a llenar la red a partir de la planta de tratamiento en un plan coordinado de apertura de válvulas y ventosas y cierre de purgas. Después se deben verificar los caudales de operación, realizar pruebas hidrostáticas, revisar la operación de las válvulas, la instrumentación que se haya instalado y entregar con la debida capacitación los manuales de operación y mantenimiento al fontanero, los cuales le servirán como ayuda para ejecutar su labor diaria.

Con respecto a la comunidad usuaria, es importante que la persona prestadora encargada de la operación del sistema de acueducto rural, adelante las campañas educativas de que trata el artículo 12 de la Ley 373 de 1997 con el fin de concientizarla en el propósito de hacer uso racional y eficiente del agua que se suministra, insistiendo y verificando permanentemente que el agua se use únicamente para uso doméstico.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



# 3. JUSTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO NO CONVENCIONALES PARA LA ZONA RURAL NUCLEADA

## 3.1. Alcance

En el presente capítulo se establecen las condiciones y requisitos para la justificación de los sistemas de alcantarillado sanitario no convencionales para evacuación de aguas residuales domésticas, relacionados en el literal D.1.6.1.2 del Reglamento de Agua y Saneamiento – RAS como sistemas alternativos: alcantarillados simplificados, alcantarillados condominiales y alcantarillados sin arrastre de sólidos – ASAS. La definición y estimación de los parámetros que deben considerarse en los respectivos procesos de diseño se tratarán en los siguientes 4 capítulos, cada uno de los cuales trata por separado las alternativas mencionadas.

*Los alcantarillados no convencionales se originaron por dos razones básicas: por reacción contra los altos costos del alcantarillado convencional y por el interés de las Naciones Unidas en 1976 de crear tecnologías alternativas para vivienda y servicios domiciliarios como solución a los problemas debidos a la migración mundial del campo a las ciudades. Hacia 1975 se propuso en Brasil el alcantarillado simplificado inicialmente llamado "redes de esgotos simplificados" (RES) y en español "redes de alcantarillado simplificado". El Banco Mundial promovió la creación entre 1980 y 1982 del alcantarillado condominial en Brasil y el alcantarillado sin arrastre de sólidos, ASAS, en Colombia. Por este interés en sistemas alternativos se divulgó información sobre sistemas poco conocidos, similares a alcantarillados decantados, construidos antes de 1975 en Australia, Zambia y Estados Unidos.*

## 3.2. Objetivo

El principal objetivo que justifica la implantación de sistemas de alcantarillado sanitario no convencional, es lograr la universalización del servicio de alcantarillado al ofrecer a las poblaciones de bajos ingresos y aun a comunidades económicamente pudientes, una solución efectiva y de bajo costo para la recolección y evacuación de las aguas residuales domésticas, permitiendo mejorar la cobertura de este servicio.



Alcantarillado ASAS en la vereda Cacicazgo de Suesca

Para la justificación del sistema de alcantarillado que se aplique, convencional o no, se deberán tener en cuenta las realidades colombianas y las características y condiciones físicas, sociales, culturales, económicas, ambientales e institucionales de las diferentes regiones del país y de los estratos socioeconómicos, así como las características específicas de la localidad y la comunidad por servir.

## 3.3. Ventajas

Reducir costos de construcción ofreciendo una solución técnicamente adecuada. Los sistemas de alcantarillado no convencionales se basan en tecnologías apropiadas que permiten ahorros en agua y en varios aspectos de su construcción como excavaciones poco profundas, entibados de zanja sencillos, diámetros menores que los utilizados en los convencionales y reducción en la cantidad y tamaño de las estructuras de mantenimiento con base en las características propias de esas tecnologías y en la posibilidad de aprovechar las siguientes innovaciones:

1. Con los equipos especializados de succión, presión e inspección desarrollados en los últimos años, se facilitan considerablemente las labores de limpieza y mantenimiento en las zonas suburbanas de poblaciones de los niveles de complejidad del sistema medio



alto y alto permitiendo la construcción de cámaras o registros de inspección más espaciados y de menor tamaño o incluso su eliminación. En poblaciones de los niveles de complejidad del sistema Bajo y Medio, las labores de limpieza y mantenimiento se pueden llevar a cabo con equipos pequeños de bajo costo y fáciles de manejar, incluso por organizaciones de tipo comunitario.

2. Con el uso de computadores y de los actuales programas de diseño se puede llegar a cálculos más confiables y más precisos para las condiciones hidráulicas de autolimpieza.
3. Para los alcantarillados que se diseñan como el convencional, con base en caudales por unidad de área y factores pico, con la adopción de periodos de diseño que no excedan los 20 años, se puede reducir considerablemente el costo inicial de la inversión al poder dimensionarlos con los caudales de la primera etapa de un convencional, garantizándose de esta manera las condiciones de autolimpieza desde un principio con diámetros más pequeños. En otras palabras, cuando los periodos de diseño son demasiado largos, el flujo de las alcantarillas estará por muchos años por debajo del caudal de diseño generando un lucro cesante. La circunstancia anterior no se da en el alcantarillado sin arrastre de sólidos – ASAS que se presenta en el capítulo J.6, porque su metodología de diseño se basa en el número más probable de viviendas que estén descargando el máximo caudal posible de cada una.
4. Tuberías con uniones elásticas herméticas a la exfiltración e infiltración de aguas subterráneas.

### 3.4. Condiciones de uso y manejo

Para que estas tecnologías alternativas de saneamiento sean eficientes y seguras, no se requieren necesariamente condiciones de uso más restrictivas que las de los alcantarillados convencionales, ni cambio en los hábitos de uso del agua ni en las prácticas de aseo personal y doméstico de los usuarios. Lo que sí es muy importante para todos los tipos de alcantarillado es que conozcan los requerimientos de operación y mantenimiento para que exijan un manejo adecuado a los operadores de estos sistemas en especial en los casos en que este manejo corra por cuenta de la comunidad. Lo anterior implica un trabajo de movilización, de acciones educativas, de participación y de organización de la comunidad y con los operadores y las autoridades administrativas y ambientales.

Los alcantarillados sanitarios no convencionales requieren mucha mayor definición y control de las contribuciones de aguas residuales dada su

mayor rigidez en cuanto a posibilidad de prestación de servicio a futuros usuarios no previstos, o a incrementos en la densidad de población.

Bajo ningún aspecto permiten el ingreso de aguas lluvias, ya sea desde las instalaciones internas de las viviendas o desde sumideros en las vías ni tampoco contribución de agua freática a la tubería, por lo que se impone el uso de tuberías con uniones de sello elástico hermético.

## 3.5. Necesidad de la solución

Cuando surge la necesidad de proveer con el servicio de alcantarillado sanitario a una comunidad presente o futura que reside o residirá en una urbanización de vivienda concentrada en zona rural, que está o estará dotada del servicio domiciliario de acueducto, pero que posee unas características específicas de ingresos que no posibilitan la construcción de un alcantarillado convencional por su alto costo, es preciso identificar soluciones costo-efectivas que permitan extender los beneficios del saneamiento a esta comunidad.

Esa necesidad está asociada a uno o más de los siguientes problemas:

- La comunidad tiene o tendrá servicio domiciliario de acueducto pero carece de alcantarillado sanitario.
- Las soluciones individuales de saneamiento existentes ya cumplieron su ciclo de vida y saturaron el suelo o resultan más costosas y más difíciles de operar y mantener que las soluciones colectivas.
- Resolver un problema de salud pública, del medio ambiente y de bienestar social.
- Atender la población migrante ubicada en asentamientos informales.
- Satisfacer la necesidad de saneamiento de la población rural nucleada, especialmente en los sitios donde se origina la migración.

## 3.6. Justificación socioeconómica

Cuando se trate de proyectos para poblaciones con cualquier nivel de complejidad, la aceptación de un sistema de alcantarillado convencional o no convencional, debe estar completamente justificada por la entidad ejecutora del proyecto con argumentos técnicos, financieros, institucionales, de desarrollo urbano, pero sobretodo con la evaluación socioeconómica de que trata el capítulo A.8 del Título A del Reglamento de Agua y Saneamiento – RAS “Aspectos Generales de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico”.



Pozo de inspección en la construcción de un alcantarillado en Arauca

Esta entidad ejecutora deberá levantar información sobre capacidad de pago y disponibilidad a pagar de la población por beneficiar con el servicio de alcantarillado sanitario. La Guía RAS – 004 “Evaluación Económica de Proyectos de Acueducto y Alcantarillado”, contiene orientaciones para realizar estos estudios. Particularmente en su numeral 3.1.1 recomienda llevar a cabo una encuesta diligenciando los formularios del anexo número 1, los cuales aplican para proyectos de acueducto y alcantarillado en zona urbana o zona rural. El diseño para el tamaño de la encuesta, así como el análisis de los resultados, su interpretación y el propósito económico que se persigue con esta caracterización, están contenidos en la misma guía.

## 3.7. Promoción de las soluciones no convencionales

La entidad ejecutora del proyecto de alcantarillado sanitario convencional o no convencional, deberá tener claro que para su adaptación se requiere de todo un plan de divulgación y promoción con las autoridades administrativas, con funcionarios de los niveles nacional, departamental y local comprometidos con la solución y sobre todo con la comunidad.

### 3.7.1. Con las autoridades

Para la adopción de los sistemas de alcantarillado no convencionales, a la autoridad municipal se le debe dejar claramente establecido que con este tipo de solución no solamente se busca reducir costos, sino resolver un problema de salud pública, del ambiente y de bienestar social. Para que se cumplan estos objetivos deberán, al igual que para el alcantarillado convencional, hacer cumplir

rigurosa y permanentemente los procedimientos de mantenimiento y uso recomendados por el diseñador, con el fin de garantizar una operación continua e ininterrumpida del servicio. La autoridad municipal debe asegurar la prestación eficiente del servicio y en ella recae la responsabilidad de apoyar y sostener las inversiones.

### 3.7.2. Con la comunidad

Independientemente de sus particularidades sociales, culturales y económicas, es decir, ya sean campesinos, indígenas o afrocolombianos, la comunidad es quizás la más importante a tener en cuenta cuando se entre a evaluar y justificar un proyecto de alcantarillado, convencional o no convencional. La aceptación por parte de la comunidad de alguna de estas tecnologías es fundamental, ya que la incorporación de estos sistemas a la vida de todos los habitantes requiere del cambio de hábitos y conductas de la población en lo que respecta a la higiene personal, el uso del agua y el manejo, tratamiento y destino de las aguas residuales domésticas.

Es esencial que haya participación ciudadana y que el proyecto de alcantarillado tenga aceptación social, toda vez que, como ya se dijo, su uso no implica cambios culturales y restricciones en su utilización al compararlo con el alcantarillado convencional pero si puede haber diferencias en la operación y el mantenimiento. Es importante presentarle a la comunidad una variedad de opciones técnicas y niveles de servicio explicando claramente los pros y contras de cada una, sus respectivos costos y los mecanismos de su participación en estos, pero sobre todo que no se trata de soluciones de “segunda clase”.

Por eso es determinante la forma como se divulgue, se justifique y se promueva el proyecto con la comunidad, la cual debe decidir sobre los siguientes aspectos:

1. Si aceptan o no el proyecto de alcantarillado, convencional o no, por sus características y sus costos de construcción y de operación y mantenimiento.
2. Sobre la tecnología y los niveles de servicio que desean, según su disponibilidad de pago.
3. Sobre cuándo y cómo se presta el servicio.
4. Sobre cómo funciona y se mantiene el servicio desde el interior de la vivienda hasta el tratamiento y el vertimiento finales.

## 3.8. Priorización

La priorización de todo proyecto bajo este esquema deberá ser efectuada y demostrada de acuerdo con lo estipulado en el articulado de los capítulos IV Identificación y Justificación de los Proyectos y V Priorización de Proyectos de la

Resolución 1096 de 2000, por la cual el MAVDT adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua y Saneamiento – RAS.

## 3.9. Definición de los alcances del proyecto

Se deben determinar el área a servir, el tipo de servicio que se espera ofrecer al usuario final, las cotas altimétricas y el perímetro de servicio del proyecto de alcantarillado sanitario. Así mismo se deben identificar los recursos financieros que la entidad contratante (Nación, departamento, municipio o comunidad o prestador del servicio, entre otros) tiene disponible para invertir inmediatamente en la ejecución del proyecto.

Se tendrán en cuenta en este ítem el punto o puntos de disposición final, ya sea a un alcantarillado convencional o a una fuente y en este caso el tipo de tratamiento antes de su vertimiento. Igualmente se establecerán las etapas en las cuales se realizará el proyecto hasta su terminación.

## 3.10. Marco legal

Los procesos de formulación y diseño del proyecto se ceñirán a lo establecido en especial en los artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 51, 52, 204, 205, 207, 208, 209 y el paso 4 – Acciones Legales, del artículo 10 de la Resolución 1096 de 2000 y la normativa ambiental vigente.

## 3.11. Aspectos institucionales

La Ley 142 de 1994 establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y es el marco dentro del cual se deben constituir y se aplica a las personas prestadoras del servicio de alcantarillado.

Cuando el proyecto no sea desarrollado por un ente prestador ya consolidado, una vez adelantados los estudios y diseños se debe determinar cuál entidad territorial será la encargada de la ejecución de las respectivas obras, así como de la posterior administración y operación del sistema de alcantarillado sanitario no convencional, de manera que se garantice la sostenibilidad de las inversiones y se mantenga la integridad del proyecto.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



## 4. ALCANTARILLADOS SIMPLIFICADOS

### 4.1. Alcance

Este capítulo tiene por objeto explicar la concepción de la tecnología, las razones para su implementación y establecer las condiciones para la definición y estimación de los parámetros de diseño que deben considerarse en el proceso de justificación y diseño de sistemas de alcantarillado simplificados para recolección y evacuación de aguas residuales domésticas.

### 4.2. Identificación y justificación de la alternativa

Las autoridades territoriales que promuevan y desarrollen inversiones para dar solución a sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas en la zona rural, deberán identificar claramente los procedimientos o tecnologías apropiadas aplicables a su entorno regional, después de haber descartado como viables los sistemas convencionales. La alternativa tecnológica con sistema de alcantarillado simplificado debe justificarse con base a los condicionamientos del capítulo J.3, después de considerar otros sistemas no convencionales.

### 4.3. Concepción del modelo

Las redes de alcantarillado sanitario simplificado están formadas por un conjunto de tuberías, equipos y accesorios que tienen la finalidad de recolectar y transportar los desagües de las viviendas para su disposición final, ya sea en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) o mediante interconexión a un alcantarillado convencional. Los alcantarillados simplificados difieren de los convencionales en la simplificación y minimización del uso de materiales y en los criterios de construcción que los hace asequibles a las comunidades de bajos ingresos que normalmente se beneficiarán con el sistema.

Reducen costos en tres formas: 1) por reducción del diámetro de la tubería; 2) por eliminación o reducción de las cámaras de inspección las cuales son sustituidas con accesorios de inspección y limpieza de menor tamaño; y 3) por menor profundidad de redes incluso en vías vehiculares.

Hidráulicamente se diseñan bajo las mismas suposiciones de flujo en régimen permanente y uniforme de los convencionales y a partir de las conexiones

domiciliarias. En lo posible se debe hacer uso de herramientas computacionales que incluyan como mínimo un análisis de flujo gradualmente variado.

Las principales diferencias conceptuales de los alcantarillados simplificados con los convencionales son las siguientes:

1. Debido a que su trazado se hace por los andenes o las zonas verdes de éstos, su profundidad de excavación es reducida al mínimo permitido en estas áreas públicas. Esto exige que en la mayoría de los casos sea necesario instalar tramos dobles, es decir, uno por cada andén y que en los cruces de calzadas y en la entrada de garajes sea necesario recubrir estructuralmente la tubería para protegerla del peso de los vehículos.
2. Se pueden construir por etapas. Los periodos de diseño se establecen de acuerdo con la Resolución 2320 de 2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; sin embargo las obras se construyen de forma que haya equilibrio entre el dimensionamiento de las obras para atender las necesidades de la población y los costos que puedan asumir.
3. Se dimensiona de acuerdo con el consumo per cápita y a las condiciones socioeconómicas de la población.
4. La sedimentación en las tuberías se controla con el concepto de fuerza de arrastre, que resulta más práctico que controlar la sedimentación a través del criterio de una velocidad mínima nominal.
5. Requiere menos pozos de inspección y el costo de construcción de estas estructuras es reducido debido a su poca profundidad. También se pueden usar accesorios de inspección y mantenimiento.
6. Utiliza tuberías con uniones elásticas herméticas a fin de disminuir la infiltración del agua subterránea hacia el interior.
7. La condición de lámina máxima de agua debe ser menor o igual que el 85% del diámetro, a fin de no aumentar éste y permitir la libre circulación de gases.
8. El diámetro mínimo aceptable es de 100 mm (4”).

## 4.4. Condiciones para la aplicación del modelo

Los alcantarillados sanitarios simplificados son una solución costo efectiva para:

1. Futuras urbanizaciones o asentamientos ya establecidos de los niveles de complejidad del sistema bajo o medio con densidad de población igual o mayor a 100 habitantes por hectárea, localizados en terrenos de ladera con pendiente mínima superior



- al 1%, en donde la mayoría de las vías son peatonales o se dificulta el acceso de los equipos de limpieza.
2. Futuras urbanizaciones o asentamientos ya establecidos de uso exclusivo de vivienda de los niveles de complejidad medio alto y alto con densidad de población igual o mayor a 300 habitantes por hectárea, localizados en terrenos de ladera con pendiente superior al 1%, en donde la mayoría de las vías son peatonales o se dificulta el acceso de los equipos de limpieza.
  3. Asentamientos suburbanos o rurales de población nucleada donde la permeabilidad del suelo hace imposible la infiltración de los efluentes de sistemas de tratamiento y disposición in situ.
  4. Los alcantarillados simplificados no son recomendables en áreas donde el terreno es demasiado plano, es decir, con pendientes de drenaje inferiores al 1%. Si los asentamientos actuales o las futuras urbanizaciones en este tipo de terrenos tienen o van a tener condiciones favorables de accesibilidad para los equipos de limpieza, la solución recomendable sería la de los alcantarillados sin arrastre de sólidos (ASAS).

## 4.5. Trazado de la red y sus componentes

Ante todo es necesario definir el área del proyecto y cuáles serán las unidades mínimas de diseño en función de la operación hidráulica del alcantarillado, teniendo claramente establecido que será únicamente para recolección y evacuación de aguas residuales domésticas. Con el fin de optimizar la longitud y profundidad final de los colectores se deben analizar varias alternativas de trazado. De esta manera se reducirá el suministro de tuberías y el volumen de excavación con la consiguiente disminución de los costos de construcción.

Los componentes del alcantarillado simplificado, son:

### 4.5.1. Conexiones domiciliarias

Recogen las aguas negras y las residuales domésticas provenientes de la instalación sanitaria interna de las viviendas y se conectan a la red principal del alcantarillado mediante semicodo y yee. Es conveniente dejar un registro o caja de inspección antes de la conexión para efectos de mantenimiento. El diámetro interno mínimo es de 75 mm (3").

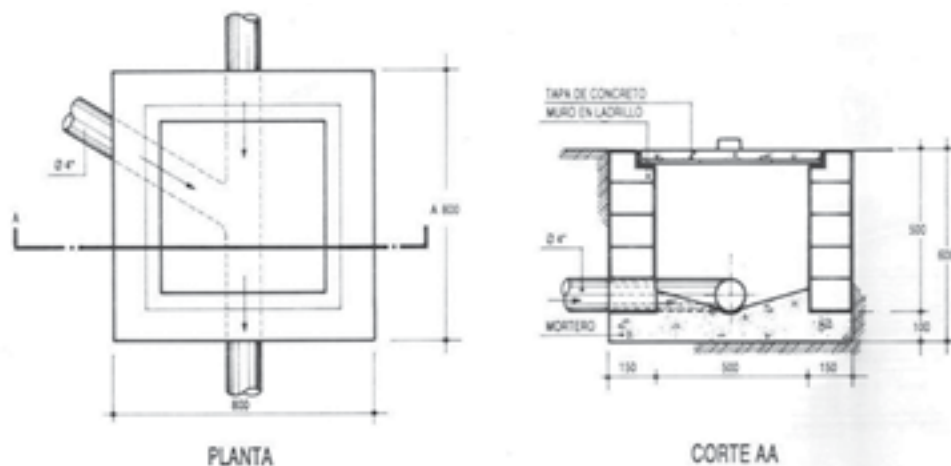
## 4.5.2. Red de alcantarillado simplificado

Se instala a lo largo de los andenes y tiene como finalidad recolectar y transportar el agua proveniente de las conexiones domiciliarias hasta el punto de disposición. El diámetro interno mínimo es de 100 mm (4").

## 4.5.3. Accesorios de inspección y limpieza

Se trata de estructuras más simples y de menor costo que los pozos de inspección de los alcantarillados convencionales, ya que con los nuevos equipos mecánicos para limpieza de alcantarillados no es necesario que un trabajador baje por un pozo de registro para labores de inspección y mantenimiento. Dependiendo del tipo de equipo de limpieza que se tenga previsto, por ejemplo rotasondas mecánicas, estos dispositivos pueden ser cajas cuadradas de ladrillo como la indicada en el esquema a continuación o tubos prefabricados de concreto de diámetro variable con su respectiva tapa a nivel del andén. Por eso es necesario que para todo proyecto de alcantarillado simplificado se tenga una descripción de los equipos de limpieza que se van a usar con sus especificaciones técnicas para de esta manera diseñar estos accesorios y definir su distanciamiento.

Figura J.4.1 Esquema de una caja de inspección de ladrillo con tapa de concreto



## 4.5.4. Interconexión a sistemas convencionales

Siempre que exista algún sistema convencional aledaño capaz, y que facilite la interconexión, la manera más simple de hacerla es a través de un pozo de inspección ya existente o construyendo uno nuevo intercalado en el tramo receptor.

## 4.6. Criterios y parámetros para el diseño

### 4.6.1. Velocidades

En conductos circulares, la velocidad mínima considera el caudal máximo horario para las condiciones iniciales de operación y la velocidad máxima se calcula para el caudal máximo horario al final del periodo de diseño. Las velocidades de flujo para los caudales estimados deben ser:

- Velocidad mínima: 0,40 a 0,50 m/s
- Velocidad máxima: 4,5 a 5,0 m/s

### 4.6.2. Tensión de arrastre

Para calcular la velocidad óptima en las tuberías de la red de alcantarillado simplificado teniendo en cuenta su configuración y la sección mojada del conducto, se debe considerar el criterio de la tensión de arrastre que es el esfuerzo cortante ejercido por el líquido sobre el colector y sobre el material en él depositado. Para que no se presente sedimentación en las tuberías, el valor de la fuerza de tracción mínima debe ser de 0,15 kg/m<sup>2</sup> para la remoción de partículas de hasta 2,0 mm de diámetro.

Cuando no se desee diseñar con el criterio de tensión de arrastre, puede evitarse la sedimentación controlando la velocidad de flujo real y no la velocidad nominal o a tubo lleno fijándola en un valor superior a 0,40 m/s.

### 4.6.3. Diámetros mínimos en los alcantarillados simplificados

Para los tramos iniciales de un alcantarillado simplificado en comunidades pequeñas se puede considerar el uso de tuberías con diámetro interno mínimo de 100 mm (4"), en longitudes máximas de hasta 400 metros sirviendo hasta 50 viviendas. Para las conexiones domiciliarias se puede usar tubería de 75 mm (3") de diámetro como mínimo. En zonas residenciales se recomienda adoptar 150 mm (6") como diámetro mínimo de las tuberías colectoras de alcantarillado sanitario y 100 mm (4") para las conexiones domiciliarias.

### 4.6.4. Caudales mínimos de diseño

En los tramos iniciales de colectores pequeños se recomienda usar un valor de 1,5 l/s como el flujo simultáneo mínimo.

### 4.6.5. Pendiente de las alcantarillas

La pendiente mínima que se debe adoptar para autolimpieza no depende directamente del diámetro de los colectores, sino del flujo que transporta. Una tubería de diámetro pequeño se mantendrá más limpia que una tubería más grande colocada con la misma pendiente. La mejor manera de determinar la pendiente mínima de un colector es aplicar la expresión hidráulica:

$$S = \frac{\tau}{\gamma R}$$

Formula J.4.1

Donde:

S = pendiente mínima

$\tau$  = esfuerzo cortante medio en N/m<sup>2</sup>

$\gamma$  = peso específico del agua residual en N/m<sup>3</sup>

R = es el radio hidráulico en m

### 4.6.6. Profundidad del flujo en las tuberías

Se deben diseñar bajo la condición de lámina de agua máxima del 85% del diámetro y mínima del 20% del diámetro. De este modo se hace el mejor uso posible de las tuberías del alcantarillado lográndose las dos condiciones de velocidad mínima y máxima.

### 4.6.7. Profundidad de instalación de las tuberías

En los tramos iniciales la profundidad mínima de instalación de las tuberías debe ser suficiente para permitir que todas las conexiones domiciliarias de las viviendas puedan drenar con fluidez. En los andenes, en las zonas verdes de los andenes y en las calles peatonales la cobertura mínima es de 0,60 m y bajo el pavimento de la calle esta cobertura mínima debe ser de 1,00 m, a menos que se use un recubrimiento de protección que evite su aplastamiento.



# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



## 5. ALCANTARILLADOS CONDOMINIALES

### 5.1. Alcance

Este capítulo tiene por objeto explicar la concepción de la tecnología, las razones para su implementación y establecer las condiciones para la definición y estimación de los parámetros de diseño que deben considerarse en el proceso de diseño de sistemas de alcantarillado condominial para recolección y evacuación de aguas residuales domésticas.

### 5.2. Identificación y justificación de la alternativa

Las autoridades territoriales que promuevan y desarrollen inversiones para dar solución a sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas en la zona rural de población nucleada, deberán identificar claramente los procedimientos o tecnologías apropiadas aplicables a su entorno regional, después de haber descartado como viables los sistemas convencionales. La alternativa tecnológica con sistema de alcantarillado condominial debe justificarse con base en los condicionamientos del Título D del RAS “Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Aguas Lluvias”, después de considerar otros sistemas no convencionales.

### 5.3. Concepción del modelo

El sistema condominial de alcantarillado es una solución eficiente y económica para alcantarillado tipo separado, desarrollada en Brasil en la década de 1980 y de aplicación creciente en varios países latinoamericanos. En Colombia ha venido siendo aplicada en condominios campestres con algunas variantes técnicas, pero con la misma función social y ecológica de la propiedad y los mismos principios de convivencia pacífica y solidaridad social orientadores de la Ley 675 de 2001 que regula el Régimen de Propiedad Horizontal. Aquí cada manzana o conjunto de casas delimitada por calles o vías peatonales se considera como si fuera la proyección horizontal de un edificio de apartamentos. El alcantarillado condominial recoge las contribuciones de las viviendas con uno o varios tramos de tubería privada que finalmente se conectan a la red local o pública de alcantarillado sanitario convencional o simplificado en un pozo de inspección.

En el sistema convencional, cada predio con frente al alcantarillado se considera como usuario y está servido a través de una conexión domiciliar individual. En el sistema condominial el usuario pasa a ser parte de un conjunto de unidades unifamiliares o multifamiliares que conforman un condominio con una conexión a la red local de alcantarillado sanitario. Aquí el usuario es el condominio.

Las características técnicas del sistema de alcantarillado condominial dan sustentabilidad y gran capacidad de adaptación a las más diversas situaciones físicas y condiciones socio-culturales favoreciendo su aplicación en asentamientos informales de población desplazada o migrante ubicados en la periferia de las grandes ciudades colombianas. También en aquellos municipios que tienen un considerable rezago en la cobertura de alcantarillado o ausencia total de este servicio domiciliar o en aquellos asentamientos rurales de población nucleada concentrada en caseríos o conjuntos de por lo menos 20 viviendas separadas por paredes, muros, cercas o huertas y donde no resulten más económicas y apropiadas las soluciones individuales *in situ*.

## 5.4. Trazado de la red y sus componentes

El enfoque del diseño de una red de alcantarillado condominial se basa ante todo en la identificación, mediante procedimientos topográficos y altimétricos, de las microcuencas donde están ubicadas o se ubicarán las manzanas o conjuntos de casas, con el fin de definir el perímetro y dimensionamiento más eficiente del condominio en función de su desagüe. Hay un cambio en la concepción del trazado de la red de alcantarillado condominial el cual busca aprovechar al máximo las pendientes del terreno para recoger la mayor cantidad de contribuciones individuales antes de su entrega al alcantarillado público o a un sistema de tratamiento de aguas residuales. Los componentes del alcantarillado condominial, son:

### 5.4.1. Red condominial

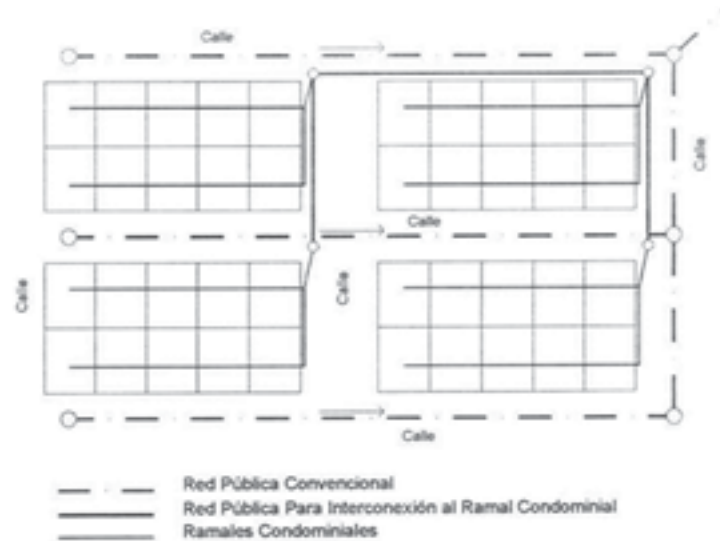
Es la tubería de alcantarillado sanitario ubicada a lo largo de andenes o antejardines, del fondo o la mitad de los lotes de una urbanización, la cual recolecta las contribuciones de aguas residuales domésticas de cada vivienda. Si se trata del diseño de una urbanización nueva que adopta esta tecnología, la red condominial podrá localizarse por el fondo o por el medio de los lotes, siempre y cuando la pendiente del terreno garantice una velocidad de arrastre que disminuya a futuro el riesgo de taponamientos y rebose dentro de los predios. Para el caso de adoptar esta solución en comunidades ya establecidas, el tendido



de la red condominial debe hacerse por la zona de los antejardines o en último caso por el andén.

Para ramales instalados por la acera se recomienda recubrirla en concreto en los sectores de tráfico vehicular en los cruces de calles o entradas a los garajes.

Figura J.5.1 Esquema de un alcantarillado condominial



## 5.4.2. Tramo o ramal condominial

La red condominial está constituida por tramos sencillos, o sucesivos de tuberías, o que siguen el contorno de una manzana, reciben las contribuciones individuales y finalmente descargan en la red local de alcantarillado sanitario. De esta manera el tramo o tramos de la red condominial exigen la mayor longitud sin representar ningún aumento en las longitudes de la red local de alcantarillado sanitario.

Los tramos están definidos por los registros o cajas de inspección y su longitud varía de acuerdo a la opción elegida.

TABLA J.5.1  
Longitudes usuales de los tramos condominiales de acuerdo a su ubicación

Tipo de tramo	Longitud máxima
Tramo condominial por el fondo del lote	25 m
Tramo condominial por el medio del lote	25 m
Tramo condominial por el antejardín	25 m
Tramo condominial por el andén	50 m

### 5.4.3. Registro o caja de inspección de los tramos condominiales

Es el dispositivo instalado para recibir la tubería de desagüe de la instalación sanitaria de cada vivienda, uno por cada lote y además sirve para la inspección de los tramos condominiales. Su concepción funcional es similar a la de los pozos de inspección de los alcantarillados convencionales. Se trata de un cilindro vertical prefabricado en plástico (PVC, poliuretano, polietileno, o plástico reforzado con fibra de vidrio), concreto simple, o construido in situ en ladrillo, en diámetros que varían de 0.45 m para profundidades de zanja hasta 0.90 m ó de 0.60 m de diámetro interno para profundidades entre 0.90 y 1.20 m. También se puede construir en mampostería de ladrillo con sección cuadrada de 0,45 x 0,45 m. Está destinado a conectar dos o más tramos condominiales y hace posible los cambios de dirección de éstos, pero su función principal es permitir las inspecciones y limpieza de las obstrucciones del alcantarillado. Lleva una tapa abisagrada, o ajustada al cilindro, la cual se coloca a nivel del andén o de la rasante del patio o antejardín y se instala sobre una base prefabricada o fundida en concreto.

### 5.4.4. Red local de alcantarillado sanitario o red pública

Está formada por los colectores que se ubican en la vía pública y recolectan los desagües de los ramales condominiales. Son en esencia la red del sistema de alcantarillado sanitario convencional, con la diferencia de que no recibe contribuciones a lo largo de la red. Las contribuciones son puntuales hechas a través de pozos de inspección.

Las redes principales de este alcantarillado son de propiedad del operador del sistema local de alcantarillado sanitario, el cual es responsable por su operación y mantenimiento.

## 5.5. Criterios para el diseño

Los pasos a seguir para el diseño de un alcantarillado condominial son los siguientes:

### 5.5.1. Delimitación del condominio

El condominio se debe delimitar por calles y/o vías peatonales de acuerdo con la cuadra urbana, pero teniendo siempre presente la pendiente del terreno y los límites de la microcuenca. El condominio se constituye en la unidad

básica para el diseño, participación de la comunidad, decisión y administración del sistema. La red de alcantarillado condominial es considerada como el componente privado del sistema cuyo mantenimiento es de responsabilidad de los usuarios.

## 5.5.2. Trazado de la red condominial

El trazado de la red de alcantarillado condominial se realiza después de la definición de cada condominio y está compuesto de planos preparados basándose en levantamientos topográficos de campo simplificados, es decir, con los detalles suficientes de planimetría y altimetría para la construcción de los tramos condominiales. Aquí se define por dónde se van a instalar los tramos condominiales: ya sea por el fondo del lote, por el antejardín o por el andén.

## 5.5.3. Requisitos mínimos de los tramos condominiales

### 5.5.3.1. Diámetro interno real mínimo

De acuerdo al artículo tercero de la Resolución 0668 del 19 de junio de 2003 por la cual el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial modifica el parágrafo del artículo 126 de la Resolución 1096/00 que adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento – RAS, el diámetro interno real mínimo permitido en las redes de recolección y evacuación de aguas residuales que utilicen alcantarillados tipo condominial podrá reducirse a 100 mm (4") para todos los niveles de complejidad del sistema.

Este diámetro puede utilizarse en los tramos iniciales de la red condominial y en los siguientes, siempre y cuando la fuerza de arrastre no sea inferior a 1,0 Pascal y la sección mojada no pase del 85% del diámetro. Esa condición también es válida para tamaños de 150 mm (6") y superiores.

### 5.5.3.2. Profundidad de los tramos

Deberá ser tal que permita recibir por gravedad el desagüe de la instalación sanitaria de cada vivienda, esté por debajo de la conexión predial del vecino garantizando que éste sea atendido y quede protegida contra el tráfico vehicular u otros impactos. Para obtener el menor volumen de excavación y siempre que sea posible, la pendiente de la tubería deberá ser igual a la del terreno, siempre y cuando se cumpla con el criterio de autolimpieza.

Los recubrimientos mínimos de la tubería para los tramos ubicados dentro de los lotes residenciales, por tratarse de áreas protegidas, es de 0.30 m; de 0.60 m para los ramales externos ubicados bajo las aceras públicas y de 0,85 m para la red principal que se instale por la calzada pública.

### 5.5.3.3. Material de las tuberías

El material utilizado para los tubos que conforman los tramos condominiales debe cumplir con los requisitos técnicos mínimos asociados con la aptitud para el uso y desempeño que deben cumplir los tubos y accesorios para instalaciones sanitarias y deben estar debidamente identificados en el rótulo y con el color de norma para evitar confusión con los tubos para uso de acueducto o para otros usos.

### 5.5.3.4. Elementos de inspección

Los elementos de inspección utilizados en las redes y tramos (o ramales) proyectados por el sistema condominial son:

#### 5.5.3.4.1. Cámaras o registros de inspección de los tramos condominiales

Son cilindros verticales de ladrillo pegado con mortero de 0,45 m de diámetro interno, siempre que la profundidad de la tubería sea de hasta 0,80 m. a partir de esta profundidad y hasta 1,20 m, deberán ser de 0,60 m de diámetro interno. También pueden ser de sección cuadrada de 0,45 m x 0,45 m interior, o de 0,60 x 0,60 m. para la profundidad mayor.

Las cámaras prefabricadas en polivinilo de cloruro (PVC) o concreto simple son más convenientes porque facilitan la ejecución de los trabajos principalmente en las obras realizadas con la utilización de mano de obra de la comunidad. En cualquiera de los dos casos se les coloca una tapa circular de PVC o concreto y el conjunto se instala sobre una base de concreto simple, la cual va conformada con cañuelas iguales al diámetro de la batea de los tubos.

Las cámaras o registros de inspección se instalan uno por cada lote, tienen distancias máximas entre sí de 25 metros cuando los tramos condominiales se instalan dentro del lote y como máximo cada 50 metros cuando el tramo condominial se instala por el andén. El material utilizado es comúnmente el tubo de concreto simple prefabricado al cual se le coloca una tapa circular de concreto.

#### 5.5.3.4.2. Cámaras de inspección para la red pública

Aquí, donde las profundidades de la red principal fluctúan entre 0,85 y 1,20 m se deben utilizar pozos o cámaras de inspección del diseño convencional construidas in situ o prefabricadas, de acuerdo con los parámetros de diseño del Título D del RAS “Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Aguas Lluvias”, en lo que se refiere a diámetro, profundidad y boca de acceso.

Estos pozos de inspección deben construirse en los siguientes casos:

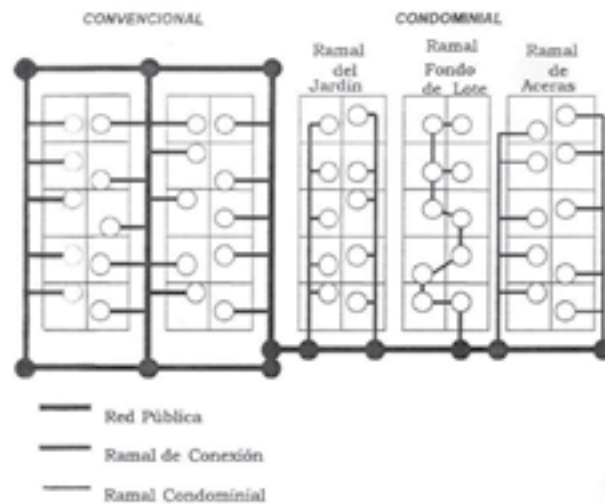
- En la unión de dos o más tramos de colectores públicos;
- En lugares de cambios de dirección y de pendiente del colector;
- A lo largo de la red principal, cada 100 m o fracción;
- En el inicio de la red principal.

Los pozos de inspección con caída o cámaras de caída se consideran estructuras especiales cuando la diferencia de nivel entre la tubería afluente y el fondo del pozo es mayor a 75 centímetros y su diseño debe seguir las consideraciones del Título D del RAS “Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Aguas Lluvias”, Cámaras de caída.

### 5.5.4. Red local de alcantarillado sanitario o red pública

Para el diseño de los tramos de la red local de alcantarillado sanitario o red pública se busca el trazado geométrico que aproveche la conformación de circuitos cerrados, con el propósito de compensar el flujo de los caudales y para su diseño se utilizarán los mismos parámetros hidráulicos señalados en el Título D del RAS “Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Aguas Lluvias”.

Figura J.5.2 Esquema de condominial empatando a convencional



## 5.5.5. PARÁMETROS DE DISEÑO HIDRÁULICO DEL ALCANTARILLADO CONDOMINIAL

### 5.5.5.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño del proyecto está relacionado con el tiempo previsto para que el sistema funcione antes de alcanzar la saturación. Se recomienda para este caso en particular adoptar el periodo de diseño para el sistema de redes

terciarias de acueducto, que es de 15 años para el nivel de complejidad bajo y de 20 años para el nivel de complejidad medio.

### 5.5.5.2. Cálculo de la población futura

La población actual del proyecto se estimará con base en información oficial del Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, pero adicionalmente el diseñador deberá verificar sobre la existencia de información de la población beneficiaria del proyecto, la cual puede obtenerse de las secretarías de planeación o de salud a nivel departamental o municipal, la UMATA o el comité de cafeteros.

Los estimativos de población futura deben basarse en los procedimientos indicados en el numeral B.2.2.4 del Título B del RAS, Sistemas de Acueducto. Para un mayor detalle se recomienda utilizar los métodos de cálculo para las proyecciones de población relacionados en el capítulo 2 de la Guía RAS 001 “Definición del nivel de complejidad y evaluación de población, la dotación y la demanda de agua”. Además del conocimiento de la población futura, el proyecto necesita conocer cuál es la posible distribución de la población.

### 5.5.5.3. Densidad de población

Para el cálculo de la población que será atendida en los proyectos de los sistemas condominiales, se adoptarán los valores para las condiciones actuales del asentamiento objeto del estudio. Un valor de referencia para proyectos de urbanización puede ser:

$$d = 6,0 \text{ hab./ lote unifamiliar}$$

Formula J.5.1

### 5.5.5.4. Caudales de diseño

El dimensionamiento del sistema debe ser realizado para dos situaciones:

- El caudal inicial para el año cero, que se calcula sobre las bases de datos y estudios del consumo de agua de la población.
- El caudal final estimado para la población al final del periodo del proyecto.

El dimensionamiento hidráulico de los conductos debe atender a los caudales máximos diarios (QMD) y horarios (QMH). Usualmente lo que se hace es estimar los caudales y recurrir a los mismos coeficientes de mayoración<sup>9</sup> empleados en los proyectos de sistemas de abastecimiento de agua, así:

- $K1 = 1.2$  que es el coeficiente del día de mayor consumo.
- $K2 = 1.5$  que es el coeficiente de la hora de mayor consumo.

Las redes son proyectadas para contribuir con los caudales domésticos y no domésticos (públicos, comerciales e industriales). Con los datos relativos

<sup>9</sup> Se aclara que los valores que se dan para  $K1$  y  $K2$  son típicos, pero pueden ser diferentes si están debidamente respaldados por una experiencia piloto.

de consumo de agua y de población, los caudales de aguas se determinan con las ecuaciones siguientes:

#### 5.5.5.5. Caudales domésticos ( $Q_{dom}$ )

Para el caso de habitaciones unifamiliares, y asumiendo un caudal de retorno de aguas residuales del 85%, el caudal máximo doméstico está dado por la fórmula:

$$Q_{dom, \text{máx}} = 0,85 \frac{q \times p \times K_1 \times K_2}{86.400} \quad \text{Formula J.5.2}$$

Donde:

$q$  = consumo de agua per cápita, en l/s;

$p$  = número de habitantes, en hab.;

$K_1$  = coeficiente del día de mayor consumo, adimensional;

$K_2$  = coeficiente de la hora de mayor consumo, adimensional.

#### 5.5.5.6. Caudales no domésticos ( $Q_{nod}$ )

En los casos de lotes de instituciones públicas, comerciales, escuelas, industriales y de otras instalaciones, se presentan consumos de agua más elevados que el doméstico. Éstos deben tener sus caudales cuantificados y considerados de forma puntual para efecto del dimensionamiento de la red principal.

Los caudales no domésticos se determinan en función a los consumos per cápita y para diferentes tipos de establecimientos.

#### 5.5.5.7. Caudales de diseño máximo y mínimo

Para la determinación de los caudales máximos diarios y horarios de diseño, se deben considerar los caudales domésticos y no domésticos.

#### 5.5.5.8. Cálculo hidráulico

Los tramos de alcantarillado sanitario condominial se calculan como conductos libres de sección circular para escurrir a 85% de la sección del caudal máximo horario al final del proyecto.

#### 5.5.5.9. Velocidad máxima

El límite máximo de velocidad evita la acción erosiva de partículas sólidas duras que puedan ser transportadas por las aguas residuales y depende del material de la tubería. Para tuberías de PVC la velocidad máxima permitida es de 5.0 m/s. Ésta se puede sobrepasar siempre que se mantenga la condición de lámina de agua máxima del 85% del diámetro.

En conductos circulares la velocidad máxima se calcula para el caudal máximo al final del periodo de diseño.

#### 5.5.5.10. Velocidad mínima

En conductos circulares la velocidad mínima debe calcularse considerando el caudal máximo al comienzo de la primera etapa y ésta no debe ser inferior a 0.45 m/s y debe estar acorde con el criterio de auto limpieza.

## 5.6 tratamiento de las aguas residuales domésticas

Para evitar las estructuras de transporte y bombeo entre microcuencas, éstas pueden ser substituidas por pequeñas unidades locales de tratamiento. Estas unidades utilizan tecnología sencilla y procesos biológicos para asegurar una forma racional y segura de devolución de los afluentes a los cuerpos receptores (ríos, riachuelos, arroyos, lagunas, etc.).

Los tipos de plantas de tratamiento más utilizados son:

- Conjuntos de pozos sépticos y filtros anaerobios de flujo ascendente;
- Reactores anaerobios de flujo ascendente;
- Lagunas anaerobias y/o facultativas.

La adopción de una u otra solución depende de factores como:

- Población total servida por el sistema;
- Disponibilidad de área;
- Riesgos de olores;
- Facilidad de manejo;
- Costo de construcción, operación y mantenimiento.

La adopción del sistema condominial, con la formación de microsistemas independientes de recolección y tratamiento de los desagües, permite la implantación de sistemas completos, resolviendo uno de los más graves problemas de saneamiento que es la contaminación del medio ambiente a través de las descargas en bruto de los sistemas de alcantarillado sanitario, en los cuerpos receptores.

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales requieren licencia ambiental o permiso de vertimiento, según el caso.





# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



## 6. ALCANTARILLADOS SIN ARRASTRE DE SÓLIDOS (ASAS)

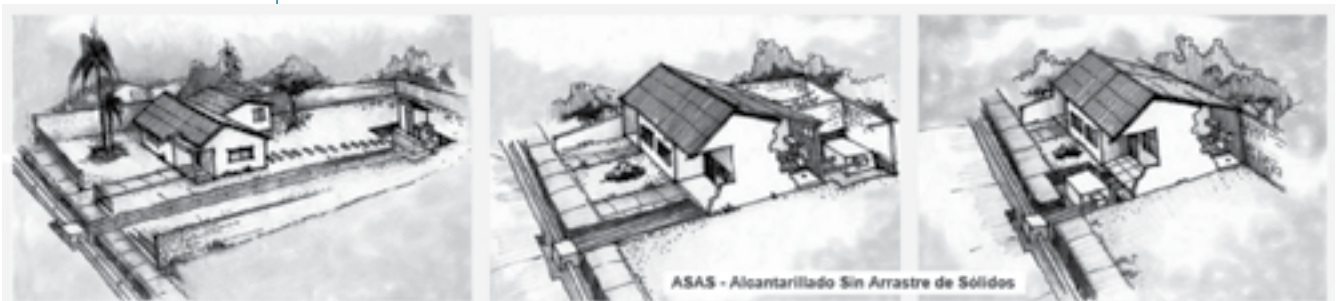
### 6.1 alcance

Este capítulo tiene por objeto explicar la concepción de la tecnología, las razones para su implementación y establecer las condiciones para la definición y estimación de los parámetros de diseño que deben considerarse en el proceso de justificación y diseño de sistemas de alcantarillado sin arrastre de sólidos (ASAS) para recolección y evacuación de aguas residuales domésticas.

#### 6.1.1. Breve descripción del sistema

El ASAS es una combinación de tanques interceptores de sólidos pequeños, unicamerales, uno en cada vivienda, localizados en los frentes o en el interior de los predios, donde lo escoja el usuario, que descargan a cajillas domiciliarias insertadas en redes para formar tramos cortos, instaladas generalmente a ambos lados de las vías, cerca de los paramentos de los predios, de pequeño diámetro, poca profundidad y bajas pendientes. En las viviendas que carecen de instalaciones internas el ASAS se complementa con unidades sanitarias económicas y suficientes para las necesidades básicas de higiene doméstica y personal y es de gran aceptación en comunidades de estratos bajos.

En la figura a continuación se muestran esquemas de los componentes típicos del ASAS y en la tabla del numeral J.6.5, la relación de los parámetros básicos de diseño y los valores correspondientes. Estos valores basados en las investigaciones y cálculos adelantados en 1981 y 1982 por el Ingeniero José Enrique Rizo Pombo, son el resultado de todo un proceso de razonamientos y deducciones basadas en investigaciones y análisis de diversos aspectos y variables que con algunos pequeños ajustes posteriores se han mantenido válidos para cualquier tipo de comunidad.



## 6.1.2. Antecedentes de su aplicación en Colombia

Este tipo de solución no convencional fue recomendado por el Banco Mundial al Departamento Nacional de Planeación en 1990 y posteriormente como proyecto piloto se diseñaron y construyeron con este sistema los alcantarillados del municipio de San Zenón y el corregimiento de Granada de Sincé (Sucre) que empezaron a operar en 1995. Posteriormente se diseñaron y construyeron alcantarillados ASAS en Tiquisio y Puerto Rico (Bolívar) sin que hasta el momento se hayan reportado inconvenientes en su operación. Recientemente y con la asesoría del Ingeniero José Enrique Rizo Pombo, se construyó y puso en operación un alcantarillado ASAS en la vereda El Cacicazgo del municipio de Suesca el cual está siendo monitoreado por la fundación Al Verde Vivo y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM para demostrar la aplicabilidad de esta tecnología en sitios de clima frío.

## 6.2. Identificación y justificación de la alternativa

Las autoridades territoriales que promuevan y desarrollen inversiones para dar solución a sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas en la zona rural de población nucleada, deberán identificar claramente los procedimientos o tecnologías apropiadas aplicables a su entorno regional, después de haber descartado como viables los sistemas convencionales. La alternativa tecnológica con sistema de alcantarillado sin arrastre de sólidos – ASAS debe justificarse con base en los condicionamientos del capítulo J.3, después de considerar otros sistemas no convencionales.

*Un requisito previo para la selección de esta tecnología es el aseguramiento de la disponibilidad permanente de equipos mecánicos para la extracción periódica de los lodos sedimentados en las cajas interceptoras que deben quedar ubicadas en la zona del andén cerca de la calle. También debe estar asegurada la disposición sanitaria de estos lodos en plantas de tratamiento de aguas residuales o en terrenos apropiados para ello. Los equipos más indicados para esta labor son los de succión – presión utilizados para el mantenimiento de los alcantarillados convencionales y que hoy en día prestan este servicio en muchas regiones del país. Es condición indispensable que estos equipos se puedan*

*mover y puedan circular con facilidad por las calles de la población, por lo que es importante considerar su tamaño y maniobrabilidad. No se recomienda la extracción manual de los lodos.*

## 6.3. Concepción del modelo

El alcantarillado sin arrastre de sólidos, ASAS, es una solución de bajo costo para asentamientos con condiciones físicas, sociales y económicas muy difíciles o para población rural nucleada que, además, propende por facilitar soluciones internas para aseo personal y doméstico que frecuentemente faltan en muchas viviendas, especialmente de escasos recursos, en zonas rurales y en áreas urbanas. Sin embargo, el ASAS es aplicable en conjuntos de condiciones menos severas.

El ASAS, tiene dos objetivos fundamentales: a) proveer una solución de saneamiento del menor costo posible incluyendo las soluciones internas y el tratamiento complementario necesario para cumplir las normas para vertimientos, y b) procurar que todas las viviendas queden servidas teniendo en cuenta que la vivienda que no se conecte afecta a los demás. En forma similar al alcantarillado de flujo decantado el ASAS busca retener los sólidos de las aguas residuales domésticas para disminuir el riesgo de obstrucciones en redes pero, por su metodología de diseño, logra la máxima retención posible en tanques interceptores de costo mínimo y redes de menor diámetro, mínima pendiente y menor profundidad.

La metodología de diseño del ASAS es diferente a la del alcantarillado convencional, del alcantarillado simplificado y del condominial. No se basa en el número de habitantes ni en caudales por persona, sino en tres parámetros claves para el dimensionamiento de redes y tanques:

1. La máxima descarga posible de las aguas servidas de cada vivienda,
2. La máxima descarga probable del conjunto de viviendas y;
3. La “partícula limitante” que relaciona el dimensionamiento de costo mínimo de los dos componentes del ASAS al establecer las características de los sólidos que deben ser retenidos en los tanques y los que pueden ser arrastrados en las redes sin causar obstrucciones.

El caudal del diseño se basa en:

- El uso simultáneo del mayor número probable los aparatos sanitarios de las viviendas;
- El efecto ecualizador de los tanques interceptores sobre las descargas intermitentes (taza sanitaria);
- La máxima descarga posible de las viviendas a las redes;

- La probabilidad de simultaneidad en horas picos de máxima descarga probable entre el total acumulado de viviendas servidas;
  - Caudales de infiltración y de conexiones erradas.
- Los tanques interceptores no se diseñan como pozos sépticos sino como sedimentadores.

### 6.3.1. Razonamientos fundamentales

El desarrollo de la metodología está basado en los siguientes razonamientos:

#### 6.3.1.1. Con relación a la comunidad

- Las áreas residenciales urbanas y las poblaciones pequeñas tienden a ser más homogéneas que heterogéneas en estratificación socio-económica y en comportamiento social.
- Esa tendencia es mayor mientras menor sea el nivel socioeconómico de la comunidad.
- Las características socio-culturales de una comunidad son más determinantes que la condición socio-económica, aunque ésta mejore con el tiempo, para conservar las costumbres en el uso del agua y los hábitos de vida y de higiene personal y doméstica de los integrantes de la comunidad, sea urbana o rural.
- Como mínimo durante una generación (30 años), no se producen cambios sustanciales en la situación económica de una comunidad a menos que los induzca un fenómeno externo.

#### 6.3.1.2. Con relación a la vivienda

- La tendencia hacia la homogeneidad y la identidad sociocultural se manifiesta en el número de ocupantes por vivienda, la conformación de la vivienda y su dotación sanitaria, las actividades tradicionales de la comunidad y sus prácticas de uso del agua y de higiene personal y doméstica.
- La vivienda representativa de una comunidad tiene el número promedio de ocupantes por vivienda (número total de habitantes dividido por el número total de viviendas ocupadas).
- Las variaciones ocasionales o por temporadas en el número de ocupantes de muchas viviendas, especialmente en los estratos inferiores urbanos y en poblaciones menores, no altera el número promedio del conjunto.
- Si en un mismo conglomerado urbano se agrupan las viviendas según el número de ocupantes, se forma la “campana de Gauss” curva representativa de los fenómenos naturales.

- La proximidad de la “vivienda más frecuente” a la “vivienda promedio” refleja la homogeneidad de la comunidad.

### 6.3.1.3 Dotación sanitaria

- Muchas viviendas de estratos socio-económicos bajos y de localidades pequeñas, carecen de instalaciones “formales” de baño. A veces una pequeña caseta fuera de la vivienda para baño personal y otra para el sanitario. Muy rara vez tienen lavamanos. El lavado de los utensilios de cocina y el de ropa se hace en recipientes movibles.
- Para higiene personal y doméstica se les puede dar una dotación mínima consistente en: una ducha, una taza sanitaria (que puede ser reemplazada por inodoro de tanque), un lavaplatos y un lavadero de ropa que sirven además, como lavamanos.
- Donde hay instalaciones “formales” la dotación de aparatos sanitarios es usualmente similar.

### 6.3.1.4. Uso de aparatos sanitarios

- Por la homogeneidad, las actividades diarias de los habitantes son muy similares. La gran mayoría las inicia y las concluye hacia la misma hora, o sea, en horas pico.
- Horas pico: en climas cálidos, hay un pico temprano en la mañana y otro casi igual al caer de la tarde, por la costumbre del baño dos veces al día. En zonas rurales: el pico principal es el de la tarde por la preferencia de los campesinos de asearse al llegar del trabajo. En climas templados y fríos el pico vespertino es mucho menor.
- Como el número de ocupantes por vivienda de estratos bajos es usualmente mayor que el número de aparatos sanitarios, en las horas pico todos los aparatos están en uso y producen la mayor descarga posible de aguas residuales.
- En los estratos bajos el limitante para diseño es entonces el número de aparatos sanitarios, no el número de ocupantes. En estratos superiores y usuarios no residenciales con más aparatos sanitarios que ocupantes, el limitante es el número de aparatos que pueden estar simultáneamente en uso.

### 6.3.1.5. Interrelación entre las redes y los tanques interceptores

- Los tanques producen tres efectos: retener los sólidos (como sedimentadores), equalizar los flujos de descargas súbitas y masivas y estabilizar la materia orgánica (como pozos sépticos).

- Si se retienen los sólidos de las aguas residuales, la velocidad de flujo en las redes puede ser menor y, por lo tanto, las pendientes y la profundización.
- Las descargas de los aparatos de uso continuo, como las de duchas y lavaderos, fluyen permanentemente y salen del tanque con el mismo caudal.
- Las descargas súbitas y masivas como las de las tazas sanitarias y los inodoros de tanque no salen inmediatamente, se incorporan al líquido del tanque y producen una elevación del nivel para salir poco a poco.
- En el instante del máximo nivel se genera el máximo caudal o “descarga máxima” de salida del tanque.

### 6.3.1.6. Unidad de diseño para redes y tanques

- Se puede adoptar entonces una unidad para diseño de tanques y redes.
- Debe ser la vivienda promedio con la dotación típica de aparatos sanitarios como “vivienda típica”, representativa de la comunidad con su descarga máxima posible tanto para acumulación de caudales en las redes como para dimensionamiento de los tanques interceptores.



Construcción tanque interceptor

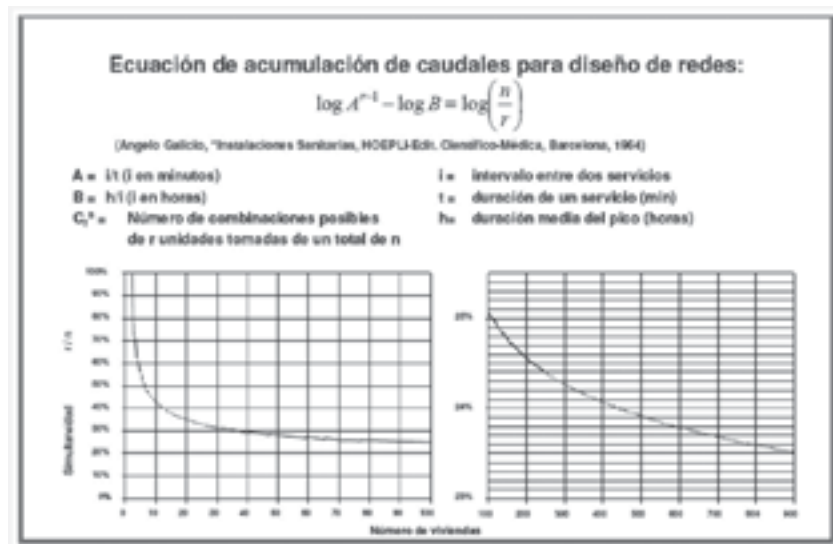
### 6.3.1.7. Dimensionamiento de las redes

- La posibilidad de que varias viviendas produzcan su descarga máxima exactamente al mismo tiempo se rige por leyes de probabilidades.
- Para dimensionamiento de las redes, se puede entonces adoptar el caudal producido por el número probable de viviendas que estén realizando simultáneamente la descarga máxima posible de acuerdo con cálculo de probabilidades.



- La simultaneidad de las descargas máximas está condicionada por el uso de las tazas sanitarias (o inodoros de tanque) que son las que producen la máxima descarga posible de los tanques hacia las redes.
- Al caudal producido por los aparatos sanitarios se deben sumar el de infiltraciones de agua freática y el de conexiones irregulares para drenaje pluvial. Ambos pueden ser menores que para los alcantarillados convencional y simplificado por ser menores las profundidades y los diámetros de las redes del ASAS.

### 6.3.1.8. Ecuación de simultaneidad



### 6.3.1.9. Decisiones para diseño de tanques interceptores

#### 6.3.1.9.1. ¿Pozos sépticos o tanques interceptores?

Para asegurar la reducción de sólidos en las redes, los tanques se deben dimensionar como sedimentadores. Los períodos de retención resultantes satisfacen las condiciones anaerobias de los tanques sépticos.

#### 6.3.1.9.2. Justificación de tanques unicamerales

La sedimentación que se obtiene en una sola cámara es suficiente para la reducción de sólidos que requieren velocidades con pendientes del 1% en las redes.

#### 6.3.1.9.3. Justificación de tanques individuales

Es usual el fuerte rechazo a compartir el tanque con el vecino. Los tanques para un número plural de viviendas encarecen el sistema por las especificaciones para la red de descarga al tanque.

#### 6.3.1.9.4. Tasas de acumulación de lodos y natas

Las recomendadas en los países industrializados y por algunas personas prestadoras de servicios públicos en Colombia son exageradas. Las de lodos, medidas en el estudio original del ASAS tras ocho meses de operación, fueron de poco más de 10 dm<sup>3</sup> por habitante; las de natas, extrapoladas de pocas natas detectadas dieron 3,5 dm<sup>3</sup> por habitante. La acumulación real en varios proyectos muestra acumulación algo menor de lodos y casi nula de natas.

#### 6.3.1.9.5. Inclusión de trampas de grasas

Los tanques interceptores también retienen las grasas. No requieren de trampas que usualmente se obstruyen por mantenimiento deficiente o nulo.

#### 6.3.1.9.6. Efecto de grasas y detergentes

No se ha detectado que afecten la retención de sólidos ni la reducción de materia orgánica en el efluente del ASAS.

#### 6.3.1.9.7. Justificación de tanque interceptor de la vivienda típica

¿Un tanque interceptor igual para todas las viviendas o dimensiones según el número de ocupantes de cada una?

Es preferible diseñar un tanque para la vivienda típica por:

- a. La dispersión de los grupos de vivienda según el número de ocupantes,
- b. El número preponderante de ocupantes de la vivienda promedio o “vivienda típica”.
- c. La variación estacional u ocasional e imprevisible de los ocupantes de muchas viviendas, usualmente por razones laborales.
- d. Economía y facilidad para la construcción y monitoreo de operación.
- e. Ser menos costoso y más práctico vaciar los tanques según la acumulación real de lodos y natas.

#### 6.3.1.10. Dimensionamiento de tanques interceptores

1. El dimensionamiento de tanques interceptores y redes está interrelacionado con los caudales de diseño y el control de los sólidos.
2. A mayor retención de sólidos en los tanques, menores velocidades en redes y, por lo tanto, menores pendientes, menor profundización y menor costo.

3. Se puede lograr un costo mínimo del conjunto con tanques de tamaño adecuado para retener sólidos que permitan velocidades mínimas.
4. El costo de construcción de los tanques es directamente proporcional al tamaño y el costo de mantenimiento por unidad de tiempo es inversamente proporcional.
5. El tanque de costo mínimo es el de menor valor de costos de construcción y de mantenimiento. (Curvas de costos-tiempo)

#### J.6.3.1.11 Bases para costo mínimo del ASAS

**La metodología de la partícula limitante:**

- a. Fuerza tractiva para pendientes de redes.
- b. Partícula limitante, discreta, 0,02 mm ( $2\mu$ ).

**Tanques de costo mínimo**

- a. Costos de construcción (costo mensual de depreciación lineal).
- b. Costos de mantenimiento (costo de vaciado distribuido en los meses del período entre vaciados).
- c. Tanque óptimo, costo mínimo combinado de construcción y mantenimiento.
- d. Programación del vaciado

**Redes de costo mínimo**

- a. Por diámetro, (riesgos de “obstrucción biológica” de las redes).
- b. Por bajas pendientes, mínimo 1%, y poca profundidad.
- c. Por trazado en aceras.
- d. Por cambio de diámetro de tramos, según número de viviendas y no por manzanas.

## 6.4. Componentes del sistema

### 6.4.1. Tanques interceptores de sólidos

Se debe construir uno para cada vivienda, son unicamerales, se localizan donde lo escoja el usuario, y estos descargan a:

### 6.4.2. Redes

Localizadas generalmente a ambos lados de las vías, cerca a los frentes de las viviendas, de pequeño diámetro, poca profundidad y bajas pendientes.

### 6.4.3. Unidades sanitarias

Para aseo personal y doméstico, de diseño compacto y económico que se localizan, ya sea dentro de la vivienda o fuera de ésta, donde lo escoja el usuario, preferiblemente cerca o sobre los tanques interceptores.

### 6.4.4. Planta de tratamiento de las aguas residuales

Aun cuando en las cajas interceptoras se lleva a cabo una separación de la materia orgánica mediante sedimentación y flotación, y la porción líquida restante es sometida a descomposición por procesos naturales y microbiológicos en ausencia del aire, este flujo de agua ya decantado y en un proceso de tratamiento anaerobio debe recibir un postratamiento adicional. Éste deberá hacerse al final del emisario final y antes de su vertimiento final en el cuerpo de agua receptor, cumpliendo los requisitos de calidad exigidos por la autoridad ambiental, obteniendo la autorización respectiva para realizar el vertimiento.

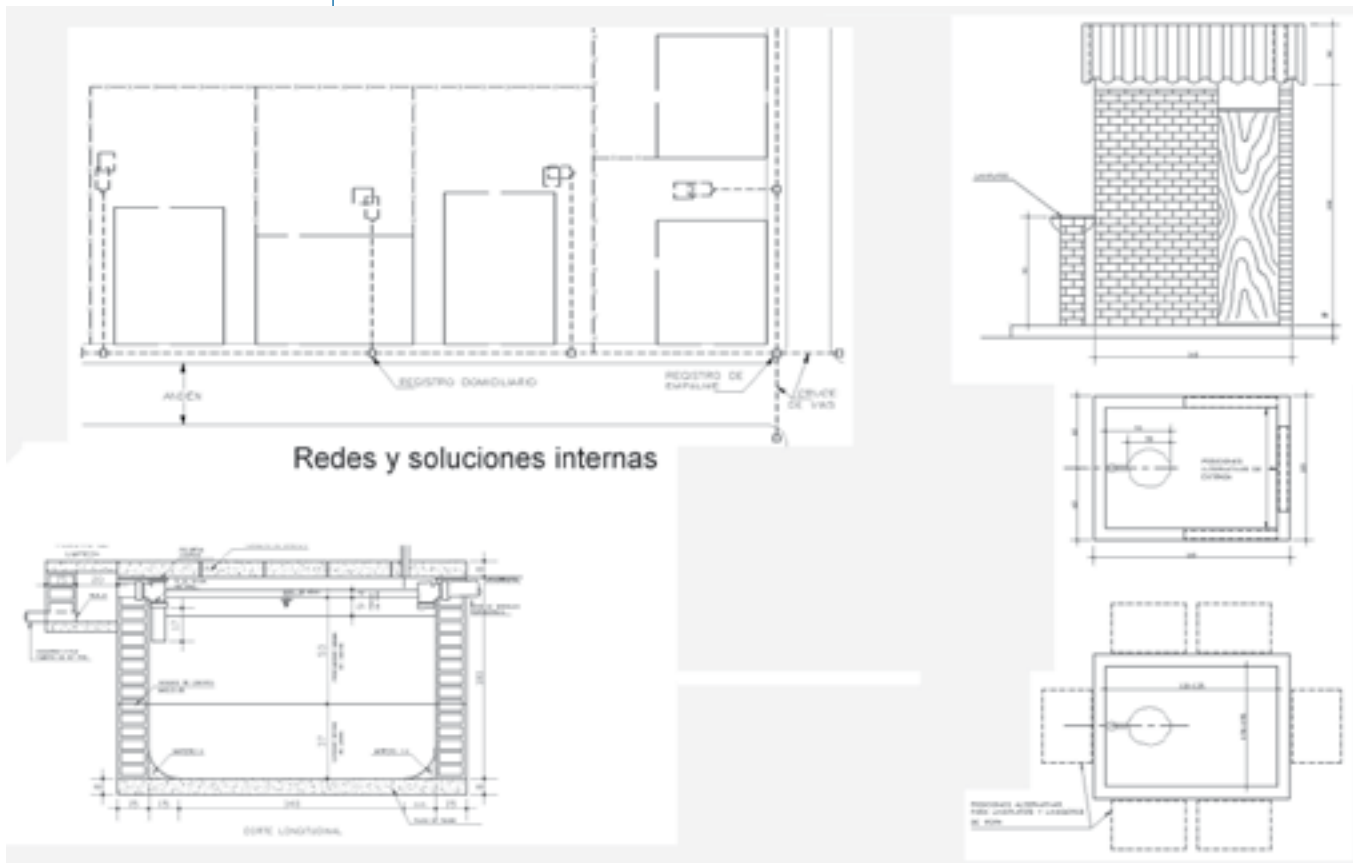
La planta de tratamiento y su nivel de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) debe ser determinada después de considerar el efecto de dilución del caudal de descarga con relación al caudal del cuerpo receptor y puede hacerse mediante:

- Filtros anaerobios de flujo ascendente,
- Reactores anaerobios de flujo ascendente, y
- Lagunas anaerobias y/o facultativas.

## 6.5. Parámetros de diseño

El diseño de tanques interceptores debe tener presentes los valores incluidos en la tabla J.6.1 “Parámetros de diseño de tanques interceptores”.

Figura J.6.1 Tanque Interceptor y unidad sanitaria



Redes y soluciones internas

 TABLA J.6.1  
 Parámetros de diseño de tanques interceptores

Parámetros genéricos	Valores típicos usuales en Colombia
Unidad de vivienda	5-6 hab.
Dotación típica	Sanitario, ducha, lavaderos ropa y cocina
Caudal máximo de descarga	0,328 l/s ~ 0,33 l/s
Simultaneidad	Según ecuación adoptada
Infiltración	0,02 l/ha (PVC sobre nivel freático)
Conexiones erradas	0,5 l/ha
Partícula limitante	2 $\mu$
Parámetros de redes	
Minima pendiente	0,1%
Minima velocidad	20 cm/s
Minimo diámetro	4" (100 mm) Según Resolución 0668 de 2003 de Minambiente
Minima profundidad	25 cm
Longitud tramos	10 m
Tasa de acumulación en tanques	
Lodos	10 dm <sup>3</sup> /hab./año
Natas	3,5 dm <sup>3</sup> /hab./año
Tanque óptimo (minimo costo)	6 años entre vaciados

Estos valores típicos deben ajustarse según las características específicas de cada comunidad y cada localidad.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



## 7. SERVICIO DE ASEO EN ÁREAS RURALES

### 7.1. Alcance

El presente capítulo tiene como propósito identificar, definir y establecer los parámetros básicos, requisitos y condiciones mínimas necesarias para la implementación del servicio de aseo en zonas rurales del territorio nacional con el objeto de ampliar su cobertura, disminuir los impactos ambientales y sanitarios causados por el inadecuado manejo de residuos sólidos y desarrollar la cultura de aseo entre los habitantes de estas áreas.

Considerando que las políticas de manejo integral de residuos sólidos, dadas a través del documento Conpes 3530, propenden por la gestión integral de los mismos con el objeto de mejorar la calidad de vida de la población, mejorar las condiciones ambientales y sanitarias de los habitantes, ampliar la cobertura de los servicios de saneamiento básico, fomentar actividades de aprovechamiento y reciclaje, se presentan las alternativas apropiadas de los sistemas de aseo a implementarse en áreas rurales del municipio.

Se hace claridad de que, cuando sea técnica y económicamente factible, se desarrollará un esquema de prestación del servicio según lo establecido en la Ley 142 de 1994, para lo cual se estructura a continuación, para la zona rural, un sistema de aseo dirigido a atender los centros poblados y las zonas rurales de vivienda dispersa.

### 7.2. Aspectos generales de un sistema de aseo en áreas rurales

La cobertura del servicio de aseo de los municipios colombianos se ha extendido más allá de su cabecera municipal, debido al aumento de la demanda del servicio por parte de los habitantes de los centros poblados (corregimientos, caseríos, condominios rurales) y de la vivienda rural dispersa que generan un volumen de residuos sólidos que requieren de un adecuado manejo de los mismos.

La población de tales áreas sufre afectaciones directas en materia de salud, saneamiento básico y medio ambiente, causadas por el inexistente o inadecuado manejo de los residuos, especialmente por prácticas de disposición final en botaderos a cielo abierto, quema indiscriminada e incontrolada, el arroj

a cuerpos de agua, enterramientos y abandono de los mismos, dando lugar con ello a problemas de salud pública, de saneamiento básico y deterioro ambiental de los recursos naturales.

Considerando que las áreas rurales se caracterizan por vivienda dispersa y centros poblados distantes de las cabeceras municipales, la mayoría de las veces con deficientes vías de acceso, se presentan los conceptos y las herramientas para ampliar la cobertura del servicio de aseo y mejorar la calidad del mismo con los consecuentes beneficios para los habitantes de las áreas rurales en términos de mejor calidad ambiental y sanitaria.

La implementación de esta alternativa requiere de un conocimiento previo de las condiciones físicas, económicas, sociales, ambientales, geográficas y culturales de la población con el fin de identificar el sistema de aseo a implementar y con ello garantizar una efectiva mejora de las condiciones sanitarias y ambientales de los habitantes. Para ello se hace de vital importancia incluir las actividades de separación en la fuente y de aprovechamiento de los residuos que por sus características sean susceptibles de reciclar, reutilizar, compostar, o utilizar para la generación de energía.

Esta alternativa para áreas rurales se desarrolla bajo el concepto de servicio público de aseo municipal, el cual consiste en la realización de las actividades y procedimientos destinados al adecuado manejo, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos generados por las viviendas rurales dispersas distantes de vías públicas o de difícil acceso vehicular con soluciones individuales; y también la prestación de un servicio colectivo de aseo mediante las actividades de limpieza de vías y áreas públicas, recolección selectiva, transporte, aprovechamiento y valorización, almacenamiento y disposición final de residuos sólidos, por parte de una persona prestadora, en áreas aledañas al sistema vial de carreteras veredales y municipales.

## 7.3. Condiciones para hacer factible la prestación del servicio de aseo en áreas rurales

La prestación del servicio público de aseo deberá extenderse a las áreas rurales del municipio teniendo en cuenta los siguientes condicionamientos:

1. Existencia de vías de acceso adecuadas, de tal manera que se pueda hacer la recolección domiciliaria a lo largo de éstas o al menos en sitios de almacenamiento colectivo previamente convenidos con la comunidad.
2. En los sitios en donde se instalen cajas de almacenamiento, deben haber condiciones de maniobrabilidad para los vehículos recolectores y de fácil acceso para los usuarios.



3. La ubicación del sitio para las cajas de almacenamiento no debe causar molestias e impactos a la comunidad vecina. Para ello se recomienda obtener la autorización respectiva de la autoridad sanitaria.
4. Disponer de cajas de almacenamiento adecuadas para iniciar allí la disposición de los residuos sólidos por parte de la comunidad con tres horas de anticipación a la recolección. Las frecuencias y horarios de recolección deben ser de obligatorio cumplimiento por parte de la persona prestadora del servicio de aseo con el fin de evitar la acumulación de residuos en estos sitios de acopio.
5. En lo posible las zonas suburbanas y rurales que se van a cubrir, deben tener servicio municipal de acueducto para que el cobro del servicio de recolección sea incluido en la factura del servicio de acueducto o en su defecto el servicio podrá ser cobrado conjuntamente con el servicio de energía eléctrica.
6. Disponibilidad de alternativas de aprovechamiento, valorización y disposición final de residuos sólidos.

## 7.4. Sistema de aseo en áreas rurales

El desarrollo del presente capítulo tiene como objeto definir el sistema de aseo en áreas rurales del país, estableciendo las condiciones y características necesarias para la prestación de dicho servicio. De igual forma se presentan los principios básicos, componentes, elementos, definiciones y procedimientos generales y particulares necesarios para su implementación.

### 7.4.1. Principios básicos

La prestación del servicio de aseo, de acuerdo con el artículo 15 de la Ley 142 de 1994, debe hacerla una persona prestadora del servicio, lo que incluye las empresas de servicios públicos (ESP). Esta prestación debe seguir los principios básicos que se indican a continuación:

1. Garantizar la calidad del servicio a toda la población.
2. Prestar eficaz y eficientemente el servicio en forma continua e ininterrumpida.
3. Obtener economías de escala comprobables.
4. Establecer mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso al servicio y su participación en la gestión y fiscalización de la prestación.
5. Desarrollar una cultura de buen manejo de residuos (llamada también “cultura de la no basura”).
6. Fomentar el aprovechamiento.

7. Minimizar y mitigar el impacto en la salud y en el medio ambiente, ocasionado desde la generación hasta la eliminación de los residuos sólidos, es decir en todos los componentes del servicio.

## 7.4.2. Componentes del servicio de aseo en áreas rurales

El servicio de aseo rural se compone de las siguientes actividades:

- Limpieza de vías y áreas públicas
- Recolección
- Transporte
- Transferencia
- Tratamiento
- Aprovechamiento de residuos
- Disposición final

## 7.4.3. Elementos del servicio de aseo en áreas rurales

El sistema de aseo en áreas rurales de los municipios debe identificar, evaluar y utilizar para su operación los siguientes elementos:

### 7.4.3.1. Vías y carreteras

Es necesario realizar reconocimiento del tipo, estado, funcionalidad y responsable, de las vías de conexión por la cuales se establecerán y realizarán las diferentes rutas de recolección.

#### 7.4.3.1.1. Clasificación de vías y carreteras.

Las vías y carreteras se clasifican por su funcionalidad, por su competencia, por sus características y por el tipo de terreno, así:

- Por su función, las vías se dividen en principales o de primer orden, secundarias o de segundo orden y terciarias o de tercer orden.
- Por su competencia las vías son: nacionales, departamentales, distritales o municipales y veredales o vecinales.
- Por sus características: autopistas, carreteras multicarriles y carreteras de dos carriles.
- Por el tipo de terreno: carreteras en terreno plano, carreteras en terreno ondulado, carreteras en terreno montañoso, carreteras en terreno escarpado.

### 7.4.3.2. Población rural

La identificación y ubicación geográfica de la población es uno de los elementos necesarios para la implementación del servicio de aseo en áreas rurales. Por tal razón, se presentan las características de los grupos poblacionales a atender.

### 7.4.3.3. Población de áreas rurales

La población de las áreas rurales y centros poblados se identificará mediante la utilización de la cartografía rural catastral existente en el país, la cual proporciona los detalles de distribución de las áreas rurales de los municipios, la ubicación y dispersión de las viviendas, la presencia de vías, carreteras, caminos y accidentes geográficos que contribuirán en el diseño del servicio de aseo rural.

De igual forma, se contemplará en el diseño del sistema de aseo la presencia de grupos poblacionales especiales como los centros poblados, corregimientos y caseríos, con el objeto de incorporarlos en el servicio de aseo rural, atendiendo sus necesidades de saneamiento básico según sus características.

- **Centro poblado.** Los centros poblados de los municipios se atenderán en forma domiciliaria siempre y cuando las vías, carreteras y accesos lo permitan; sin embargo en casos donde no se cuente con infraestructura vial adecuada para el tránsito del vehículo recolector, se utilizará la presencia de puntos de recolección ubicados de acuerdo al número de habitantes por atender y a la infraestructura vial
- **Caserío o conglomerado.** Los caseríos por su ubicación sobre las vías de conexión serán atendidos, como mínimo con dos puntos de recolección por cada calzada; lo anterior de acuerdo con la distancia entre las viviendas y la extensión del caserío.
- **Corregimiento.** Los corregimientos por su grado de desarrollo e infraestructura vial recibirán atención domiciliaria de recolección.

## 7.5. Gestión de residuos sólidos en áreas rurales

La producción de residuos sólidos de la población de las áreas rurales del territorio nacional es similar a producción de las áreas urbanas en cuanto a los tipos de residuos generados. Sin embargo es significativa la diferencia entre la cantidad o volumen total generado por éstas y en algunos casos el tipo de residuo generado, por tal razón, los planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) son la herramienta a utilizar para la estructuración del servicio de aseo rural, ya

que proveen la información precisa sobre los tipos de residuos generados por el municipio y sus cantidades, así como sus usos.

Los residuos sólidos se dividen en dos grupos según su capacidad de aprovechamiento y su composición. A continuación se presentan la división y la composición de los residuos sólidos utilizadas para los sistemas de aseo urbano, necesaria para el desarrollo del sistema de aseo rural.

Figura J.7.1 Diagrama de división y clasificación de los residuos sólidos



El manejo de los residuos sólidos se debe realizar desde su generación hasta su disposición final, por lo que se deben implementar y promover los procedimientos adecuados de separación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final. La gestión de los residuos de las áreas rurales debe realizarse de acuerdo al siguiente diagrama:

Figura J.7.2 Diagrama de gestión de los residuos sólidos



## 7.5.1. Separación en la fuente

Es recomendable que el usuario del sistema de aseo en áreas rurales, realice una correcta separación de residuos sólidos, con el objeto de mejorar las prácticas de aprovechamiento y valorización de residuos, disminuir la cantidad de residuos a disponer y mejorar las condiciones sanitarias y ambientales de las áreas rurales de los municipios del país. La separación en la fuente es obligatoria cuando el plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS del municipio o distrito así lo haya dispuesto.

Esta actividad consiste en la correcta clasificación y separación de los residuos en el momento de su generación, para lo cual se deben tener en cuenta la composición, clasificación, manejo y disposición final de los residuos y las prácticas adecuadas para estas actividades.

### 7.5.1.1. Recomendaciones

- Implementación del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del municipio.
- Fortalecer las campañas de educación ambiental en prácticas como el reciclaje y la reutilización de residuos.
- Promover la entrega de todos aquellos residuos que se manejan en el área rural y que representen riesgo para la salud y el ambiente, al sistema de aseo rural.
- Implementar el uso del sistema de aseo mediante la realización de la separación en la fuente y la entrega de los residuos al servicio de recolección rural.

### 7.5.1.2. Prácticas adecuadas de separación en la fuente

Estas prácticas se implementarán en las áreas rurales de los municipios así:

1. Identificar, clasificar y separar los residuos sólidos generados en la vivienda según: su composición física y luego según su manejo y disposición final.
2. Utilizar en la vivienda, canecas o envases con tapa, identificados y separados para cada tipo de residuo.
3. Almacenar todos aquellos residuos sólidos que puedan ser aprovechables mediante la reutilización, en lugares aislados de la vivienda, cubiertos, secos y que no permitan el acceso a niños o animales y en los cuales no pierdan su valor de recuperación.
4. Si se conservan botellas o envases con restos de líquidos como gaseosas, jugos, salsas o productos alimenticios, vaciarlas y lavarlas y luego almacenarlas secas y tapadas.

5. Utilizar para el depósito de residuos orgánicos canecas con tapas o bolsas plásticas que eviten la proliferación de insectos, roedores y otros animales.
6. Utilizar para el depósito de residuos sanitarios canecas con tapas o bolsas plásticas separadas de los residuos orgánicos.
7. Almacenar en un lugar aislado y cubierto todos aquellos residuos peligrosos generados en la vivienda.
8. Llevar y depositar en el punto de recolección más cercano todos aquellos residuos que representen riesgo para su salud y el ambiente.
9. No conservar por más de quince días ningún tipo de residuo generado en la vivienda.
10. Depositar en el punto de recolección los residuos generados en la vivienda únicamente en los horarios y días establecidos.
11. Para efectos de la adecuada disposición de residuos con peligrosidad estos deben separarse de acuerdo a la normatividad vigente.

## 7.5.2. Almacenamiento de residuos en la vivienda

Los residuos sólidos deberán almacenarse teniendo en cuenta su composición física, su procedencia, su manejo y su peligrosidad con el objeto de conservar sus propiedades físicas y que ello permita su posterior aprovechamiento o su disposición final adecuada. El almacenamiento deberá realizarse en un área cubierta y aislada de la vivienda.

### 7.5.2.1. Recomendaciones

- Almacenar separadamente los residuos aprovechables en actividades tales como reutilización y materia prima.
- Almacenar separadamente los residuos que representen peligro o riesgo para la salud y el ambiente.
- Almacenar los residuos en un lugar aislado, seco y con buena ventilación, protegidos de la acción de la lluvia y el viento con el objeto de conservar las propiedades de los materiales separados.
- El lugar de almacenamiento deberá contar con control de acceso para evitar el ingreso de niños o animales al sitio.
- No almacenar envases o empaques contaminados con sustancias tóxicas o peligrosas.
- No almacenar envases plásticos o de vidrio con residuos de alimentos, lávelos y dejos secar antes de almacenarlos.
- No almacenar residuos orgánicos o biodegradables en el mismo lugar.

- No almacenar residuos domésticos no aprovechables junto con residuos aprovechables. Debe depositarlos en recipientes con tapa y separados de los demás materiales.
- No conservar por más de una semana los residuos domésticos en la vivienda.

### 7.5.2.2. De los recipientes

La presentación en recipientes diferenciados seguirá las directrices definidas por el operador del servicio de aseo y las de las entidades que efectúen la recolección selectiva de fracciones de residuos sólidos separados en la fuente, siguiendo los códigos de colores establecidos en este capítulo y que son acordes con la Guía técnica colombiana GTC 24: Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente, y se puede realizar en:

- Canecas domésticas. Son recipientes retornables que deben satisfacer condiciones de buena presentación, ergonomía y manejo seguro. Su peso y construcción debe facilitar el manejo hasta el sitio de presentación y durante la recolección. Su capacidad máxima de almacenamiento no debe superar los 25 Kg o los 60 L.  
Las canecas domésticas deben lavarse por el usuario con una frecuencia tal que sean presentados en condiciones sanitarias adecuadas y que evite la generación de olores y vectores al interior del domicilio.
- Recipientes desechables. Los recipientes desechables utilizados para almacenamiento y presentación de residuos sólidos en el servicio ordinario pueden ser bolsas de material sintético o natural (fibras celulósicas), y deben soportar la tensión ejercida por los residuos sólidos contenidos y por su manipulación. Su capacidad debe estar de acuerdo con lo que establezca la entidad que presta el servicio de aseo.
- Cajas de almacenamiento. Su forma y configuración deben ser tales que impidan el acceso de animales y proliferación de vectores. Su colocación en áreas públicas debe contar con la autorización de la autoridad urbanística local; y el tamaño y capacidad, así como su sistema de cargue y descargue deben ser los que señale la persona prestadora del servicio de aseo.

### 7.5.3. Aprovechamiento de residuos en la vivienda

El aprovechamiento de los residuos sólidos se realizará teniendo en cuenta la clasificación y manejo de los mismos en la vivienda. Para ello se deben

tener en cuenta las alternativas de aprovechamiento y valorización descritas en el presente capítulo.

### 7.5.4. Disposición final de residuos

Los residuos sólidos identificados como no aprovechables serán entregados al servicio de recolección de residuos sólidos.

En viviendas rurales muy distantes de las vías de transporte y de los puntos de recolección o que por condiciones de acceso no puedan trasladar sus residuos a los puntos de recolección deberá implementarse el sistema de disposición en pozo sanitario individual o pozo de enterramiento, el cual se describe en el capítulo J.11.

## 7.6. Procedimiento para el desarrollo del sistema de aseo de áreas rurales

Toda acción relacionada con la planificación, el diseño, la estructuración, la operación, el mantenimiento y/o la supervisión técnica del sistema de aseo rural, debe seguir el procedimiento general mostrado a continuación:

**PASO 1** – Identificación de las condiciones mínimas para la prestación del servicio de aseo rural

Identificar que existan las condiciones mínimas necesarias para el desarrollo del proyecto de prestación del servicio de aseo rural, establecidas en el numeral J.7.3.

**PASO 2** – Identificación de la población

La identificación de la población se llevará a cabo según las definiciones y conceptos establecidos en el presente Título, incluyendo todos los grupos poblacionales de las áreas rurales del municipio.

**PASO 3** – Ubicación de la vivienda de las áreas rurales

Se realizará la ubicación de la vivienda de las áreas rurales mediante la cartografía catastral correspondiente al municipio y considerando los aspectos físicos, geográficos y la infraestructura vial que cumpla con los requisitos mínimos para permitir la implementación del servicio de aseo rural.

Además, el diseñador debe conocer los planes de desarrollo y los planes de ordenamiento territorial, planteados y aprobados dentro del marco de la Ley 388 de 1997 y establecer las implicaciones que el sistema de aseo rural tendría dentro de la dinámica del desarrollo en las áreas rurales del municipio.



En particular, el diseño de un sistema aseo rural debe contemplar la dinámica de desarrollo de las áreas rurales previstas por el municipio en el corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta la utilización del suelo, el plan vial, las zonas de conservación y protección de recursos naturales y los planes de gestión ambiental del municipio.

#### **PASO 4 – Conocimiento del marco institucional**

El diseñador del sistema debe conocer las competencias de las diferentes entidades relacionadas con la prestación del servicio de aseo rural, estableciendo responsabilidades, funciones y requerimientos de cada una, para la implementación del servicio, ésta información puede ser obtenida del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) municipal y del plan de ordenamiento territorial.

Las entidades y aspectos que deben identificarse son:

1. Entidad responsable del proyecto.
2. Diseñador.
3. Papel del municipio, ya sea como prestador del servicio o como administrador del sistema y como responsable de asegurar y garantizar la prestación del servicio en cada componente.
4. Empresa de servicios públicos y su carácter (oficial, mixto o privado).
5. Entidades territoriales competentes.
6. Entidad reguladora (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico -CRA).
7. Entidades de vigilancia y control.
8. Operador de cada componente del servicio.
9. Interventor.
10. Participación de la comunidad en la prestación del servicio.
11. Organizaciones formales e informales que desarrollan actividades de reciclaje.
12. Acciones proyectadas de la comunidad en el sistema.
13. Autoridad ambiental competente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, corporaciones autónomas regionales, de desarrollo sostenible, grandes centros urbanos).
14. Fuentes de financiación.

#### **PASO 5 – Acciones legales**

El diseñador debe conocer todas las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización, planificación, diseño, operación, construcción, mantenimiento, cierre, clausura y postclausura, supervisión técnica y operación del sistema de aseo rural en cada uno de sus componentes en particular y en especial el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) aprobado para la prestación del servicio público

de aseo en el respectivo municipio, siguiendo lo reglamentado en la normativa específica de las autoridades competentes.

Además, deben tomarse las medidas legales necesarias para garantizar y asegurar el adecuado desarrollo del sistema de aseo rural.

#### **PASO 6 – Aspectos ambientales**

Los proyectos, obras o actividades de construcción y operación de rellenos sanitarios deberán contar con las autorizaciones ambientales exigidas por la normativa ambiental vigente, esto es, el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, y sus decretos reglamentarios.

Para proyectos que desarrollen alguno de los componentes del sistema de aseo rural y que no requieren licencia ambiental, se debe tener en cuenta la necesidad de implementación de planes de gestión ambiental (PGA) de autogestión y autocontrol, y obtener permisos de vertimiento, permisos de emisiones, concesiones de agua y tasas retributivas.

#### **PASO 7 – Estudios previos y estudios de factibilidad**

Todo proyecto de aseo rural debe llevar a cabo, especialmente, los estudios de población, geografía, infraestructura vial y cartografía. En general, deberán realizarse los mencionados en el Título A del RAS “Estudios previos”, en lo relacionado con los sistemas de aseo.

Por otra parte, los estudios de factibilidad técnico – económica deberán ser formulados con base en lo dispuesto en el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del respectivo municipio, en la normativa específica expedida por las autoridades competentes y en las especificaciones definidas en el presente capítulo.

Además se adelantarán estudios relacionados con el fortalecimiento y la implementación de la gestión de residuos en áreas rurales a través de las actividades de separación en la fuente, aprovechamiento y valorización descritos en el presente Título, por parte de la comunidad de las áreas rurales, con el objeto de estructurar los mecanismos de fortalecimiento de tales componentes.

#### **PASO 8 – Diseño y requerimientos técnicos**

El diseño de cualquier componente o elemento funcional del sistema de aseo rural debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos en el presente capítulo, según los literales establecidos en el numeral J.7.4.2 Componentes del servicio de aseo en áreas rurales.

El diseño de cualquier sistema de aseo rural debe contar con las autorizaciones ambientales, y las evaluaciones técnica

y socioeconómica y estar sujeto a un plan de construcción, operación, mantenimiento y expansión de costo mínimo, siguiendo lo establecido en el Título A del RAS “Evaluación socioeconómica”.

De igual forma, el diseño deberá contemplar de forma precisa y puntual las actividades, procesos y procedimientos necesarios para implementar los componentes del sistema de aseo en áreas rurales.

#### **PASO 9 – Construcción y supervisión técnica**

Los procesos que incluyan las actividades de construcción, se deben ajustar a los requisitos mínimos establecidos en el Título G del RAS “Aspectos Complementarios”; en el Título I “Componente ambiental para los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo”, según sea el caso. Así mismo deben cumplir con las normas ambientales vigentes.

#### **PASO 10 – Puesta en marcha, operación y mantenimiento**

Los procedimientos y medidas pertinentes a la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los diferentes componentes del sistema de aseo rural deben seguir los requerimientos establecidos para cada componente en particular, según el numeral J.7.4.2 componentes del servicio de aseo en áreas rurales.

## 7.7. Limpieza de vías y áreas públicas

### 7.7.1. Descripción de la actividad

El componente de limpieza de vías y áreas públicas del sistema de aseo en áreas rurales consiste en la recolección manual de los residuos de cualquier tipo, presentes en las vías y áreas públicas de las áreas rurales del municipio, durante los recorridos de recolección y en las rutas, frecuencias y horarios establecidos en este capítulo.

### 7.7.2. REQUISITOS MÍNIMOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE LA ACTIVIDAD

#### 7.7.2.1. Tipo y estado de las vías

El servicio de aseo en áreas rurales podrá llevarse a cabo en vías que cuenten con las siguientes características mínimas:.

1. Vías de tercer orden: Todas aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí.
2. Vías departamentales, distritales, municipales y veredales o vecinales.
3. Carreteras de dos carriles: carretera de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y acceso directo desde sus márgenes.

### 7.7.2.2. Frecuencia de la actividad

Esta actividad se realizará con una frecuencia mínima, de una vez cada 15 días en las rutas y horarios establecidos por el sistema de aseo para atender las áreas rurales del municipio.

### 7.7.2.3. Rutas de la actividad

Las rutas de limpieza de vías y áreas públicas, cuando sea posible, serán las mismas que se diseñen para la recolección de residuos sólidos en las áreas rurales del municipio.

### 7.7.2.4. Horario de la actividad

La actividad de limpieza de vías y áreas públicas se llevará a cabo en los horarios que el diseño de la ruta determine.

### J.7.7.2.5 Elementos de protección de operarios

Los operarios de recolección deben contar con elementos de protección personal como guantes, tapabocas, elementos para protegerse del sol y de la lluvia y el uniforme distintivo del prestador.

## 7.8. Recolección selectiva

### 7.8.1. Descripción de la actividad

El componente de recolección del sistema de aseo de las áreas rurales del municipio, consiste en la recolección selectiva de los residuos sólidos resultantes de la separación, clasificación y aprovechamiento de materiales por parte de los habitantes de la vivienda rural.

La actividad de recolección selectiva se llevará a cabo mediante la ubicación de puntos de recolección y únicamente sobre las vías que cumplan con las características mínimas establecidas en el componente J.7.7.2.1 Tipo y estado de las vías.

## 7.8.2. Requisitos mínimos para implementación de la actividad

### J.7.8.2.1 Vehículo recolector

El tipo de vehículo recolector que se utilizará en el componente de recolección puede ser volqueta o vehículo con caja compactadora cuyas características según el tipo de vehículo y la pertinencia para el área rural, son las señaladas en el artículo 49 del Decreto número 1713 de 2002.

1. Los vehículos recolectores deberán ser motorizados, y estar claramente identificados (color, logotipos, placa de identificación, entre otras características).
2. La salida del tubo de escape debe estar hacia arriba y por encima de su altura máxima. Se deberá cumplir con las demás normas vigentes para emisiones atmosféricas y ajustarse a los requerimientos de tránsito.
3. Los vehículos con caja compactadora deberán tener un sistema de compactación que pueda ser detenido en caso de emergencia.
4. Las cajas compactadoras de los vehículos destinados a la recolección y transporte de los residuos sólidos, deberán ser de tipo de compactación cerrada, de manera que impidan la pérdida del líquido (lixiviado), y contar con un mecanismo automático que permita una rápida acción de descarga.
5. Los equipos destinados a la recolección deberán tener estribos con superficies antideslizantes, adecuados para que el personal pueda transportarse momentáneamente en forma segura.
6. Los equipos deberán posibilitar el cargue y el descargue de los residuos sólidos almacenados de forma tal que se evite la dispersión de éstos y la emisión de partículas.
7. Deberán estar diseñados de tal forma que no se permita que los residuos sólidos se esparzan durante el recorrido.
8. Dentro de los vehículos que no utilicen caja compactadora, los residuos sólidos deberán estar cubiertos durante el transporte, de manera que se reduzca el contacto con la lluvia y el viento y se evite su esparcimiento e impacto visual.
9. Las especificaciones de los vehículos deberán corresponder a la capacidad y dimensión de las vías públicas.
10. Deberán cumplir con las especificaciones técnicas existentes para no afectar la salud ocupacional de los conductores y operarios.
11. Deberán estar dotados con equipos contra incendios y carretera.
12. Deberán estar dotados de dispositivos que minimicen el ruido, especialmente aquellos utilizados en la recolección de residuos

sólidos en zonas residenciales y en las vecindades de hoteles, hospitales, clínicas, centros educativos, centros asistenciales e instituciones similares.

Adicionalmente pueden tenerse en cuenta las siguientes:

- En situaciones particulares y especiales podrán utilizarse vehículos motorizados, como motocicletas con remolque, atendiendo situaciones y condiciones particulares de la infraestructura vial y posibilidades de acceso.
- Los vehículos para la recolección selectiva pueden o no contar con un sistema de compactación, lo cual dependerá de los residuos a recolectar.

Cuando por condiciones de capacidad y dimensiones de las vías públicas, dificultades de acceso o condiciones topográficas no sea posible la utilización de vehículos con las características antes señaladas, la autoridad competente evaluará previamente a su ejecución, la conveniencia de utilizar diseños o tipos de vehículos diferentes.

Los equipos, accesorios y ayudas de que estén dotados los vehículos destinados para transporte de residuos sólidos deben funcionar permanentemente en condiciones adecuadas para la prestación del servicio, para lo cual se someterán a revisión periódica de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

Los vehículos de recolección de residuos sólidos deben lavarse al final de la jornada diaria. El lavado no puede efectuarse en áreas públicas y está sometido a las reglamentaciones que al respecto fije la autoridad competente.

### 7.8.2.2. Sistema de rutas

El sistema de rutas para la recolección en las áreas rurales de los municipios deberá diseñarse de acuerdo al tramado vial del municipio, la extensión o área de las áreas rurales a atender y el número de viviendas ubicadas en dichas áreas.

En el diseño de las rutas de recolección en áreas rurales se deberán considerar las siguientes recomendaciones:

- Identificar de la presencia de vías y que sus condiciones de acceso cumplan con los requerimientos mínimos de vías del componte de limpieza de vías y áreas públicas.
- Identificar el mayor número de viviendas cercanas a las vías que se utilizarán en los recorridos de recolección.
- Utilizar para el diseño de las rutas la cartografía catastral correspondiente al municipio con el objeto de identificar los detalles de distribución de las áreas rurales de los municipios, la ubicación y dispersión de las viviendas, la presencia de vías, carreteras, caminos y accidentes geográficos.
- Las rutas diseñadas deberán cumplir con una frecuencia mínima y un horario preciso para la recolección.

- Ubicar los puntos de recolección en áreas que no interfieran ni alteren el tránsito normal de las vías y que garanticen una adecuada maniobrabilidad del vehículo recolector.

### 7.8.2.3. Puntos de recolección

El punto de recolección, es el sitio destinado para el almacenamiento temporal de los residuos provenientes de las viviendas ubicadas en las áreas rurales del municipio. Deberá contar con las siguientes características mínimas:

#### 7.8.2.3.1. De construcción

- El punto de recolección podrá construirse superficial o semienterrado según lo establezca el prestador de acuerdo con las necesidades de la operación y con el objeto de proporcionar seguridad y adecuado manejo de los residuos.
- El punto de recolección superficial estará conformado por una placa en concreto de un metro de largo por un metro de ancho (1x1mt), una malla de recubrimiento, un contenedor o caja de almacenamiento fijo o móvil con tapa, cuya altura no supere un metro.
- Si el punto de recolección es semienterrado, el diseñador tendrá en cuenta la profundidad, altura, dimensiones y materiales de construcción del punto de acuerdo con la operación del servicio y la cantidad de residuos a depositar en el sitio.
- La tapa del contenedor o caja de almacenamiento debe ser de fácil manipulación para facilitar el depósito y retiro de los residuos de su interior.

#### 7.8.2.3.2. Del mantenimiento y la limpieza

- El operador se encargará de la limpieza y mantenimiento del punto de recolección.
- La limpieza del punto de recolección se realizará una vez se termine la recolección de los residuos allí depositados.
- El contenedor o caja de almacenamiento se mantendrá tapada.

#### 7.8.2.3.3. De identificación

El sitio deberá contar un letrero o valla informativa de identificación que deberá contener la siguiente información:

- La frase “punto de recolección de residuos sólidos”
- El nombre o número del punto de recolección establecido por el sistema de ruteo del área.

- El día y la hora de recolección correspondientes al punto.

#### 7.8.2.3.4. De ubicación

- La ubicación del punto de recolección deberá ser concertada entre la comunidad y el prestador del servicio.
- El punto de recolección podrá ubicarse considerando espacios aledaños a la vía o intersecciones de vías de transporte, que no interfieran con el tránsito normal en la misma.
- El sitio deberá ser de fácil acceso peatonal y vehicular.
- Para la ubicación del punto de recolección se deberá considerar la minimización de impactos sanitarios negativos a las viviendas aledañas.

## 7.9. Transporte de residuos sólidos

### 7.9.1. Descripción de la actividad

El componente de transporte del sistema de aseo en áreas rurales consiste en el traslado de los residuos sólidos desde el último punto de recolección hasta el sitio de tratamiento, aprovechamiento o disposición final de los mismos.

El transporte de los residuos se realizará por vías cuyas condiciones permitan el fácil desplazamiento y maniobrabilidad del vehículo, particularmente para las áreas rurales las vías deberán cumplir con las características mínimas establecidas en el presente capítulo.

### 7.9.2. Requisitos mínimos para la implementación de la actividad

#### 7.9.2.1. Vehículo recolector

Revisar las características del vehículo recolector descritas en el numeral J.7.8.2.1.

#### 7.9.2.2. Lavado de vehículos de recolección y transporte

Los vehículos de recolección y transporte de residuos sólidos deberán lavarse al final de la jornada diaria. El lavado debe realizarse en sitios diseñados o acondicionados para tal fin, que cuenten, como mínimo, con sistemas de tratamiento preliminar, tales como cribas y rejillas de retención de sólidos



voluminosos, cárcamos de recolección de las aguas residuales, unidades de trampas de grasas y aceites y unidades de desarenado.

Esta actividad no puede efectuarse en áreas públicas ni en fuentes o cuerpos de agua y estará a cargo de personas idóneas en las labores de lavado y mantenimiento de vehículos. Los residuos resultantes del proceso deberán someterse a procesos de acondicionamiento y retiro de humedad, con el fin de que puedan disponerse en el relleno sanitario.

## 7.10. Almacenamiento

### 7.10.1. Descripción de la actividad

El componente de almacenamiento de residuos sólidos se implementará en el sistema de aseo de áreas rurales únicamente cuando el sistema tenga incorporado el componente de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos.

La actividad consiste en que una vez se realice la recolección y el transporte selectivo de materiales aprovechables en perfecto estado, se almacenen de forma separada, limpia y segura todos aquellos residuos susceptibles de ser incorporados en las actividades de aprovechamiento y tratamiento.

El almacenamiento se llevará a cabo por el prestador que cuente con un sistema de depósito que conserve las propiedades físicas y químicas de los materiales seleccionados y garantice el adecuado manejo, tratamiento o aprovechamiento de los mismos.

### 7.10.2. Requisitos mínimos para la implementación de la actividad

La actividad de almacenamiento y confinamiento selectivo requiere de las siguientes condiciones:

- Que el sistema de aseo de áreas rurales tenga incorporado el componente de aprovechamiento y valorización o cuente con un operador especializado de dichas actividades a quien se le entreguen los materiales separados y almacenados.
- Que el prestador disponga de una infraestructura técnicamente adecuada y correctamente administrada y operada para el almacenamiento, confinamiento temporal, transporte y recolección selectiva de los materiales.
- Que el municipio y sus áreas rurales tengan implementados los programas de clasificación y separación en la fuente, almacenamiento y manejo adecuado en la vivienda, de materiales aprovechables.

- Que el sistema de aseo de áreas rurales se implemente de acuerdo a lo establecido en el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del municipio.
- Que se desarrolle la actividad de almacenamiento de acuerdo con las pautas de almacenamiento de residuos en la vivienda, descritas en el presente capítulo.

### 7.10.3. Almacenamiento y presentación de residuos

Los usuarios deberán entregar al sistema de aseo rural, todos aquellos residuos que no puedan ser aprovechados o reutilizados de forma directa y segura en sus actividades diarias y todos aquellos que representen riesgo para la salud y el ambiente. Es necesario aclarar que existe una normativa especial para el manejo de residuos peligrosos que el usuario debe tener en cuenta.

La presentación de los residuos se realizará teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La presentación y empaque de materiales clasificados y separados se llevará a cabo de acuerdo a las directrices establecidas por el prestador.
- La presentación y empaque de materiales orgánicos – biodegradables se realizará en bolsas plásticas o materiales sintéticos que eviten el derrame de líquidos provenientes de la descomposición.
- Los empaques y bolsas que contengan residuos se entregarán completamente cerradas y deberán soportar el peso y la tensión ejercida por los residuos durante su traslado y manipulación.
- El usuario deberá implementar el código de colores en los empaques o bolsas o utilizar etiquetas, cintas o distintivos del color que le corresponde a cada entrega que realice al sistema de aseo de áreas rurales de acuerdo a las normas establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas -ICONTEC para el empaque de residuos así:
  - Materiales inertes reciclables en bolsa de color blanco o marcadas con una cinta blanca.
  - Materiales orgánicos – biodegradables en bolsa de color verde o café o marcadas con una cinta de estos colores.
  - Materiales no aprovechables en bolsa de color negro o gris.

### 7.10.4. Puntos de recolección de residuos sólidos

Los puntos de recolección de residuos sólidos del sistema de aseo de áreas rurales, son los lugares concertados con la comunidad para efectuar

la entrega directa de los residuos sólidos por lo que en su utilización, deberán seguirse las siguientes recomendaciones:

- El punto de recolección debe contar con un recipiente de almacenamiento de residuos sólidos que puede ser fijo o móvil de acuerdo a lo establecido por el prestador.
- En el punto de recolección se podrá implementar el uso de cajas de almacenamiento según el diseño del servicio de recolección y transporte de residuos.
- Cuando se utilicen cajas de almacenamiento en los puntos de recolección se deberán considerar en el diseño la capacidad y dimensiones apropiadas que faciliten la recolección y limpieza de las mismas por parte de los operarios del servicio.
- Las cajas deberán permitir el almacenamiento cómodo y seguro de los residuos.
- Las cajas de almacenamiento deberán tener tapa que evite el ingreso de vectores, aguas lluvias y el derrame de los residuos depositados.
- La ubicación de las cajas de almacenamiento será acorde con los puntos de recolección concertados con la comunidad.
- El diseño y utilización de las cajas de almacenamiento en los puntos de recolección será revisado por las autoridades ambientales y territoriales del municipio.
- En el punto de recolección se podrá utilizar sistema de almacenamiento semienterrado o superficial de acuerdo a los diseños de servicio de recolección.
- El sitio de almacenamiento deberá dejarse limpio y tapado una vez se termine la actividad de recolección.

## 7.11. Aprovechamiento de residuos

### 7.11.1. Descripción de la actividad

El componente de aprovechamiento de residuos consiste en el desarrollo de actividades de aprovechamiento tales como: reutilización, reciclaje, estabilización de materia orgánica, generación de biogás, recuperación y/o generación de energía, con el fin de contribuir a la conservación del ambiente y los recursos naturales y, disminuir el riesgo de afectación de la salud pública y el deterioro de los ecosistemas.

Las actividades de aprovechamiento de residuos requieren de la implementación adecuada de la separación en fuente, adecuado almacenamiento de materiales en la vivienda y adecuado almacenamiento en el punto de recolección de todos aquellos residuos que se desea incorporar en nuevos procesos productivos, de tratamiento o de cualquier otra forma de aprovechamiento.

La separación de materiales en la fuente deberá realizarse de acuerdo a los parámetros establecidos en el presente capítulo, con el objeto de garantizar que los residuos sean correctamente manipulados y conserven sus características fisicoquímicas que permiten su óptimo aprovechamiento.

Por otra parte, es importante llevar a cabo las actividades de separación en la fuente, almacenamiento y manipulación adecuada de los residuos aprovechables ya que de ello depende en gran medida el buen uso de los sistemas de disposición final de residuos sólidos tales como los rellenos sanitarios, puesto que su vida útil depende de las cantidades de residuos que se disponen allí a diario.

Para la actividad de aprovechamiento de residuos se deberá contar con una infraestructura técnicamente adecuada para el almacenamiento, recolección y transporte selectivo y tecnologías de manejo y transformación o incorporación de materiales en nuevos procesos; se deberán tener definidos sus procesos operativos y administrativos y considerar en su diseño la ubicación, los mecanismos de manipulación de residuos y sistemas de acceso y control de operaciones.

### 7.11.1.1. Elementos del componente

Para el aprovechamiento de residuos se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- La implementación del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) adoptado por el municipio.
- Los estudios de factibilidad económica, técnica y ambiental de las actividades de aprovechamiento de residuos sólidos.
- La construcción y/o adecuación de la infraestructura necesaria para las operaciones propias del sistema de aprovechamiento de residuos.
- La participación activa de las organizaciones formales e informales dedicadas a la recolección selectiva, compra, comercialización y aprovechamiento de residuos sólidos en el municipio.
- La creación o vinculación a sistemas de aprovechamiento que garanticen la sostenibilidad económica del componente y el desarrollo de las actividades propias del aprovechamiento de residuos.

### 7.11.2. Requisitos mínimos para la implementación de la actividad

La implementación del componente de aprovechamiento contará los siguientes requisitos mínimos:

- Contar con canales de comercialización de los productos.
- Reconocer el propósito de la actividad en el sistema del servicio de aseo rural.
- Identificar, reconocer e integrar los actores de la actividad de aprovechamiento del municipio.
- El diseño, estructuración, implementación, construcción y desarrollo de las actividades de aprovechamiento deberán estar acordes con la infraestructura del sistema de aseo rural y cumplir con los diseños constructivos propuestos en el PGIRS del municipio.
- Identificación, conocimiento y adopción de las normas establecidas para aprovechamiento de residuos sólidos.
- Cumplimiento de todos los requisitos exigidos por las autoridades ambientales y territoriales en lo relacionado con infraestructura, operación y mantenimiento del sistema de aprovechamiento a implementar.
- El componente de aprovechamiento de residuos deberá estar acorde con lo establecido en el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) y en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial del municipio.
- La implementación del componente deberá cumplir los diseños y estudios de factibilidad del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS).
- Las etapas constructivas o de adecuación de la infraestructura del sistema de aprovechamiento, deberán desarrollarse teniendo en cuenta los lineamientos de ubicación, construcción y operación establecidos en el PGIRS del municipio y el cumplimiento de la normatividad urbanística.

### 7.11.3. Aprovechamiento directo de residuos sólidos

Independientemente de que exista o no el servicio de aseo rural en una determinada vereda, hay fincas productivas (o establecimientos agroindustriales como los de la floricultura) que hacen beneficio de una buena porción de sus residuos sólidos de producción, entre otras cosas porque debido a su volumen, la recolección y el transporte por una persona prestadora del servicio de aseo municipal rural son impracticables. Éstos pueden aprovecharse de forma directa, cuando el generador rural (o agroindustrial) clasifica y separa los residuos que según su tipo ofrecen oportunidad de reutilización sin causar perjuicio a la salud humana, animal o al ambiente; o en forma indirecta, cuando el residuo sólido debe ser entregado a un tercero para que lo incorpore en el sistema de aprovechamiento.

Los usuarios del sistema de aseo rural podrán realizar aprovechamiento directo de materiales debidamente clasificados, seleccionados y manejados en la vivienda, que por sus características físicas o biológicas no requieran de ningún proceso de transformación o tratamiento específico para su aprovechamiento.

En la vivienda rural se podrán aprovechar de forma directa todos aquellos residuos que por sus características se puedan utilizar en actividades relacionadas con sus funciones originales, a través de reciclaje, reutilización y compostaje.

Las características y procedimientos de manejo de los residuos inorgánicos tales como aluminio, papel, cartón, plástico, metales, maderas, residuos de construcción o demolición y, vidrio, para que se puedan aprovechar de forma directa, se mencionan a continuación:

- Deben estar correctamente clasificados, separados y almacenados con el fin de conservar sus propiedades físicas.
- Deben estar limpios, libres de sustancias contaminantes o restos de sus contenidos originales.
- Deben estar libres de humedad y partículas de polvo, tierra o arena.
- Deben estar libres de etiquetas, envolturas o autoadhesivos.

### 7.11.3.1. Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

Para valorizar los residuos orgánicos se usan tratamientos biológicos, en condiciones controladas y optimizadas; los cuales pueden ser aeróbicos, es decir en presencia de oxígeno, o anaeróbicos en ausencia de éste.

El compostaje es el tratamiento biológico más frecuentemente utilizado para la transformación de la fracción orgánica de los residuos sólidos, ocurre mediante organismos descomponedores endémicos (artrópodos y microorganismos, enzimas presentes en el medio natural), que conducen a una etapa de maduración, caracterizada por su estabilidad química y microbiológica. El objetivo principal, es la transformación de la materia orgánica en productos finales estables, seguros e inocuos.

Los aspectos a considerar son:

- Trituración (mezcla). El material orgánico seleccionado se tritura con el fin de reducir el tamaño de las partículas y aumentar el área superficial de exposición para facilitar la acción de los microorganismos. Con la mezcla se busca alcanzar el contenido de humedad óptimo (se mezclan los residuos húmedos con materiales secos o estructurantes).
- Necesidades de área para el compostaje. Se deben establecer las necesidades de área adecuada para realizar el proceso.
- Control de olores y vectores. En esta fase se deberá tener en cuenta que el proceso de degradación de los residuos puede producir

malos olores. El control de vectores se puede realizar mediante la implementación de trampas, control biológico o fumigación biológica controlada con insumos de baja residualidad.

- Remoción de residuos con características especiales. Se deben remover del sistema los residuos sólidos con características de peligrosidad como elementos que aporten metales pesados, pilas gastadas, materiales férreos, baterías usadas, etc.; residuos sólidos que aporten compuestos potencialmente tóxicos como aceites usados, plaguicidas, solventes orgánicos, etc.; residuos sólidos que generen mala apariencia visual e interferencia en el proceso como plásticos, vidrios, envases de aluminio. Sólo deben dejarse incorporados al producto final aquellos materiales que puedan descomponerse biológicamente, es decir que sean materiales biodegradables como los que se anotan en la tabla a continuación.

**TABLA J.7.1**  
**Residuos sólidos orgánicos biodegradables**

TIPO DE GENERADOR		TIPO DE RESIDUOS
NATURALES – FORESTALES		Residuos de leña Ramaje Follaje
INDUSTRIA AGRÍCOLA	Actividades pecuarias	Residuos generados por el manejo de animales Estiércol vacuno, caballar, gallinazas, porquinazas, pollinazas previamente estabilizados.
	Agricultura	Residuos vegetales de cosechas.
	Acondicionamiento de frutas y verduras	Bagazo Cáscara o semilla Residuos orgánicos excedentes de proceso.
	Cereales y otros granos	Afrecho Almidones Bagazo Borra de café
	Madera y pulpa	Viruta y aserrín Almidón
INSTITUCIONAL Y COMERCIAL	Piazas de mercado	Residuos orgánicos frescos.
	Actividades de jardinería	Residuos de poda, corte de césped y jardinería.
	Plantas de tratamiento de agua residual domiciliaria. Sistemas sépticos.	Lodos procedentes del tratamiento biológico de aguas residual que no contienen residuos peligrosos y cumplen con los valores mínimos para ser materia prima según la NTC 5167 V.2 o aquellas que la modifiquen o sustituyan.
DOMÉSTICO		Residuos orgánicos frescos. Residuos de poda, corte de césped y jardinería.

- Compostaje aerobio. En este proceso se lleva a cabo la degradación biológica y maduración de la fracción orgánica. La materia orgánica es descompuesta por microorganismos propios del material orgánico, que requieren de oxígeno y de humedad adecuada; en el proceso se obtienen junto a un resto orgánico estable, dióxido de carbono, agua y calor.

Los factores de degradación biológica o variables de proceso a controlar más relevantes son:

- a. Demanda de oxígeno y control de la aireación. El suministro continuo y homogéneo de oxígeno a través de la masa de residuos, asegura la actividad de los microorganismos y por lo tanto la estabilización del proceso. En el compostaje aerobio pueden desarrollarse las técnicas de pilas rectangulares o pilas cónicas.
- b. Relación carbono/nitrógeno. Este factor se relaciona con los nutrientes y es elemento limitante en el crecimiento y reproducción de los microorganismos. La relación se considera adecuada cuando está en un rango de 20 – 30; relaciones muy altas retrasan el proceso de compostaje.
- c. pH. Considerada como una variable importante agronómicamente, dado que en buena medida la absorción de nutrientes está altamente influenciada por el pH.
- d. Contenido de agua. Para un óptimo proceso de degradación aeróbica es necesaria, junto al oxígeno, la disponibilidad de agua en cantidades suficientes, pues los microorganismos sólo son capaces de asimilar los nutrientes en forma disuelta. La humedad óptima en el proceso para el compostaje aerobio debe estar entre el 40% y 60%, hallada en la relación:

$$\theta = \frac{W_w}{W_m} \cdot 100$$

Formula J.7.1

Donde:

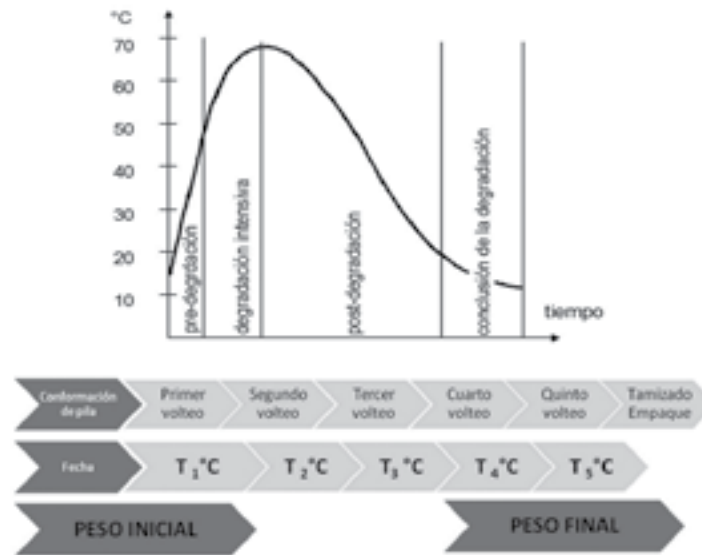
Ww: Peso del agua contenido en los residuos sólidos, kg.

Wm: Peso de la mezcla, kg.

θ: Contenido de humedad de los residuos sólidos, %.

- e. Temperatura. Es una de las variables más importantes durante el proceso de degradación aeróbica, en el cual se libera energía en forma de calor y la temperatura de la pila de residuos o de los biorreactores asciende de forma directamente proporcional a la actividad de los microorganismos.
- f. Tiempo de proceso. Es un factor asociado con la calidad final del producto obtenido, entre otras características de madurez. La destrucción de organismos patógenos es función del tiempo y la temperatura. A cada lote se le debe hacer seguimiento a través de formatos de control. La temperatura debe ser tomada en el núcleo de la pila cuando es cónica, cuando es lineal se toma en puntos equidistantes, es conveniente realizar más de una lectura por metro lineal de pila y tomar el promedio aritmético entre los puntos.



Figura J.7.3 Rangos de temperatura típicos en el compostaje aerobio<sup>10</sup>

- Compostaje anaerobio. Debe tenerse en cuenta lo especificado para compostaje aerobio, así como los aspectos de seguridad en el manejo y utilización del gas metano, CH<sub>4</sub>, producido. Se debe prohibir la presencia y el uso de equipos que produzcan chispas o puedan inducir explosiones. Debe marcarse adecuadamente la zona y restringir el acceso a personas ajenas para minimizar el riesgo de explosiones.

La calidad en la operación del compostaje, sea aeróbico o anaeróbico, para mitigar los impactos negativos que pueden producirse y por ende comprometer la calidad del agua, el aire, así como la salud y el bienestar público debe considerar:

- Agua: La calidad de este recurso se ve afectada por la contaminación con lixiviado, agua de escorrentía del proceso de operación y residuos compostados. Para evitar la formación de lixiviado debe mantenerse el contenido de humedad del material por debajo del contenido de humedad óptima del compostaje. Para controlar el incremento en el contenido de humedad debe protegerse el material del contacto directo con la lluvia. El lixiviado debe recogerse, almacenarse y disponerse adecuadamente de modo que no alcance las aguas superficiales y/o subterráneas. El agua de escorrentía debe desviarse fuera del sitio mediante la construcción de diques, interceptarse, canalizarse y tratarse de ser necesario para asegurar una adecuada disposición.
- Aire: Para evitar la contaminación de este recurso, se recomienda no colocar la planta al aire libre cerca de zonas habitadas. El control de olores durante el pre-procesamiento puede lograrse

10 GTZ. 2000.

Tratamiento mecánico-biológico de desechos. Introducción y ayudas para la toma de decisiones relativas a su aplicación en países en desarrollo. Proyecto Sectorial "Promoción del tratamiento mecánico-biológico de desechos".

realizando todas las actividades dentro de una construcción y tratar el escape de gases y vapores y de esporas de hongo. En el caso del compostaje en pilas, deben mantenerse las condiciones aerobias durante el proceso para minimizar la formación de olores. El desarrollo de olores debe ser controlado utilizando ventilación del sitio. El escape de aire debe ser tratado en caso de que los impactos lo ameriten.

- c. Vectores: Los vectores deben ser controlados teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: encerrar toda la unidad, almacenar los residuos que constituyen la materia prima durante el tiempo más corto, pre-procesar y reducir el tamaño. Los vectores que sobreviven pueden prevenirse usando una superficie pavimentada.

En el numeral 6.3.4.1 Tratamientos biológicos del capítulo F.6 del Título F Sistemas de aseo urbano del RAS, se amplía esta información sobre el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.

### 7.11.3.2. Lombricultura intensiva (Vermicultivo)

Es la técnica de cultivo intensivo de lombrices de tierra en cautiverio logrando obtener una rápida y masiva reproducción y su crecimiento en espacios reducidos, y la utilización de residuos orgánicos domésticos previamente compostados para su alimentación produciendo como resultado la transformación de éstos en lombri-compuestos.

Para desarrollar la técnica de lombricultura es necesario tener un banco de cría, que puede ser en trinchera o en fosa, se alimenta con estiércol vacuno enriquecido con melaza y se protege con capas de paja, con el fin de garantizar el suministro continuo de lombrices para complementar el proceso de maduración.

En el numeral 6.3.4.1 Tratamientos biológicos del capítulo F.6 del Título F Sistemas de aseo urbano del RAS, se amplía la información para desarrollar la técnica de lombricultura intensiva en fincas productivas que quieran beneficiar sus residuos orgánicos para devolverle al suelo sus nutrientes a través del humus producido.

## 7.12. Disposición final de residuos

### 7.12.1. Descripción de la actividad

El componente de disposición final de residuos sólidos del sistema de aseo rural, consiste en la realización de las actividades o utilización de los sistemas técnicamente adecuados para el manejo definitivo de los residuos que

garanticen la minimización de impactos ambientales negativos y la presencia de riesgos para la salud humana o animal.

La actividad de disposición final de residuos sólidos será realizada únicamente por un operador del sistema de relleno sanitario, por lo que los residuos recolectados en el sistema de aseo rural serán entregados de acuerdo a los parámetros y lineamientos establecidos para tal fin, al relleno sanitario autorizado.

El prestador del sistema de aseo rural deberá realizar las gestiones necesarias para garantizar que la disposición final de los residuos sólidos sea en relleno sanitario.

## 7.12.2. Requisitos mínimos para la implementación de la actividad

La disposición final de residuos sólidos del sistema de aseo se realizará dando cumplimiento a:

- Los requisitos mínimos señalados para el vehículo utilizado para la recolección y el transporte de residuos.
- Los horarios y frecuencias establecidas por el operador del relleno sanitario.

# TÍTULO J

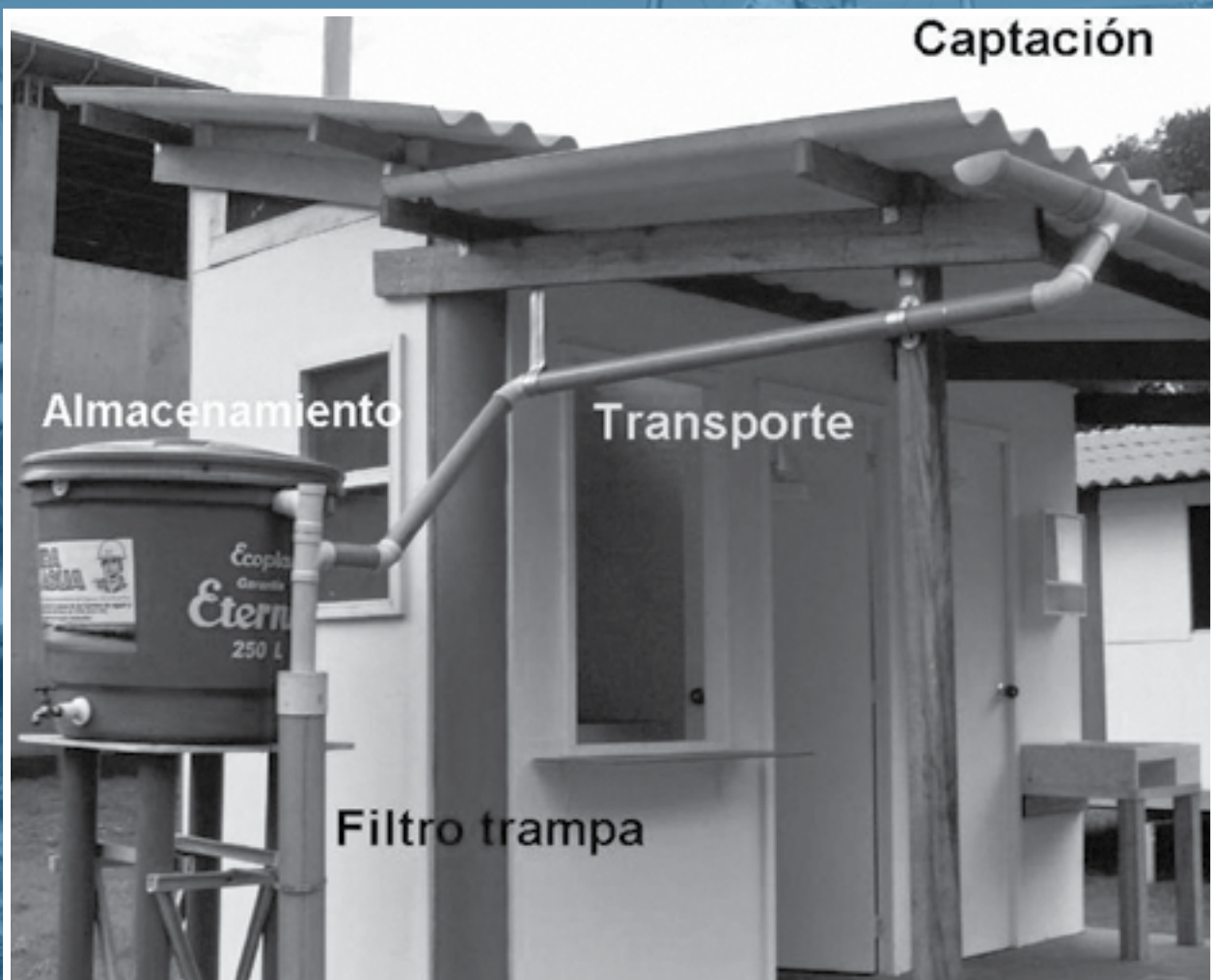
## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL

## SECCIÓN II.

# Soluciones individuales de agua y saneamiento básico

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



## 8. SOLUCIONES APROPIADAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA VIVIENDA RURAL DISPERSA

### 8.1. Alcance

El propósito del presente capítulo es fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procedimientos y alternativas tecnológicas para el abastecimiento de agua a viviendas rurales dispersas donde no es posible o es impracticable desarrollar proyectos de acueducto con suministro de agua domiciliaria. En cumplimiento de la normativa ambiental y sanitaria vigentes, se ofrecen las opciones tecnológicas descentralizadas más convenientes para los particulares que por su cuenta quieran construir dentro de su predio rural una solución individual adecuada para la provisión de agua.

Las soluciones relacionadas en el presente capítulo van dirigidas principalmente a la zona rural, con énfasis en la vivienda rural dispersa. La primera solución a considerar es la que presenta la Guía RAS 008 “Metodología para la formulación y diseño de sistemas de acueducto rurales”, que desde el punto de vista técnico no es otra cosa que la aplicación de los procedimientos convencionales de diseño de acueductos establecidos en los capítulos B.4, B.5, B.6 y B.7, adaptados a las condiciones del área rural cuando se cuenta con información hidrológica confiable. Aquí también cabe mencionar la captación de agua subterránea que ya está documentada en la Guía RAS 007 “Perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro”.

*Según el DNP y el DANE, se entiende como zona rural el espacio comprendido entre el límite de la cabecera municipal o perímetro urbano y el límite municipal. En la zona rural se distinguen dos clases de asentamientos: los centros poblados o población nucleada, concentradas en caseríos o conjuntos de máximo 500 habitantes y por lo menos 20 viviendas, separadas por paredes, muros, cercas o huertas; y el segundo, el de población dispersa, constituido por fincas y viviendas dispersas separadas, entre otros, por áreas cultivadas, prados, bosques, potreros, carreteras o caminos.<sup>11</sup>*

11 Definición tomada del documento Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural Colombiana. MAVDT. 2005.

## 8.2. Oferta de agua

Por ser un requisito esencial para la subsistencia, en el medio rural colombiano toda su población cuenta con una o más fuentes de agua. Sin embargo, no siempre están disponibles en cantidad, calidad y facilidad de acceso, y la dificultad de captar agua en algunas regiones se vuelve crítica en temporadas de estiaje. Hacen parte de la oferta de agua a ser consideradas dentro de las soluciones de abastecimiento: las fuentes de agua superficial, las subterráneas, el agua atmosférica, ya sea en forma de lluvia o de neblina, el agua de mar y el agua salobre, ya sea ésta superficial o subterránea.

### 8.2.1. Agua superficial

Es el 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. Considerando el ciclo hidrológico, el agua superficial procede en su mayor parte de la que se precipita en forma de lluvia y es una mezcla de la que corre por la superficie del suelo y de la que brota del subsuelo. Sin embargo, debido a este recorrido puede contaminarse en mayor o menor grado y es por ello que en la mayoría de los casos esta fuente necesita de tratamiento para clarificarla y desinfectarla. Estos dos procesos son enfocados más adelante desde una perspectiva económica y de salubridad en las opciones tecnológicas para población rural dispersa.



Nacedero excavado

### 8.2.2. Agua subterránea

Cuando está disponible en cantidad, calidad y a un nivel de fácil extracción, la captación de agua subterránea es una alternativa efectiva para la población rural, especialmente la dispersa.



*Generalmente el agua subterránea tiene una apariencia estéticamente aceptable e inspira confianza para ser usada en la vivienda. Sin embargo, lo más aconsejable es que, previamente a su uso como bebida o para preparar alimentos, se haga una caracterización físico-química y microbiológica en un laboratorio autorizado por la autoridad sanitaria local.*

### 8.2.2.1. Ventajas

- Generalmente las aguas subterráneas presentan bajas cantidades de bacterias y microorganismos patógenos.
- Sus características físicas y químicas casi siempre están por debajo de los valores máximos aceptables, señalados en el capítulo II de la Resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de La Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por lo que comúnmente se consume sin ningún tratamiento a excepción de la desinfección preventiva.
- Su captación y distribución es práctica y económica en la mayoría de casos.
- La capa acuífera de la que se extraen constituye generalmente un depósito natural en el punto de la toma.

### 8.2.2.2. Desventajas

- Las aguas subterráneas, principalmente las que provienen de acuíferos libres o no confinados, pueden estar contaminadas con microorganismos patógenos, sobre todo si la comunidad de la zona dispone sus aguas residuales domésticas en pozos sépticos.
- Ya sea que provengan de un acuífero confinado o libre, pueden contener contaminantes de carácter químico tales como altos niveles de fluoruros, cloruros, arsénico, nitratos y manganeso, entre otros, por lo que debe ser analizada para determinar el tratamiento requerido para su potabilización y si esto no es posible económicamente, descartarla como agua para consumo humano.

El volumen de los acuíferos y su ubicación con respecto a la población es por lo general determinante para la selección de tecnologías apropiadas para su utilización, especialmente si se trata de poblaciones dispersas. Se debe tener en cuenta que si bien el agua subterránea suele ser de buena calidad, en el desarrollo de las alternativas tecnológicas para su uso deberán estar acompañadas de procesos de clarificación y desinfección con las opciones que se presentan más adelante.



Pozo profundo comunitario

## 8.2.3. Agua atmosférica

### 8.2.3.1. Agua lluvia

Durante mucho tiempo el agua lluvia captada en el techo de la vivienda fue usada para las necesidades del hogar y para la agricultura en las zonas rurales. Esta práctica vino en desuso con el advenimiento de los sistemas de acueducto con distribución domiciliaria en las ciudades, en las áreas de vivienda rural nucleada y aún para la dispersa. De todas maneras, cuando en el campo la densidad poblacional es muy baja o los sistemas centralizados tienen problemas de distribución por deficiente operación o temporadas estacionales de sequía, es necesario recurrir nuevamente a esta opción, mejorada desde luego con tecnologías apropiadas, especialmente en el almacenamiento del agua lluvia captada en los techos de las viviendas como se verá más adelante en J.8.9.7.



Bosque pluvial



Agua lluvia

*Parecería que el agua lluvia es siempre pura, es decir, está libre de contaminación química y microbiológica como realmente ocurre en la mayoría de los casos. Sin embargo, en sectores rurales cercanos a zonas industriales que tengan identificados elevados*

*niveles de contaminación atmosférica por emisión de chimeneas, el agua lluvia puede tornarse ácida, es decir, puede llegar a tener un pH extremadamente bajo, debido al contacto con agentes contaminadores atmosféricos tales como el óxido sulfúrico. En este caso también es importante considerar la caracterización química de las aguas lluvias.*

### 8.2.3.2. Agua de neblina

Esta forma de agua atmosférica constituye otra de las fuentes importantes cuyo aprovechamiento está aún en desarrollo para consumo en poblaciones rurales localizadas en alta montaña. En muchas zonas de la cordillera de los Andes, el agua de la neblina es captada para bebida porque no hay otra alternativa. Allí, debido a condiciones meteorológicas especiales se forman grandes cantidades de reservas de agua en estado de sobresaturación de humedad o bancos de niebla, que se puede cosechar a través de procedimientos sencillos como se verá más adelante en J.8.10.2. Los generadores de agua atmosférica que condensan la humedad del aire para producir agua apta para consumo humano o los procedimientos para cosechar agua de neblina utilizados en el norte de Chile, son dos opciones tecnológicas para aprovechar este tipo de fuente.



Agua lluvia



Neblina

### 8.2.4. Agua de mar o salobre

En sitios de la región Caribe, de baja pluviosidad y largos períodos de sequía, cercanos al mar o en sitios donde el agua superficial o subterránea es salobre como sucede en la alta Guajira, se tiene la opción de obtener agua dulce para consumo humano por condensación del vapor proveniente de aguas con alto contenido de sales, ya sea mediante la ayuda de un intercambiador de calor o mediante el proceso denominado ósmosis inversa en donde una membrana semipermeable permite el paso del solvente, es decir del agua, pero no de los solutos, o sea, las sales disueltas en ella. Aun cuando este último procedimiento es bastante costoso porque además del alto consumo de energía conlleva el

empleo de equipos y materiales que es necesario importar, es en este momento la única solución para dotar de agua dulce a varias comunidades de La Guajira tales como Manaure, Uribía y Puerto Bolívar.

## 8.3. Identificación y justificación de la alternativa tecnológica

El abastecimiento de agua para consumo humano en las áreas rurales de Colombia es cada vez más deficitario en cantidad y calidad. Esta situación obliga a las autoridades municipales y departamentales a estudiar la mejor alternativa para atender esta necesidad básica tomando en cuenta las condiciones de oferta de agua de cada localidad.

Estas autoridades que, entre otros, tienen el deber de promover y desarrollar inversiones para dar solución al abastecimiento de agua en la zona rural, deberán identificar claramente los procedimientos o tecnologías apropiadas aplicables a su entorno regional, después de haber descartado como viables los sistemas convencionales. Las alternativas tecnológicas seleccionadas deben justificarse con base en los factores que condicionan la selección de soluciones alternativas señalados en el numeral J.8.5 y deben ir dirigidas a:

1. Establecer programas para solucionar el abastecimiento de agua para consumo humano a comunidades rurales de viviendas dispersas o nucleadas.
2. Dar respuesta a una solicitud aislada de provisión de agua en la zona rural.

En cualquiera de estos casos, la autoridad departamental o municipal deberá recomendar la solución más apropiada con base en las diferentes fórmulas que se presentan a continuación.

## 8.4. Escenarios que hacen necesaria la búsqueda de una solución alternativa para la provisión de agua en la zona rural

A continuación se describen los diferentes escenarios que en la zona rural colombiana hacen necesaria la búsqueda de soluciones alternativas para resolver la provisión de agua para el consumo humano de su población y por deducción se presenta la que parece más lógica. Sin embargo, más adelante se

entra a considerar los factores que inciden para que la solución tecnológica que se aplique sea la más apropiada. Estos escenarios son:

### 8.4.1. Vivienda rural dispersa no conectada a un acueducto

Se trata de aquellos casos donde la densidad de población rural es muy baja, con notoria dispersión de las viviendas como es el caso de los Llanos Orientales, y por lo tanto resulta antieconómico construir acueductos veredales, ya sea por gravedad o bombeo, pero donde sí se puede recurrir a soluciones individuales apropiadas, frente a las siguientes situaciones:

1. Hay oferta permanente de agua superficial cerca a 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 que más adelante se recomiendan, antes de consumirla. Con esta solución se puede lograr un nivel de servicio alto, lo que significa una dotación entre 40 y 100 litros por persona al día (lppd).
2. Hay oferta permanente de agua subterránea cerca a 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. Con esta solución se puede lograr un nivel de servicio alto, lo que significa una dotación entre 40 y 100 lppd.
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.  
Esta solución requiere además de un sistema de elevación de agua o bombeo a un tanque domiciliario por encima de la casa y con capacidad suficiente para el consumo diario de la familia. El agua debe ser tratada mediante procesos de clarificación y desinfección caseros antes de consumirla. Con esta solución se puede lograr un nivel de servicio medio, lo que significa una dotación entre 20 y 40 lppd.
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.

Esta solución requiere además de un sistema de elevación de agua o bombeo a un tanque domiciliario por encima de la casa y con capacidad para el consumo diario de la familia. El agua debe ser tratada mediante procesos de clarificación y desinfección caseros antes de consumirla. Es posible que con esta solución solamente se pueda lograr un nivel de servicio bajo, lo que significa una dotación de 20 lppd o aún menos.

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. La solución alternativa es la construcción de reservorios o microembalses con capacidad suficiente para mantener un nivel de servicio alto, es decir, para una dotación entre 40 y 100 lppd. Si el reservorio se construye por debajo del nivel de la vivienda necesitará bombeo para llenar el tanque de consumo domiciliario diario. Además el agua debe ser tratada mediante procesos de clarificación y desinfección caseros que más adelante se recomiendan, antes de consumirla.

## 8.4.2. Vivienda rural con abastecimiento precario

Son aquellos casos donde la población rural dispersa o nucleada, teniendo un sistema de abastecimiento con distribución domiciliaria o un acueducto rural, está sujeta a racionamiento de agua. Esto ocurre cuando se presentan recurrentes periodos de sequía originados por un régimen pluvial marcadamente estacional, ya sea monomodal o bimodal<sup>12</sup> según la región del país; o por cambios climáticos severos que reducen la oferta hídrica; o por deficiencias en la construcción y operación del acueducto. La solución alternativa que procede en este caso es la captación del agua lluvia en época de invierno para almacenarla en tanques subterráneos cerca de la vivienda. Esta solución requiere además de un sistema de elevación de agua o bombeo a un tanque domiciliario por encima de la casa y con capacidad para el consumo diario de la familia durante el tiempo que tradicionalmente dura el racionamiento. El agua debe ser tratada mediante procesos de clarificación, filtración y desinfección caseros antes de consumirla. Con esta solución se puede lograr un nivel de servicio medio, lo que significa una dotación entre 20 y 40 lppd.

## 8.4.3. Vivienda rural de regiones semiáridas

Las regiones semiáridas son aquellas de tradicional escasez de agua o marcados procesos de desertificación con precipitación promedio anual inferior a 800 mm como sucede en la región Caribe y en algunas provincias de Boyacá,

<sup>12</sup> En la región Andina colombiana hay dos estaciones de lluvias (bimodal), así: la primera abarca los meses de abril, mayo y junio y la segunda los meses de octubre, noviembre y diciembre. En los Llanos orientales, la Amazonia y la región Caribe hay una sola temporada de lluvias (régimen monomodal) que dura 6 meses y va de junio a diciembre. Estos ciclos pueden ser alterados por los fenómenos de variabilidad climática denominados El Niño (sequía) y La Niña (alta pluviosidad) que hoy en día el IDEAM a través de una red internacional de meteorología puede monitorear para pronosticarlos al público con suficiente antelación.

Santander y norte de Cundinamarca. 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. Esta solución requiere además de un sistema de elevación de agua o bombeo a un tanque domiciliario por encima de la casa y con capacidad para el consumo diario de la familia. El agua debe ser tratada mediante procesos de clarificación y desinfección caseros antes de consumirla. Es posible que con esta solución solamente se pueda lograr un nivel de servicio bajo, lo que significa una dotación de 20 lppd o aún menos.

#### 8.4.4. Vivienda rural de regiones muy húmedas

En aquellas regiones de alta pluviosidad como la costa del Pacífico<sup>13</sup> y la Amazonia, la solución alternativa dependerá en buena medida de la calidad y cantidad de agua de las fuentes superficiales o subterráneas disponibles. Sin embargo, la alternativa más práctica de abastecimiento de agua para la población rural que habita en estas regiones siempre ha sido la captación del agua lluvia a través del tejado de cada vivienda. Si éste se construye con una cumbrera alta, que permita el almacenamiento para el consumo diario, a una altura conveniente, se puede evitar el bombeo. Otra solución de tipo comunitario es la construcción de “casas aguateras” que mantienen un almacenamiento permanente en varios tanques domiciliarios para que el agua sea recolectada por la comunidad como si se tratara de pilas públicas. De esta forma se puede obtener fácilmente un nivel de servicio medio, lo que significa una dotación entre 20 y 40 lppd.

#### 8.4.5. Regiones donde el agua disponible tiene una alta concentración de cloruros

La solución que procede en este caso es utilizar el agua salobre de la fuente superficial o subterránea para la higiene del hogar y captar el agua lluvia para bebida y cocción de alimentos. Así, se puede obtener un nivel de servicio alto, lo que significa una dotación entre 40 y 100 litros por persona al día (lppd).

#### 8.4.6. Regiones donde el agua disponible tiene un alto grado de contaminación microbiológica o química

Son aquellas regiones donde las fuentes de agua superficiales o subterráneas disponibles, por tener un alto grado de contaminación

<sup>13</sup>El departamento de Chocó, ubicado en la región Pacífica de Colombia, representa una de las fuentes hídricas más importantes del mundo gracias a la gran cantidad de lluvias que se registran en la zona. La precipitación característica en el departamento del Chocó alcanza órdenes de magnitud comprendidos en el rango de los 8000 a 12000 milímetros al año, lo cual hace que esta área sea clasificada como una de las regiones más lluviosas del globo.

microbiológica o química, no cumplen con los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico establecidos en el Decreto 1594 de 1984. De no ser posible un tratamiento económico de estas aguas, la solución alternativa que se podría recomendar para 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. Esta solución requiere además de un sistema de elevación de agua o bombeo a un tanque domiciliario por encima de la casa y con capacidad para el consumo diario de la familia. El agua debe ser tratada mediante procesos de filtración y desinfección caseros antes de consumirla. Es posible que con esta solución solamente se pueda lograr un nivel de servicio bajo, lo que significa una dotación de 20 lppd o aún menos.

## 8.5. Factores que condicionan la selección de soluciones alternativas<sup>14</sup>

Los factores que generalmente inciden en la selección de una solución alternativa de provisión de agua cuando no es posible atender a la comunidad con un sistema centralizado de abastecimiento o acueducto rural que garantice en forma permanente los objetivos de calidad del Decreto 1575 de 2007 son de tipo técnico, económico, social y cultural como se verá más adelante. La secuencia de su aplicación debe ser analizada de forma tal que permita establecer la alternativa tecnológica y el nivel de servicio más convenientes.

### 8.5.1. Factores técnicos

#### 8.5.1.1. Rendimiento de la fuente

Una vez estudiadas todas las posibilidades de oferta de agua (superficial, subterránea, lluvia, etc.), se determina cuál es aquella fuente que en cantidad, disponibilidad y calidad puede garantizar un suministro sostenible con un nivel de servicio que pueda manejar la comunidad a ser beneficiada durante los periodos más críticos de escasez de agua.

#### 8.5.1.2. Nivel de servicio

El nivel de servicio está directamente relacionado con el rendimiento de la fuente en su condición más crítica. Se han considerado los siguientes rangos:

<sup>14</sup> Este capítulo recoge las recomendaciones que la Organización Panamericana de la Salud presenta en el documento “Consideraciones para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en sistemas de abastecimiento de agua” OPS/CEPIS/02.57 UNATSABAR, adaptándolas a las condiciones de Colombia.



- Nivel de servicio 1 – bajo: Dotación menor o igual a 20 lppd. Este es un nivel de servicio bastante precario para la provisión en el periodo de tiempo más crítico al final de una escasez prolongada de oferta de agua, en donde los sistemas centralizados pueden ser sometidos a racionamientos rigurosos o cuando las fuentes de agua disponibles en el predio reducen su caudal drásticamente.  
En estas condiciones el agua para consumo humano debe limitarse al agua de bebida, la necesaria para preparar los alimentos de la familia, y el lavado de manos y utensilios de cocina. Estas dos últimas pueden ser almacenadas para reusarlas en la descarga del inodoro.
- Nivel de servicio 2 – medio: Dotación entre 20 y 40 lppd. Este es un nivel de servicio que obliga también al uso eficiente y ahorro del agua en el hogar y es el que se da generalmente cuando la provisión se hace acarreado el agua desde pilas públicas o desde aljibes o cuando el sistema centralizado de agua está sometido a un régimen de racionamiento de medio tiempo. En estas condiciones el agua debe usarse primordialmente para bebida, la necesaria para preparar los alimentos de la familia, aseo corporal limitado, lavado de manos, y utensilios de cocina, y descarga del inodoro con agua reciclada. El lavado de ropa deberá ser programado con los ahorros que se puedan almacenar.
- Nivel de servicio 3 – alto: Dotación entre 40 y 100 lppd. Este también es un nivel de servicio que obliga al uso eficiente del agua en el hogar pero que permite, además de los usos anteriores, cubrir el lavado de ropa y la limpieza del hogar.

Los niveles de servicio dados anteriormente son referenciales e indican rangos de dotación que pueden variar en función de las condiciones culturales, económicas, pero sobretudo climáticas del lugar de intervención.

### 8.5.1.3. 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. Estas alternativas tecnológicas están compuestas por los siguientes sistemas:

- Captación de agua superficial como solución individual.
- Captación de agua subterránea como solución individual o multifamiliar.
- Captación y almacenamiento de agua lluvia.
- Medios alternativos de almacenamiento de agua en las fincas.

- Elevación de agua.
- Captación de agua de neblina.
- Desalinización.
- Pretratamientos.
- Clarificación del agua.
- Filtración.
- Desinfección.

#### 8.5.1.4. Ubicación de la fuente

La fuente de agua puede estar ubicada a una cota superior o inferior (msnm) de la localidad para el caso de sistemas centralizados que abastecen vivienda rural nucleada o para sistemas individuales que surten vivienda rural dispersa lo que permite definir si el abastecimiento se hará por gravedad o por bombeo.

### 8.5.2. Factores sociales

#### 8.5.2.1. Características de la población

Tal como quedó definido en el recuadro del numeral J.8.1 “Alcance”, en la zona rural colombiana se distinguen 2 clases de asentamientos: los centros poblados o población nucleada concentrada en caseríos o conjuntos de máximo 500 habitantes y la población dispersa constituida por fincas y viviendas dispersas.

#### 8.5.2.2. Tipo de servicio

Está representado por el resultado o la definición de la opción tecnológica y nivel de servicio que mejor se adecuan a las necesidades de la comunidad y que responden a las características físicas, económicas y sociales de la misma. Al efecto, se han considerado tres tipos de servicio básicos: familiar, multifamiliar y comunal.

- Familiar: permite la atención de 1 a 5 familias.
- Multifamiliar: facilita la atención a grupos que van de 5 a 20 familias.
- Comunal: permite la atención a grupos de más de 21 familias.

#### 8.5.2.3. Organizaciones prestadoras

Los esquemas institucionales que se emplean para la provisión de agua en la zona rural colombiana, difieren notablemente de los utilizados en la zona urbana. Básicamente son entidades de carácter comunitario y en su orden

de importancia son las denominadas: juntas administradoras, juntas de acción comunal, las asociaciones de usuarios, y en menor medida entidades de carácter cooperativo. Un porcentaje muy importante de estos sistemas de abastecimiento (66%) no tiene ninguna entidad prestadora que las administre.

*Como las comunidades indígenas y las afrodescendientes colombianas están presentes en las dos clases de asentamientos característicos de la población rural, las recomendaciones que se dan en este manual son compatibles con su patrimonio cultural, pero se debe buscar primordialmente que su apropiación se haga respetando sus propios sistemas de organización social que son esencialmente de base comunitaria como los cabildos o a través de las figuras de autoridad tradicional a nivel interno como los gobernadores, chamanes, mamos, sabios, etc.*

## 8.5.3. FACTORES ECONÓMICOS

### 8.5.3.1. Condición económica

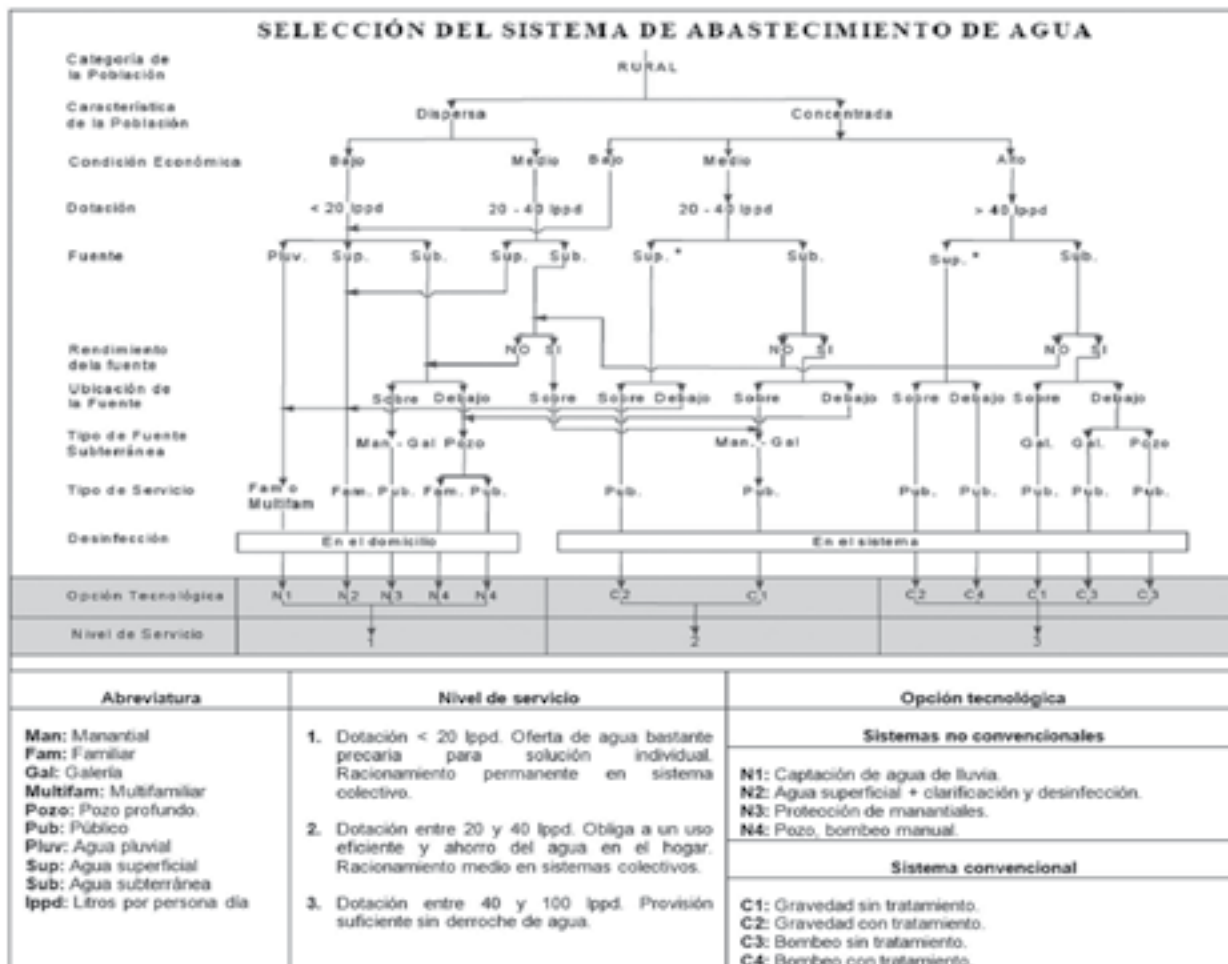
Es un factor muy importante porque permite limitar la opción tecnológica y el nivel de servicio, al afectar directamente el monto de inversión para la construcción de la alternativa tecnológica, ya sea colectiva o individual y los respectivos costos de operación y mantenimiento. Teniendo en cuenta los niveles de ingresos económicos de las poblaciones a ser atendidas, puede ser bajo, medio o alto.

- **Bajo:** Cuando los ingresos familiares corresponden al salario mínimo mensual de una persona que puede ser el del jefe del hogar.
- **Medio:** Corresponde a ingresos familiares equivalentes al 1,5% del salario mínimo mensual.
- **Alto:** Cuando los ingresos familiares equivalen a 2 ó más veces el salario mínimo mensual legal en Colombia.

## 8.6. Selección del sistema de abastecimiento de agua

El algoritmo<sup>15</sup> que a continuación se presenta, ayuda en buena medida a la selección de la alternativa tecnológica más adecuada para la vivienda rural, ya sea concentrada o dispersa.

<sup>15</sup> Un algoritmo es una serie de pasos organizados que describen el proceso que se debe seguir para dar solución a un problema específico.



Este algoritmo debe tomarse como una herramienta de orientación para los usuarios, no es un camino forzado que lleva necesariamente a la solución ideal, la cual puede estar sujeta a otras variables de decisión no contempladas. Puede conducir a una aproximación en muchos casos, pero finalmente son los técnicos de las autoridades sanitarias y ambientales de la región los que pueden hacer los ajustes para que la selección del sistema de abastecimiento de agua sea la más recomendable.

## 8.7. Captación de agua superficial como solución individual

Cuando hay disponibilidad permanente de agua superficial cerca de la vivienda rural, tal como se describe en el escenario J.8.4.1.1, ésta se puede captar por gravedad o por bombeo siguiendo la misma lógica de construcción de un sistema convencional de acueducto, asumiendo para este caso una dotación neta máxima que no supere los 90 litros por persona día (lppd) para clima frío o los 100 lppd para clima cálido.



Captación de agua superficial por gravedad

Debe tenerse presente la obligatoriedad del trámite y la obtención de la concesión de aguas en cumplimiento de los Decretos 1541 de 1978 y 1575 de 2007, o de las normas que los modifiquen o sustituyan.

### 8.7.1. Captación por gravedad

Si se trata solamente de la dotación de agua para una vivienda campesina y la topografía favorece el suministro de agua por gravedad desde una fuente superficial tal como un río, quebrada, lago, o nacedero, se recomienda construir una bocatoma lateral localizándola en un sitio de la orilla donde no se vaya a producir erosión del suelo ni sedimentación que la vaya a obstruir y que además esté aislada de posibles fuentes de contaminación. Si las condiciones topográficas y el régimen de caudal lo permiten, se puede construir una ataguía o microembalse que garantice un nivel mínimo en cualquier época del año con el fin de instalar, en lo posible sumergida, una criba para retener material de arrastre. Ésta puede ser una red de malla de alambre o un pedazo de tubo perforado, el cual debe quedar asegurado con un anclaje o cabezote de concreto para evitar que sea arrastrado por las crecientes de invierno. Desde este aditamento se instala la tubería de aducción, que preferiblemente debe ser de material flexible en  $\frac{1}{2}$ " ó  $\frac{3}{4}$ " de diámetro y aptitud para uso y desempeño en acueducto.

*Es importante tener en cuenta que las aguas superficiales, así tengan una apariencia cristalina (es decir, libres de turbiedad y color), contienen microorganismos, algunos de los cuales son patógenos. Estos últimos producen enfermedades que pueden prevenirse por medio de la desinfección del agua y otras técnicas que se recomiendan más adelante en el capítulo J.9.*

La aducción, dependiendo del uso del suelo por donde se vaya a instalar la tubería, debe quedar enterrada a una profundidad no menor de 40 centímetros siguiendo una pendiente de caída en dirección de la vivienda hasta un filtro que debe quedar ubicado cerca a la casa y si la topografía es favorable, ojalá en un sitio

por encima de ésta, de tal manera que favorezca la entrega del agua por gravedad. El filtro puede ser construido en mampostería de ladrillo o puede utilizarse un tanque comercial para almacenamiento domiciliario de agua que tenga una capacidad mínima de 250 litros, el cual se llena con material filtrante consistente en grava y arena seleccionadas, como se indica en el numeral J.9.7.1.

## 8.7.2. Captación por bombeo

Cuando la topografía no favorece la captación de agua desde la fuente superficial para luego ser conducida por gravedad hasta la vivienda, ésta se podrá elevar utilizando uno de los procedimientos que se indican en el numeral J.8.11, según sea el caso. Se recomienda construir cerca a la orilla de la fuente superficial (río, quebrada, manantial) una estructura cerrada en mampostería de piedra o ladrillo, de forma circular (diámetro interno mínimo de 1,50 metros) o cuadrada (1,50 metros de lado internamente), que a manera de cárcamo o pozo de quietamiento mantenga un nivel mínimo para elevar el agua con el equipo de bombeo seleccionado para tal fin. Para conectar la fuente superficial con esta estructura se puede construir un tramo de canal de aducción excavado a mano o una bocatoma con las mismas características recomendadas en el numeral anterior, conectando el aditamento de cribado a este pozo. El equipo de elevación debe quedar debidamente protegido y asegurado sobre esta estructura y con el espacio suficiente para labores de operación y mantenimiento. Si en la zona de captación la fuente tiene saltos o caídas se puede aprovechar la energía hidráulica para instalar una bomba de ariete cuyo funcionamiento se detalla en J.8.11.2.



Bomba de ariete

## 8.8. Captación de agua subterránea como solución individual o colectiva

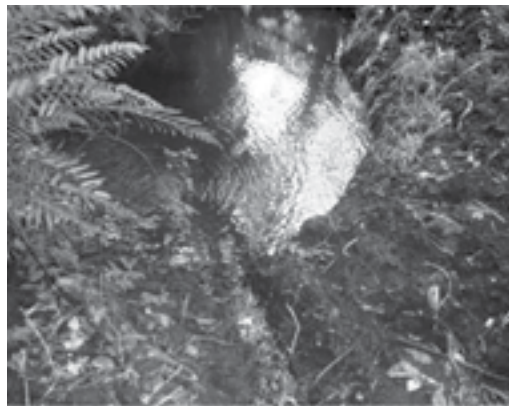
Cuando hay disponibilidad permanente de agua subterránea cerca de la vivienda rural, como se describe en el escenario J.8.4.1.2, ésta se puede captar por gravedad o bombeo de acuerdo con las siguientes características de fuente subterránea:

## 8.8.1. Manantiales

Llamados también nacederos, 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.

Los manantiales pueden proporcionar agua potable a bajo costo. En lo posible deben buscarse afloramientos de agua con nivel por encima de la vivienda para que sus aguas puedan conducirse por gravedad, por lo que es importante conocer la topografía del terreno. Si esta condición es posible, constituyen una excelente solución pero es imprescindible mantener la vegetación de la zona circundante e investigar la presencia de posibles fuentes de contaminación que puedan alterar la calidad del agua del manantial. Antes de iniciar su acondicionamiento debe hacerse una inspección visual minuciosa con el fin de obtener información sobre el origen del agua subterránea, la naturaleza de la capa acuífera, la calidad del agua, la escorrentía de las aguas lluvias aferentes al manantial en épocas de invierno y el rendimiento del manantial durante las distintas épocas del año.

La cantidad de agua que brota de un manantial puede aumentarse a menudo considerablemente haciendo una excavación alrededor del mismo hasta encontrar una capa impermeable a fin de retirar el fango, las rocas fracturadas y otros fragmentos de materia mineral.



Manantial excavado

El mejoramiento y protección de los nacederos de agua consiste en las siguientes prácticas:

- Limpieza del lugar del nacedero y áreas aledañas hasta localizar todos los puntos de afloramiento de agua. En caso de haber material suelto este se debe extraer y continuar la excavación hasta encontrar suelo firme.
- Construcción de una estructura que aisle y proteja el afloramiento principal.

- Construcción de zanjas de avenamiento o drenaje para conducir a esta estructura los afloramientos secundarios.
- Estructura de almacenamiento con rebose hacia el escurrimiento natural del nacedero. Esta estructura de almacenamiento deberá estar conectada a la tubería de aducción a través de una válvula o compuerta.
- Construcción de zanjas para desviar la escorrentía superficial de agua lluvia si ésta puede venir contaminada por suelos agrícolas o actividad humana.

La Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales de la OPS/CEPIS/04.107 UNATSABAR, Lima 2004, es un documento técnico que proporciona los elementos necesarios para asegurar el diseño adecuado y la construcción de este sistema de captación de agua.

## 8.8.2. ALJIBES

Son pozos de poca profundidad excavados a mano. Cuando dentro de la finca 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. Su construcción es relativamente sencilla pero de mucho cuidado, pues es necesario excavar verticalmente el suelo con herramientas manuales a profundidades que pueden variar entre 3 y 10 metros. Estos aljibes tienen generalmente un diámetro interno mínimo de 1,20 metros y si la estabilidad del terreno lo permite y la excavación está bien apuntalada para evitar el derrumbamiento de sus paredes, el revestimiento de éstas puede hacerse en mampostería de piedra o ladrillo a junta perdida, es decir, que el mortero de pega de estos elementos no cubra todas las superficies de contacto, con el fin de que por las cavidades que quedan se filtre el agua de terreno hacia el interior del aljibe.

Sin embargo, el proceso de construcción más recomendado para seguridad de los constructores es bajar la excavación a mano hasta una profundidad no mayor de un metro para ir hincando tuberías de concreto de 1,20 m de diámetro interno hasta encontrar el nivel freático. Dichos pozos se dotan de sistemas de extracción que pueden ser motobombas eléctricas, compresores o mediante bombas de pistón accionadas por turbinas eólicas (molinetes movidos por el viento).





Aljibe para extracción manual de agua

Hay que tener en cuenta también que bajo el fondo de muchos arroyos que se secan en verano se encuentran corrientes de agua subálveas que pueden ser aprovechadas mediante la construcción de aljibes ubicados convenientemente para que no interfieran el curso del agua en época de invierno.

### 8.8.3. Galerías filtrantes

Este es un sistema de captación de aguas subterráneas ubicadas bajo terrenos de ladera próximos a ríos o lagos. Esta solución puede resultar la más indicada cuando se desea obtener caudales que puedan satisfacer la demanda de agua para vivienda rural de centros poblados, especialmente si se trata de aprovechar un acuífero productivo.

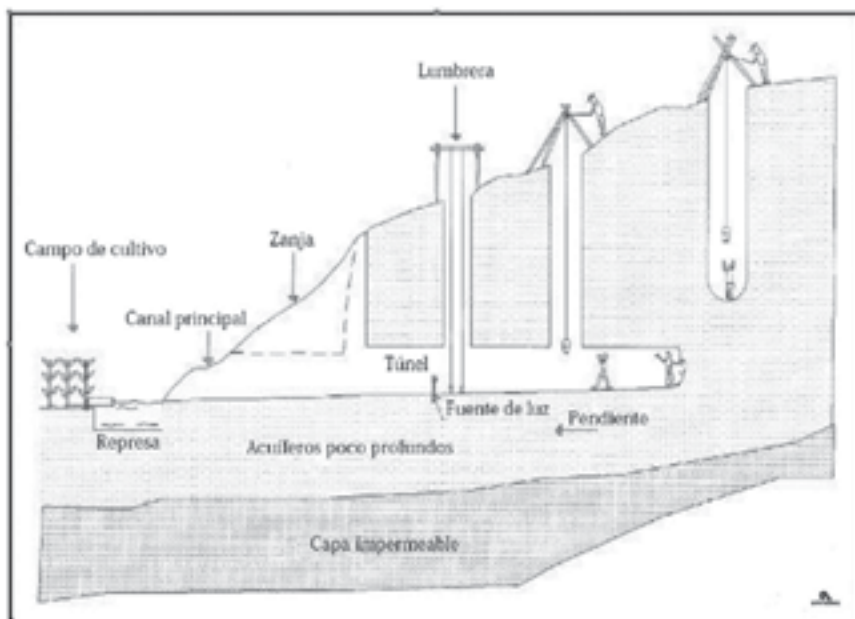
Las galerías filtrantes son excavaciones aproximadamente horizontales, es decir, con una ligera pendiente ascensional para asegurar su drenaje y son construidas con la misma geometría y procedimientos de construcción de los túneles de las minas para extraer minerales como carbón. En la medida que se avanza la excavación se van apuntalando las paredes y la bóveda con soportes de madera y tablas. Su construcción se inicia con un portal o boca de entrada desde donde se procede a excavar la galería propiamente dicha, buscando que la solera o parte inferior del túnel quede ubicada por debajo del nivel del agua en la zona de saturación y la parte superior o bóveda en la zona húmeda. El agua que brota de la bóveda, paredes y solera es recolectada y conducida por un canal construido en el fondo de ésta.

Existen diferentes técnicas para la construcción de las galerías filtrantes, pero la sección transversal debe tener dimensiones suficientes como para permitir el desplazamiento de los equipos de excavación y de las personas encargadas de su construcción. Las secciones mínimas son de 1,80 metros de altura x 1,20 metros de ancho y pendientes del piso entre 0.01 y 0.1%. Para facilitar los trabajos deben excavar pozos de ventilación cada 50 metros a fin de ventilar la galería y para retirar los materiales provenientes de la excavación.

La construcción de las galerías requiere de una cuidadosa planificación de los trabajos y su diseño debe estar soportado por estudios geotécnicos y de prospección de agua subterránea para asegurar el buen funcionamiento de las mismas. Con base en estos estudios se debe escoger cuidadosamente el método constructivo para evitar accidentes por derrumbamiento durante su construcción y posteriormente durante su operación.

El diseño dependerá en todo caso del tipo de material a excavar y su profundidad está en función del caudal que se quiera aprovechar. A la salida de la galería se debe construir un tanque de almacenamiento o represa con una compuerta o válvula desde donde se instala la tubería de aducción.

Figura J.8.1 Diagrama de construcción de galería filtrante



Las galerías filtrantes modernas se asemejan más a un dren, es decir, están constituidas por una tubería metálica perforada que se hincan en dirección aproximadamente horizontal, con la ayuda de perforadoras rotatorias, utilizando una técnica similar a la excavación y entubamiento de un pozo profundo.

Al igual que en las galerías filtrantes excavadas a mano, el hincamiento de la tubería se hace con una ligera pendiente ascendente que se direcciona hacia el interior del terreno de ladera en busca de puntos inferiores al nivel freático, de tal manera que permitan drenar un cierto caudal de agua subterránea.

La Guía de diseño para galerías filtrantes para pequeñas localidades de la OPS/CEPIS/03.78 UNATSABAR, Lima 2003, es un documento técnico que proporciona los elementos necesarios para asegurar el diseño adecuado de este sistema de abastecimiento de agua.

## 8.8.4. 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. El proceso de perforación cambia de rendimiento de acuerdo al estrato que está atravesando y la determinación de si éste es un acuífero o no, se hace con base en las muestras que se van extrayendo. Existen métodos mecanizados y manuales para perforar pozos. Existen diversos métodos de perforación manual, la mayoría de los cuales son por percusión.

El procedimiento aquí recomendado fue adaptado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente -CEPIS, la Organización Panamericana de la Salud -OPS y combina al mismo tiempo las técnicas de rotación y percusión, donde el origen de la fuerza motriz es la fuerza humana de los operadores o perforadores. Con la ayuda de una torre de 3 patas dotada con una polea en la cúspide, se levantan y se dejan caer libremente barras de perforación que llevan una broca en la punta, que después de quedar enterradas en el suelo, se giran manualmente en el sentido de las manecillas del reloj y de esta manera se va extrayendo el material rocoso por abrasión del mismo.

Este sistema de perforación de tipo artesanal se viene utilizando en forma exitosa en algunos países de la región andina en zonas donde el acceso de equipos es difícil y costoso. La perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro siguiendo este modelo va orientada a población de escasos recursos que habitan en regiones aisladas, permitiéndoles acceder a fuentes hídricas subterráneas de una manera simple y económica, mejorando sustancialmente su calidad de vida.



Perforación manual por percusión – rotación



Lubricación de la perforación con bentonita

La Guía RAS 007 “Perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro”, ilustra detalladamente el desempeño de estos equipos y el

procedimiento detallado de su operación con base a la experiencia de la OPS/CEPIS<sup>16</sup>.

## 8.9. Captación de agua lluvia

En el territorio colombiano existen pocas regiones sometidas a condiciones de sequía permanente que las clasifican como desérticas. El norte de La Guajira, el cañón del Chicamocha, el desierto de la Tatacoa y algunos sectores aledaños a la región de Villa de Leyva donde la precipitación promedio anual es inferior a 500 mm, se caracterizan por tener una cobertura vegetal bastante escasa y unos rangos de variación diaria de la temperatura del orden de 30° ó más (máxima en el medio día y bastante baja durante la noche). Aun así en estas regiones se presentan periódicamente aguaceros que pueden ser aprovechados para almacenar sus aguas, racionalizando su posterior consumo de acuerdo con la oferta.

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. Sin embargo, cuando se trata de resolver el problema de abastecimiento para la vivienda rural dispersa sujeta a cualquiera de los escenarios relacionados en el numeral J.8.4 exceptuando J.8.4.1 y J.8.4.2, esta solución vuelve a ser una alternativa válida por los beneficios que reporta.

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.

### 8.9.1. Entorno donde aplica

Es una solución que aplica primordialmente para atender las necesidades de agua para consumo humano de la vivienda rural dispersa, en regiones con niveles de precipitación pluviométrica que hagan posible un adecuado abastecimiento de agua lluvia. Sin embargo, también se recomienda para vivienda rural nucleada y en algunos casos para vivienda urbana donde el lote permita construir un almacenamiento suficiente para cubrir las necesidades de agua para uso doméstico, cuando haya racionamiento en el sistema de acueducto.

### 8.9.2. Beneficios del sistema

Su aplicación resuelve un problema de escasez de agua permanente o temporal, es decir, en las temporadas de estiaje cuando se secan las fuentes

<sup>16</sup>En el departamento de La Guajira y con algunas modificaciones a la tecnología original, fueron construidos tres pozos de este tipo en donde intervino el personal del SENA Regional Guajira quienes además de realizar el manual, aportan la experiencia para la construcción de pozos perforados manualmente en otras regiones del país.

superficiales y subterráneas o falla el suministro de agua a través del acueducto veredal, el almacenamiento de agua lluvia está disponible para atender la demanda de agua en el hogar, previo tratamiento preventivo a nivel casero. Además la captación de agua lluvia para consumo humano en la vivienda rural dispersa presenta las siguientes ventajas:

1. Es económico desde el punto de vista de la calidad físico química y sólo necesita desinfección preventiva, pues entre todas las formas en que el agua se encuentra en la naturaleza es la más limpia, ya que dentro del ciclo hidrológico ésta pasa del estado gaseoso al líquido en la atmósfera y se precipita.
2. Es un sistema individual de provisión de agua independiente y autosostenible, sin existir tarifas.
3. Resultados a corto plazo y bajo costo frente a la solución centralizada.
4. Mejora la calidad de vida del hogar.
5. Puede ser construido por el propio beneficiario.
6. Le permite al beneficiario dedicar más tiempo a otras actividades productivas.
7. Ahorro considerable de energía.

### 8.9.3. Desventajas del sistema

1. La inversión inicial para instalar y construir en la vivienda los elementos funcionales (canaletas, bajantes, filtro y almacenamiento) puede ser un poco alta y su implementación puede ser un impedimento para familias de bajos recursos económicos, sobre todo si es necesario hacer cambios en la estructura o en el material del techo.
2. La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.
3. La dotación de agua por persona puede ser drásticamente disminuida a menos de 20 lppd para cubrir las necesidades básicas durante la temporada de sequía.
4. Se hace necesario el mantenimiento permanente de los elementos funcionales.

### 8.9.4. Factibilidad

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para las viviendas rurales de una determinada región es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

1. Factor técnico. Los factores técnicos a tener presentes son la producción u oferta y la demanda de agua.
2. Factor económico. Existe una relación directa entre la inversión requerida para implementar el sistema y el área de captación y el volumen de almacenamiento, resultando muchas veces una restricción para la mayor parte de los interesados.

En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por persona y por día, la misma que permite satisfacer sus necesidades básicas elementales.

Asimismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio.

Con el propósito de tener una base sobre los patrones de consumo, se anexa la siguiente tabla, la cual contempla los volúmenes unitarios mínimos y típicos en una vivienda campesina en clima frío con un aparato sanitario de flujo y descarga, una ducha, un lavamanos, un lavaplatos y una alberca para lavar la ropa.

Tabla J.8.1

Consumos mínimos frente a consumos típicos en una vivienda campesina de clima frío

USO	CONSUMO MÍNIMO <sup>17</sup> (en l/hab. - día)	CONSUMO TÍPICO (en l/hab. - día)
Lavado de ropa	12	25
Aseo personal	10	20
Descarga de sanitario	6	18
Cocina	12	25
Otros usos como lavado de pisos, riego de huerta casera y bebedero de animales domésticos	5	12
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

3. Factor social. En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se deben tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Al efecto, el responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear.

Los análisis deben considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos

17 Caso estudiado.

Cuando un acueducto veredal, como el de este ejemplo, tiene que racionar el agua a 4 horas cada dos días por baja oferta de la fuente, una familia campesina de 5 personas que almacena agua en un tanque de 500 litros de capacidad, debe restringir sus consumos al mínimo que se muestra en la tabla para superar la escasez.

en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad en la implementación del proyecto.

### 8.9.5. Elementos funcionales para el diseño

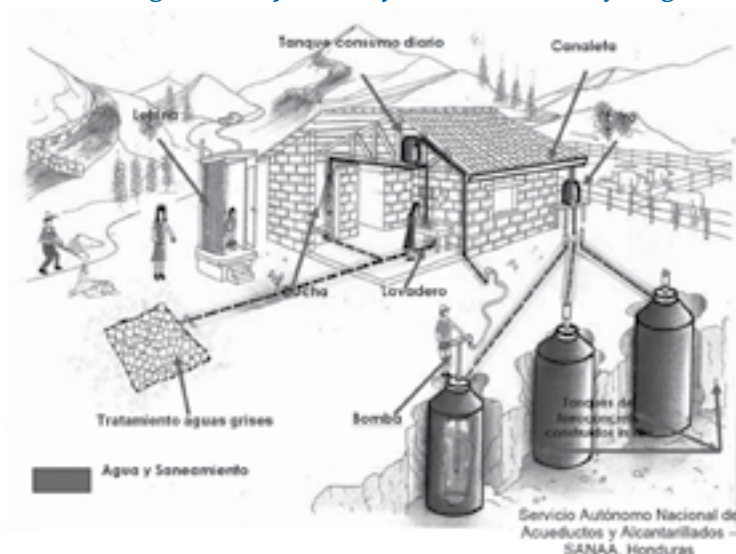
El diseño debe tener en cuenta los elementos funcionales del sistema que son:

1. El techo que en la vivienda rural colombiana generalmente es construido con teja metálica, asbesto – cemento, arcilla cocida, plástico o con material vegetal. Estos elementos son colocados sobre una estructura o cumbrera de madera o metal.
2. La(s) canaleta(s) de aguas lluvias que dependen del número de vertientes que tenga el techo. Éstas se consiguen en material plástico, lámina galvanizada, asbesto – cemento o también pueden ser fabricadas en guadua.
3. La(s) bajante(s) de aguas lluvias que son de lámina galvanizada u otros materiales.
4. Un filtro o sistema de cribado para retener las hojas y las impurezas acumuladas en el techo, especialmente después de una larga temporada de sequía. Puede ser una caneca metálica de 20 litros conteniendo grava o arena gruesa. Se conecta en la(s) bajante(s) antes de su descarga al tanque.
5. Un sistema de compuerta instalado encima del filtro, para descartar y desviar el agua del primer aguacero de la temporada de lluvias.
6. Tanque de almacenamiento rectangular o cilíndrico, construido(s) cerca de la vivienda con mampostería de piedra, ladrillo o concreto, enterrados o semienterrados para almacenar el volumen de agua diseñado para la época de sequía. El tanque debe ser cerrado, con tubería de ventilación de máximo 1" y tapa pesada para ser retirada solamente para fines de mantenimiento por personas adultas. Pueden usarse también tanques comerciales de plástico disponibles en diferentes tamaños, que para este propósito van desde 2.000 litros a 10.000 litros de capacidad.
7. Tanque de reserva para consumo diario con una capacidad mínima de 200 litros para atender las necesidades domésticas. Éste debe ser construido o colocado en la cumbrera del techo de la vivienda o sobre una estructura de mampostería adosada a la vivienda o a un lado de ésta, con una altura superior a dos metros. Pueden usarse también tanques comerciales de tamaño doméstico en plástico o asbesto cemento con capacidades de 250, 500 y 1.000 litros.
8. Instalación hidráulica interna de media pulgada de diámetro para

suministrar agua desde el tanque domiciliario al lavaplatos y un lavamanos como mínimo.

9. Una bomba manual o eléctrica para elevar el agua del tanque enterrado al domiciliario.
10. Otros elementos funcionales de captación de agua lluvia cerca de la vivienda de la finca pueden ser las terrazas cementadas construidas para el secado de granos.

Figura J.8.2 Diagrama captación y almacenamiento aguas lluvias



## 8.9.6. Recomendaciones para el diseño del sistema

Las recomendaciones más importantes para tener en cuenta en el diseño de sistemas de captación de agua lluvia para uso doméstico aprovechando el techo de la vivienda y las superficies duras de su entorno, son:

1. El conocimiento del régimen hidrológico de la región donde se va a desarrollar el proyecto. El sistema debe estar basado en los datos de precipitación mensual que reporte para la región el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, con base en registros históricos de por lo menos 10 años.

El programa Hidrosig del Atlas Hidrológico de la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, es una herramienta para ser considerada en el diseño. Éste puede ser consultado en la página Web <http://hidraulica.unalmed.edu.co/hidrosig/>



*De todas maneras es importante considerar los periodos de sequía más largos registrados en la región por parte del IDEAM. En la región andina colombiana esa condición extrema puede llegar a ser de tres meses y en la costa del mar Caribe y en la Orinoquia puede ser de hasta seis meses.*

Con base en la información anterior se debe determinar el promedio mensual de la precipitación en la temporada de lluvias, correspondiente al periodo de años analizados y calcular el volumen de la oferta mensual de agua lluvia. En la zona andina colombiana sería el promedio de la precipitación de la primera temporada de lluvias correspondiente a los meses de abril, mayo y junio y luego el de la segunda temporada en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Este valor se expresa en mm/mes y se convierte a litros/m<sup>2</sup>/mes.

2. La determinación de la demanda. En regiones de baja oferta hídrica, la demanda de agua estimada para el diseño de sistemas de captación de agua lluvia para la vivienda rural dispersa de una determinada región debe estimarse como mínimo en 20 litros diarios por persona en los periodos más críticos, teniendo en cuenta solamente: bebida, preparación de alimentos, lavado de utensilios de cocina y lavado de manos.

Los aspectos de higiene personal y lavado de ropa deben atenderse con otras fuentes de agua. Lo anterior considerando que la disposición de las excretas se hace en letrinas o mediante cualquier otro procedimiento de saneamiento ecológico diferente al convencional de flujo y descarga. Aun cuando el censo general del DANE 2005 reporta 4.2 personas por hogar para la zona rural, lo recomendable sería considerar 5 personas para los hogares de la vivienda rural dispersa, es decir una demanda mínima diaria de 100 litros por hogar en situaciones de sequía crítica.

3. Superficie de la captación. Se debe calcular el área de la proyección horizontal de las superficies de captación, o sea el techo de la vivienda y eventualmente de las terrazas o patios de su entorno si estas van a ser utilizadas, en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).
4. Material del techo y de las terrazas. Se debe tener en cuenta el tipo de material del que están o van a estar construidas estas superficies para tener en cuenta el coeficiente de escorrentía<sup>18</sup> que para techos de:
  - Teja de lámina plástica = 0.9
  - Lámina metálica galvanizada = 0.9
  - Teja de asbesto cemento = 0.9
  - Teja de arcilla cocida = 0.8 a 0.9
  - Madera = 0.8

- Paja = 0.6 a 0.7
  - Pisos cementados = 0.9
  - Piso pavimentado con ladrillo = 0.8
5. Volumen de la oferta de agua lluvia. El cálculo del volumen de la oferta de agua que se puede captar en los meses de invierno está dado por la fórmula:

$$V_o = \frac{p_i \times c_e \times A}{1000} \quad \text{Formula J.8.1}$$

Donde,

$V_o$ : = volumen de la oferta de agua en m<sup>3</sup>/mes

$p_i$  = precipitación mensual. La precipitación usualmente se da en mm/mes.

$A$  = proyección horizontal del techo en m<sup>2</sup>

$c_e$  = coeficiente de escorrentía

**Ejemplo:** calcular el volumen de la oferta de agua lluvia  $V_o$  que puede captar una vivienda con techo de barro que cubre una superficie de 100 m<sup>2</sup> en el sur del departamento de Santander con base en la oferta de agua lluvia que para los meses de abril, mayo y junio ha tenido una precipitación mensual promedio de 450 mm/mes en los últimos 10 años.

$$V_o = \frac{450 \text{ mm / mes} \times 0,8 \times 100 \text{ m}^2}{1000} = 36 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

## 8.9.7. Diseño del almacenamiento mediante tanques

El componente más importante de un sistema de captación de agua lluvia para el consumo humano de una vivienda rural es el almacenamiento, el cual puede estar constituido por uno o varios tanques cerrados.

### 8.9.7.1. Tanque principal

El volumen del almacenamiento del tanque se diseñará en función de la demanda de agua que se le asigne a la vivienda, del periodo de sequía más largo registrado en los últimos diez años, de la intensidad de las precipitaciones esperadas y del área de captación de aguas lluvias. Con este volumen se determinará el número de tanques a construir dependiendo de las facilidades de construcción: espacio, excavación, materiales, mano de obra.

Otra posibilidad es instalar tanques prefabricados en plástico para almacenamiento de agua que se pueden adquirir en el comercio con capacidades hasta para 10.000 litros. La dotación de agua está en función del periodo de sequía más largo registrado en los últimos diez años y del volumen de agua que pueda captar en los meses lluviosos.

Para el caso de los ejemplos del numeral anterior tenemos que el volumen de la oferta de agua que se puede captar durante los tres meses en invierno (abril, mayo y junio) sería de  $36 \text{ m}^3 \times 3 = 108 \text{ m}^3$ , con el cual una familia campesina de 5 personas podría atender la demanda doméstica y utilizar los excedentes para cultivos de pan coger en los siguientes tres meses de estiaje.

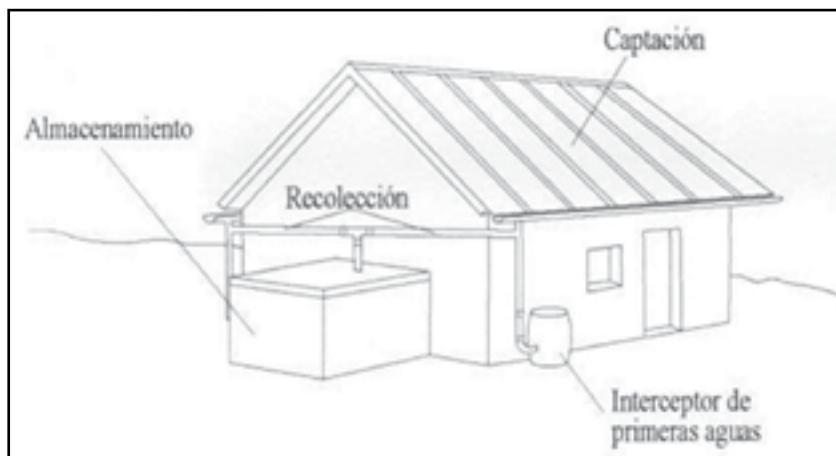
Sin embargo, construir tanque(s) de mampostería enterrado(s) o superficial(es) para atender la demanda doméstica de agua en condiciones especiales de sequía extrema es costoso, por lo que se asume que su volumen no sobrepasará los 15.000 litros (15  $\text{m}^3$ ) de capacidad útil (por ejemplo, 3 unidades de 5.000 litros cada una), lo cual significa una familia campesina de 5 personas residente en la zona andina deberá reducir drásticamente el consumo a lo estrictamente necesario con una dotación de 40 litros x hab./día para los tres meses siguientes de sequía que se puedan dar. Otra forma es tener reservorios de agua a cielo abierto cercanos a la vivienda para reforzar el almacenamiento.

El tanque de almacenamiento principal podrá ser enterrado, semienterrado o apoyado y su altura no debe sobrepasar los 2 metros. Si se construye apoyado a la vivienda se debe tener cuidado de no afectar su estabilidad sobre todo si ésta ya está construida. De todas maneras la parte superior del tanque no deberá estar a menos de 50 centímetros con respecto al punto más bajo del área de captación para permitir la instalación de la canaleta, el filtro y el sistema de limpieza para los primeros aguaceros.

La geometría del tanque puede ser rectangular o cilíndrica. Si se construye en mampostería de piedra o ladrillo el interior del tanque (paredes y fondo) deberá ser impermeabilizado con mortero de cemento, con terminado "esmalte".

La construcción más recomendable para tanques enterrados es la del cilindro en ladrillo dispuesto radialmente por ser la forma que mejor resiste el empuje del suelo. La base se construye en concreto reforzado y el cilindro remata con un cono de reducción que termine como mínimo a 20 centímetros de la rasante del piso. En otras palabras se puede seguir un diseño similar al de un pozo de inspección de alcantarillado de 1,5 m de diámetro interno y hasta 2,0 m de altura, pañetado interiormente y con la misma tapa pesada de ferroconcreto que se usa para estas estructuras.

Figura J.8.3 Componentes de un sistema de captación de agua lluvia  
OPS/CEPIS/02.60 Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico  
del Área Rural - UNATSABAR



Se insiste en que la tapa solamente debe ser removida para efectuar labores de limpieza o mantenimiento teniendo la precaución de ingresar después de que haya trascurrido un tiempo prudente de ventilación. En otras palabras, el tanque debe permanecer cerrado para evitar contaminación, conservar la calidad del agua lluvia y sobre todo evitar accidentes.

Si es necesario construir dos o más tanques de almacenamiento, el fondo de estos debe quedar al mismo nivel y se deben interconectar mediante tubería de 1" de diámetro, unos 10 centímetros por encima del fondo. Desde este almacenamiento se hará la conexión al tanque domiciliario, que como ya se dijo, deberá quedar instalado por encima del cielo raso de la vivienda.

Mediante una bomba manual o eléctrica se elevará el agua del tanque enterrado al tanque domiciliario y de allí mediante la instalación hidráulica interna se repartirá el agua a los diferentes puntos de consumo, con la advertencia de que a pesar de que se trata de agua lluvia, por el hecho de haber estado almacenada por algún tiempo y por simple precaución, debe ser tratada por cualquiera de las alternativas tecnológicas de clarificación, filtración y desinfección que se recomendarán en el Título J.9 para vivienda rural dispersa. Esta precaución se debe extremar si al tanque llegan también aguas procedentes de fuentes distintas a la lluvia.

La Guía de Diseño para captación del agua de lluvia de la OPS/CEPIS/04.122 Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural – UNATSABAR, Lima 2004, es un documento técnico que proporciona elementos de diseño para sistemas de captación y almacenamiento de aguas lluvias en viviendas ubicadas en zonas del país sometidas a racionamiento por prolongados periodos de escasez de oferta hídrica, ya sea porque falla el suministro de agua de los sistemas de acueducto centralizados, o por agotamiento de las fuentes superficiales cercanas a la vivienda rural dispersa.



SANAA República de Honduras.

*Una condición de seguridad muy importante para evitar accidentes es que el agua del tanque principal no debe ser extraída a través de la tapa de pozo sino únicamente mediante bombeo, ya sea manual o eléctrico. La tapa solamente se debe retirar para labores de limpieza las cuales deben ser hechas por una persona capacitada, previa ventilación y en lo posible asistido por otra persona desde afuera.*

### 8.9.7.2. Tanque para consumo diario

Estos pueden construirse en el sitio o adquirirse en el comercio para ser instalados sobre una estructura de mampostería cercana a la casa, o en la prolongación de una pared de fachada que remate en una base con capacidad para soportar el peso del tanque lleno de agua. También en la cumbrera del techo, pero de todas maneras como mínimo 2 metros por encima del dispensador de agua (grifo, ducha o cisterna) más alto de la vivienda.

La capacidad debe ser como mínimo de 200 litros si se construye en mampostería y de 250 litros si se adquiere en el comercio, ya sea en plástico reforzado con fibra de vidrio o en asbesto cemento. Este tanque para consumo diario debe permanecer tapado y es alimentado con una bomba manual o eléctrica desde el tanque de almacenamiento principal.

### 8.9.8. Almacenamiento de agua lluvia mediante reservorios

Para las viviendas rurales dispersas pueden construirse reservorios a cielo abierto o microembalses ubicados cerca de la vivienda, con una capacidad tal que puedan atender no solamente las necesidades de agua para uso doméstico, sino para satisfacer las necesidades de riego de la huerta casera. Se trata de

almacenamientos de agua lluvia captada en los techos de la vivienda, en terrazas, superficies impermeables o de arroyos de invierno. También con agua superficial proveniente de nacederos, de quebradas o riachuelos temporales.

En cualquiera de los casos se trata de almacenamientos a cielo abierto de máximo 100 m<sup>3</sup> de capacidad cuyo diseño y cuya construcción no requieren de procedimientos de ingeniería especializados y pueden ser excavados e impermeabilizados con la asesoría de un técnico de saneamiento ambiental o un funcionario de la corporación autónoma regional competente. Si la capacidad de almacenamiento supera los 60 m<sup>3</sup> porque se requiere usar agua para actividades agropecuarias durante la época de sequía y requiere tramitar y obtener la correspondiente autorización ambiental a que haya lugar.

La selección para el sitio de construcción de un reservorio de agua depende de los contornos del terreno de la finca, el tipo de suelo y de la observación de hacia dónde confluyen y se juntan los torrentes de aguas lluvias durante los aguaceros. Allí donde, cerca a la vivienda se dan condiciones de escorrentía abundante, impermeabilidad del suelo y condiciones topográficas favorables para conducir el agua por gravedad a la vivienda, se puede construir un almacenamiento excavado (reservorio), o eventualmente construir una ataguía de arcilla o material impermeable para formar un microembalse que pueda ser llenado no solamente con agua lluvia, sino con agua de nacederos o con agua derivada por gravedad de una fuente superficial temporal o permanente, si esto es posible.



Microembalse para acueducto rural en Sutatausa, Cundinamarca



Reservorio para usos múltiples en finca



Reservorio para usos múltiples en finca

### 8.9.9. Recomendaciones para el diseño de un reservorio

Este tipo de almacenamiento debe construirse a una distancia no menor de 50 metros de la vivienda no solamente para mantenerse aislado de la actividad de los insectos que inevitablemente va a producir el estanque, sino también por el riesgo que puedan ocasionar para la estabilidad de la vivienda las posibles infiltraciones de agua al terreno.

Al igual que un tanque, el volumen neto de almacenamiento de un reservorio o un microembalse se diseñará en función de la demanda de agua que se le asigne a la vivienda, del periodo de sequía más largo registrado en los últimos 10 años, de la intensidad de las precipitaciones esperadas, y del área de captación de agua lluvia, pero además hay que tener en cuenta la tasa de evaporación, que se puede compensar añadiéndole al volumen neto un 20% de excavación adicional. La infiltración se puede minimizar con el empleo de telas plásticas impermeables para cubrir el fondo y los lados de la excavación.

Es necesario prever la evacuación del exceso de agua que se pueda presentar durante un invierno prolongado o un aguacero muy fuerte, instalando en el extremo de aguas abajo del reservorio un canal o canaleta de rebose protegiendo su superficie y la zona de caída de la erosión mediante un recubrimiento en concreto.

Otra recomendación es que en lo posible se construya un desagüe de fondo con tubería plástica para uso de alcantarillado con una válvula para controlar la descarga. Esto con el fin de poder desocupar el embalse periódicamente para fines de limpieza y mantenimiento general, operación que se debe efectuar en temporada de invierno.

Tanto el rebose como la tubería de desocupado del reservorio deben descargar al desagüe natural donde se construya el reservorio.

Con el fin de reducir las pérdidas por evaporación es recomendable sembrar vegetación arbustiva alrededor del reservorio o microembalse y encerrar el área con una cerca de malla controlando el acceso con una puerta con el fin de evitar el acceso de niños y animales domésticos. No se debe permitir usar el agua almacenada en el reservorio para fines diferentes al de consumo humano.

Dependiendo de la altitud del reservorio con relación a la vivienda, la extracción del agua para el servicio de ésta, será por gravedad o bombeo.

## 8.10. Captación de agua atmosférica

En la atmósfera existe, en mayor o menor cantidad, agua en estado gaseoso la cual puede ser transformada en agua líquida, haciéndola circular a través de una superficie fría cuya temperatura esté por debajo del punto de rocío o punto de condensación del agua.

De igual manera en algunas zonas costeras y en las de alta montaña, la humedad atmosférica se condensa en diminutas gotas de agua que flotan y forman lo que llamamos niebla o neblina. En este caso también es posible por medios artificiales captar el agua atmosférica mediante el empleo de sistemas de colección simples y económicos formados por mallas que favorecen la coalescencia, es decir, el agrupamiento de millones de gotitas hasta formar una de mayor tamaño que se desliza por gravedad. Es importante tener en cuenta este tipo de oferta de agua dulce para captarla y solucionar con agua de muy buena calidad, la escasez que se pueda presentar en determinadas regiones donde ésta abunda pero no se precipita.

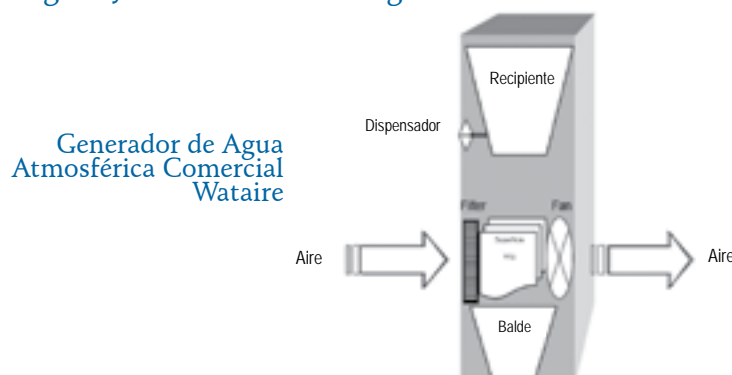
## 8.10.1. Generadores de agua atmosférica

Son aparatos eléctricos comerciales equipados con controles electrónicos cuya función es condensar la humedad del aire y generar agua para bebida en zonas o en regiones donde impera un clima bastante húmedo.

La máquina no solamente actúa como un generador de agua, sino también como un deshumidificador y puede ser instalada en la cocina o cerca de ventanas que permanezcan abiertas o en alcobas espaciosas. El agua almacenada es recirculada y tratada por rayos ultravioletas y entrega agua de bebida fría a través de un dispensador.

En muchas viviendas de la región Caribe y de San Andrés Islas, recogen en baldes el agua que continuamente están condensando los aparatos de aire acondicionado.

Figura J.8.4 Generador de agua atmosférica comercial



## 8.10.2. Cosecha de neblina



G. Soto Álvarez, Nacional Forestry Corporation (CONAF), Antofagasta, Chile.

Existe otro procedimiento que capta el agua de la atmósfera en zonas donde imperan condiciones climáticas de permanente neblina como ocurre en las zonas áridas costeras de Perú y Chile o en nuestros páramos.

Allí utilizan un captador artificial consistente en una malla plana que puede estar constituida por tela de costales de fique, la cual se ubica en forma



perpendicular a la dirección del viento predominante. Las diminutas gotas de agua que constituyen la neblina son atrapadas por la malla y se agrupan allí hasta formar una gota de mayor tamaño que se desliza por gravedad hasta ser colectada por una canaleta dispuesta en el borde inferior del panel que está sostenido por postes de madera y puede llegar a medir hasta 20 metros de longitud por unos 4 metros de altura. El agua colectada por la canaleta es conducida hasta un tanque de almacenamiento y de allí a la vivienda. No necesita tratamiento específico porque es agua pura, libre de bacterias y solamente se recomendaría desinfección preventiva antes de ser utilizada como agua de bebida si ha permanecido mucho tiempo almacenada.

Este tipo de captaciones se debe realizar bajo la autorización de la autoridad ambiental competente, debido a que puede afectarse el ciclo hidrológico en el ecosistema asociado a la neblina.

## 8.11. Elevación del agua

Hemos visto hasta aquí diferentes procedimientos para captar agua superficial, subterránea y atmosférica y su forma de almacenarla en grandes volúmenes para los meses de bajo rendimiento hidrológico. Sin embargo, cuando ese almacenamiento 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.

Los equipos de tipo convencional más difundidos para elevación de agua son las bombas centrífugas que son accionadas por un motor rotatorio de gasolina, diesel 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.

En segundo lugar están las bombas manuales ofrecidas en el comercio, las cuales son en su mayoría del tipo aspirantes e impelentes. Son bombas de desplazamiento que utilizan un pistón que se mueve dentro de un cilindro metálico el cual impulsa el agua mediante movimiento alternativo de este elemento llamado también émbolo. Unas válvulas charnela (véanse definiciones) colocadas en los pistones permiten el paso continuo del agua en la medida en que estos se desplazan alternativamente.

Existen numerosas aplicaciones de este principio, lo cual ha dado lugar a una gran diversidad de marcas comerciales. También están las bombas reciprocantes (véanse definiciones) que suministran presión a un líquido por acción de un pistón o émbolo en un cilindro. Sin embargo, mediante la aplicación de tecnologías apropiadas se han desarrollado equipos de manufactura casera para elevación manual de agua o equipos de bajo costo de operación porque no están supeditados al consumo de formas de energía convencionales y por lo tanto son compatibles con las condiciones sociales, culturales y económicas de la población rural dispersa.

Otras formas de elevar el agua sin tener que recurrir a formas de energía costosas son los arietes hidráulicos que aprovechan la energía hidráulica bajo la forma de pequeños saltos o caídas de agua; las bombas accionadas por energía eólica y las motobombas accionadas por energía eléctrica almacenada en baterías, generada por paneles solares.

### 8.11.1. 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 como en el caso de la alternativa anteriormente expuesta para la captación de agua lluvia con almacenamiento en tanques 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.



Cabezal tipo inflador



Cabezal palanca con surtidor móvil



Cabezal de palanca con surtidor fijo

#### 8.11.1.1. Bombas manuales comerciales

En los almacenes donde se comercializan productos para el campo, se consiguen diferentes tipos de bombas manufacturadas para accionamiento manual que pueden ser operadas con un mínimo esfuerzo y a un costo relativamente bajo. Son fáciles de instalar y sirven para los propósitos de la vivienda rural campesina que almacena agua en un tanque subterráneo y necesita elevarla a menos de 5 metros del nivel de operación. Generalmente son las bombas aspirantes – impelentes mencionadas anteriormente.

#### 8.11.1.2. Bomba de mecate<sup>19</sup> o de sogá

Es un elevador de agua que está compuesto por una rueda con manivela, que puede ser el rin de una bicicleta o el aro interno de una llanta de carro desechada, que sirve de polea y enrolla una cuerda de cabuya o nailon

<sup>19</sup>Esta bomba fue introducida hace más de 20 años en Nicaragua. Es producida por microempresarios locales en las diferentes regiones rurales de ese país y es tan sencilla que el mismo usuario la puede construir o reparar.

llamada mecate en Centroamérica, cuerda que amarra varios pistones que se desplazan dentro de un tubo vertical de PVC que se sumerge en el agua. Cuando gira la polea el conjunto de cuerda y pistones se deslizan hacia arriba dentro del tubo y elevan el agua hacia la superficie.



SANAA República de Honduras.

### 8.11.1.3. Bomba de pistón ó Flexi – OPS

Esta bomba utiliza el mismo principio de las bombas para inflar llantas de carros y se puede fabricar en la casa o por microempresarios locales en talleres muy elementales.

Es muy sencilla, de fácil montaje y desmontaje, se puede fabricar en pequeños talleres mecánicos, con ayuda de pequeñas herramientas y tiene las siguientes características:

- Ligera, hecha de PVC.
- Construida con piezas disponibles en el mercado.
- Capacidad de extraer un volumen de 0,6 litros/golpe de una profundidad aproximada de 40 metros.
- Gran durabilidad.
- Fácil de instalar por ser flexible (se emplean tubos de polietileno de alta densidad (PEAD), para su instalación.
- Poco mantenimiento.

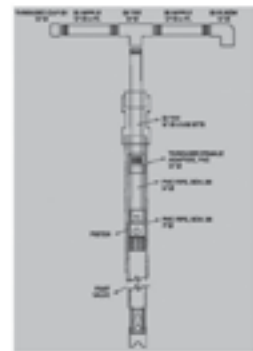


Operación manual de la bomba

Flexi – OPS



Detalle externo de la bomba



Detalle interno de la bomba

Es posible elevar el agua hasta 20 metros y extraerla desde 20 metros de profundidad con acción directa y sin palancas. El agua puede alcanzar una presión de hasta 2,5 Kg/cm<sup>2</sup> (25 m.c.a) y el caudal promedio es de 15 a 20 litros por minuto. Para su construcción se puede consultar la Guía de instalación de la bomba manual de agua diseñada por la Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural – UNATSABAR de la CEPIS/OPS.

#### 8.11.1.4. Bomba Heuser<sup>20</sup>

Es una bomba manual de tipo convencional que opera con una palanca para ser accionada a la altura de los hombros. Puede ser producida por microempresarios locales, pues es sencilla en su construcción. Está diseñada para extraer agua con facilidad desde 10 metros de profundidad. Sus piezas son bastante sencillas, por lo que su mantenimiento puede hacerse en el sitio de operación. Extrae como mínimo 0,4 litros por cada accionar de la palanca y tiene una vida útil de 20 años si se utiliza material anticorrosivo en su fabricación.



Extrayendo agua de pozo



Operación de la bomba Heuser

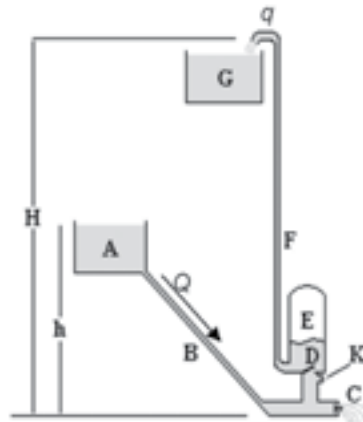
#### 8.11.2. Bomba de ariete

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  $q$  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. Ésta consiste en una tubería de carga de diámetro  $D$ , con pendiente bastante inclinada por donde desciende un caudal  $Q$ . Al final de esta tubería está el ariete que consiste de 2 válvulas de cheque  $C$  y  $D$  y una cámara amortiguadora con aire comprimido dispuestos de tal forma que al aumentar la aceleración y presión del agua que desciende por la tubería de carga, se cierra intempestivamente una

<sup>20</sup> Se fabrica en el departamento de Puno en el Perú.

válvula de cheque C y se produce un golpe de ariete que dispara un pequeño caudal  $q$  a través de una tubería de diámetro  $d$  a una altura  $H$  equivalente a 20 h. El caudal restante  $Q - q$ , al caer la presión, hace descender el pistón o válvula de cheque, la alivia, retorna hacia la quebrada y se repite de nuevo el ciclo.

Figura J.8.5 Esquema bomba de ariete



Ariete en la fase de alivio a través de la válvula de cheque

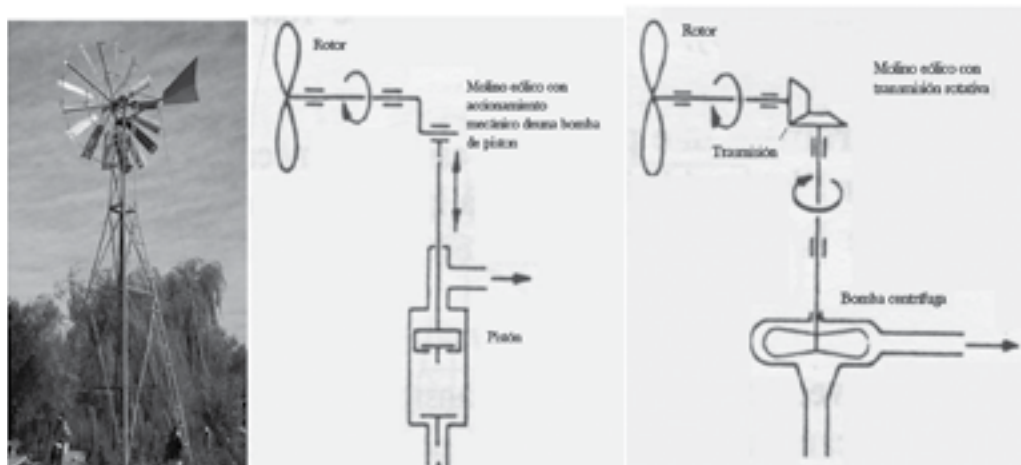
Este elevador de agua es ideal para fincas productivas en la zona andina donde además del agua para uso doméstico se puede extraer agua para riego sin consumir energía. Esto y su sencillez la hacen adecuada para lugares remotos o con población de bajos recursos en donde una motobomba eléctrica o de combustible resulta costosa. Los arietes se pueden conseguir en el comercio en almacenes agrarios, o se pueden fabricar siguiendo un plano de diseño.

### 8.11.3. 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.

Este tipo de bomba puede ser utilizada para las necesidades de riego y agua doméstica para una finca, o para abastecer acueductos rurales. Puede tener aplicación en regiones donde frecuentemente sopla el viento como es en la costa atlántica, en los llanos orientales y en los valles interandinos de Colombia. Tiene la ventaja de su economía en la operación al utilizar energía eólica. Como depende de la variación del régimen de vientos es necesario construir almacenamientos para asegurar el abastecimiento en forma permanente. Esta técnica es ideal para extraer agua subterránea en los llanos orientales, en la costa atlántica y especialmente en La Guajira donde desde hace varios años se viene utilizando.



#### 8.11.4. 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.

Con frecuencia, los sistemas solares domiciliarios son utilizados para satisfacer las necesidades de electricidad de un hogar. Los sistemas pequeños cubren las necesidades más básicas (iluminación y en algunos casos televisión o radio); los sistemas más grandes pueden alimentar, además, una motobomba eléctrica de agua.



### Panel solar, motobomba eléctrica, pozo de succión y almacenamiento

El conjunto electrógeno está compuesto por un panel solar, un controlador de carga, una batería de almacenamiento, instalación eléctrica y una estructura de soporte. El sistema completo puede ser adquirido en el comercio, pero para su diseño se requiere dimensionar el tamaño de la captación solar, o sea la cantidad de paneles solares en función de la carga. Las regiones ideales para aplicar esta tecnología son aquellas que durante el día tienen largos periodos de insolación como suele suceder en la Amazonia, en la Orinoquia y en la costa Atlántica.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL





## 9. SOLUCIONES APROPIADAS PARA CLARIFICACIÓN, FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN DE AGUA PARA VIVIENDA RURAL DISPERSA

### 9.1. Alcance

El propósito del presente capítulo es fijar los requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procedimientos y alternativas tecnológicas no convencionales, recomendados para tratar el agua destinada al consumo humano de los hogares que habitan en viviendas rurales dispersas y que disponen de soluciones individuales de abastecimiento de agua, o en viviendas rurales de población nucleada o dispersa con agua suministrada por sistemas de abastecimiento centralizados que no disponen de tratamiento para su potabilización.

En el área rural el agua puede tener varios usos como el de riego de cultivos y forrajes, consumo animal, piscicultura, descarga de sanitarios y consumo humano. En este capítulo se da especial importancia al agua para consumo humano como aquella que se usa para bebida directa o en la preparación de los alimentos de la población rural, sin producir efectos adversos a su salud.

*En la zona rural colombiana se distinguen dos clases de asentamientos: los centros poblados o población nucleada, concentradas en caseríos o conjuntos de máximo 500 habitantes y por lo menos 20 viviendas separadas por paredes, muros, cercas o huertas; y el segundo, el de población dispersa, constituido por fincas y viviendas dispersas separadas, entre otros, por áreas cultivadas, prados, bosques, potreros, carreteras o caminos.*

### 9.2. Condicionamiento

Las soluciones alternativas que en este capítulo se recomiendan van encaminadas a disminuir o eliminar el riesgo para la salud que implica

consumir agua cuya calidad no puede ser monitoreada en forma continua por el sistema de protección y control establecido en el artículo 1° del Decreto 1575 de 2007, como es el caso de la población que no dispone de la prestación del servicio público de acueducto en el municipio. El artículo 15 del mismo decreto, “Mapa de riesgo de la calidad de agua para consumo humano”, prevé que la autoridad sanitaria departamental o municipal junto con la autoridad ambiental respectiva, serán las responsables de elaborar, revisar y actualizar el mapa de riesgo de calidad del agua para consumo humano de los sistemas de abastecimiento y de distribución en la respectiva jurisdicción. Para tal efecto, deberán coordinar con los Comités de Vigilancia Epidemiológica (COVES) departamentales, distritales y municipales, con las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano y con la administración municipal; la identificación de los factores de riesgo y las características físicas, químicas y microbiológicas de las fuentes de agua aferentes a las captaciones de acueducto que puedan afectar la salud humana, contribuyendo con ello a las acciones de inspección, vigilancia y control por parte de las autoridades competentes.

La revisión y actualización del mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano de los sistemas de abastecimiento y red de distribución de la respectiva jurisdicción, se hará anualmente con base en la información suministrada por las autoridades ambientales competentes y secretarías de planeación municipal, según las normas legales vigentes.

## 9.3. Población objetivo

Las soluciones de tratamiento del agua para hacerla apta para consumo humano que en el presente capítulo se recomiendan, van dirigidas principalmente a la población que adopte cualquiera de las soluciones individuales de abastecimiento y almacenamiento relacionadas en el capítulo J.8 y que a continuación se relacionan:

### 9.3.1. Población rural que no dispone de la prestación del servicio público de acueducto en el municipio

Se trata de aquellos casos donde la densidad de población rural es muy baja, con notoria dispersión de las viviendas y por lo tanto resulta antieconómico construir acueductos veredales con tratamiento del agua y recurre a soluciones individuales de provisión de agua.

### 9.3.2. Población rural con sistema de abasto (sin tratamiento)

Aquellos casos donde la población rural dispersa o nucleada recibe agua de un sistema de abastecimiento o abasto y que de acuerdo con la definición del numeral J.1.5, carece de tratamiento y desinfección y es operado por una organización comunitaria.

### 9.3.3. Población rural con sistema de acueducto deficiente

Aquellos casos donde la población rural dispersa o nucleada tiene sistemas centralizados de acueducto que teniendo planta de tratamiento o de potabilización, no cumplen con las normas y criterios de calidad del agua para consumo humano de la Resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, soportados en concepto sanitario desfavorable emitido por la autoridad sanitaria. La aplicación de estas recomendaciones será por el tiempo que persista el concepto sanitario desfavorable o lo que indique el mapa de riesgo de calidad de agua para consumo humano.

*Es importante aclarar que cualquiera de las soluciones de tratamiento en el sitio de origen que se adopte, debe tener un alto componente de capacitación dirigido a la comunidad, con énfasis en las amas de casa quienes son las que administran el agua del hogar. La capacitación y el seguimiento debe hacerlos la autoridad sanitaria quien a través de sus promotores de saneamiento básico rural, ya sean del nivel municipal o departamental, deberán hacer un seguimiento permanente al procedimiento escogido, teniendo como referente el mapa de riesgo de calidad de agua para consumo humano reglamentado por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.*

## 9.4. Identificación y justificación de la alternativa tecnológica

Las autoridades territoriales que promuevan y desarrollen programas para dar solución al suministro de agua apta para consumo humano en la zona

rural, deberán, en conjunto con la autoridad sanitaria, identificar claramente los procedimientos o tecnologías apropiadas aplicables a su entorno regional, después de haber descartado como viables los sistemas de acueducto convencionales. Las alternativas tecnológicas seleccionadas deben justificarse con base en los escenarios que se describen en el numeral J.8.4 y por estar estrechamente relacionadas con la necesidad de resolver un problema de salud pública, su aplicación, desarrollo, implementación y seguimiento deben ser impulsados por la autoridad sanitaria a través de los técnicos de saneamiento o los promotores de saneamiento básico rural, ya sean del nivel municipal o departamental. Para cualquiera de las condiciones allí mencionadas, las autoridades departamentales o municipales de salud deberán recomendar la solución más apropiada, teniendo en cuenta las siguientes opciones tecnológicas.

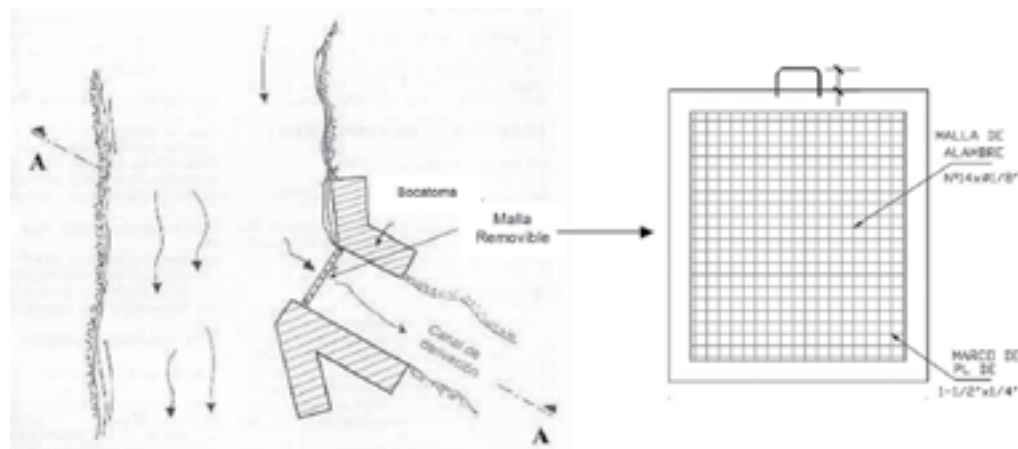
## 9.5. Pretratamientos

Existen procedimientos sencillos y prácticos 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, obteniendo de esta forma agua apta para consumo humano a nivel de la vivienda rural dispersa o cuando un sistema de abastecimiento centralizado carece de este tratamiento.

### 9.5.1. Cribado

El cribado es un procedimiento primario de clarificación del agua. Para las condiciones de captación de agua superficial por gravedad o bombeo como solución individual para la vivienda rural dispersa establecidas en el numeral J.8.7, y 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. También se puede instalar un sistema elemental de cribado que puede hacerse colocando hacia el centro de la corriente un tramo adicional de tubería flexible, fácilmente removible, para colocar en su extremo un recipiente metálico perforado, flotante o semi-sumergido, que se puede rellenar con material vegetal poroso. Si se dan condiciones favorables, se puede llevar a cabo en el sitio de captación la siembra de especies vegetales acuáticas o subacuáticas cuyas raíces y tallos sirvan para filtrar el agua de ingreso a la aducción.

Figura J.9.1 Esquema de una captación de agua superficial por gravedad

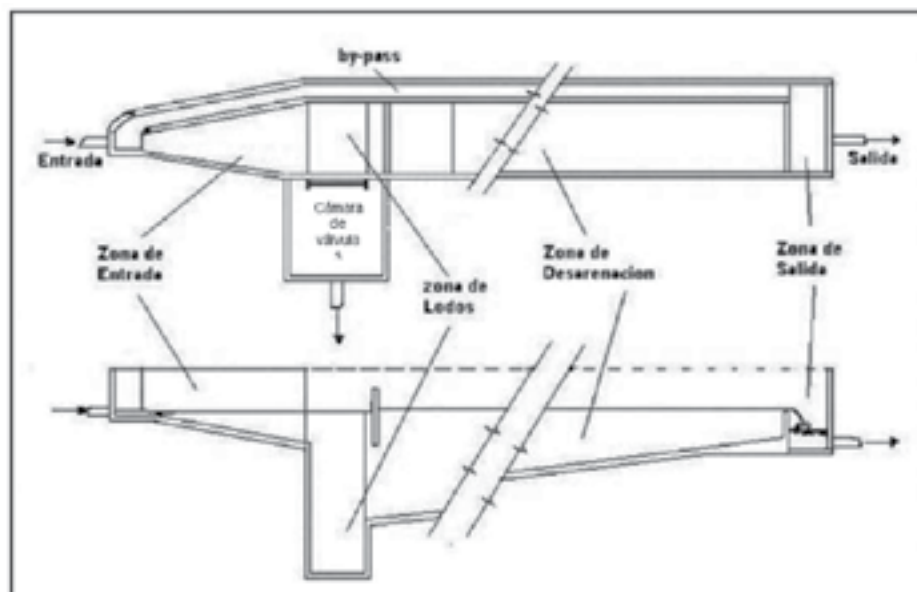


OPS/CEPIS/04.114 Y 115 – UNATSABAR

## 9.5.2. 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 en sistemas de captación como los descritos en J.8.7. Esta situación de turbiedad se presenta especialmente en ríos o quebradas de régimen turbulento que en temporada de lluvias pueden arrastrar una apreciable concentración de partículas sedimentables como gravilla, arena y lodo. Se trata de una pequeña estructura que se puede construir en mampostería de piedra o ladrillo y cemento, siguiendo las recomendaciones de ubicación, operación y mantenimiento del numeral B.4.4.6 del Título B Sistemas de Acueducto del Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. El dimensionamiento de un desarenador para una captación que no exceda de 8 m<sup>3</sup> diarios, puede reducirse a una estructura simple de 4 metros de largo, 60 centímetros de ancho, con una profundidad entre 40 y 80 centímetros que facilite el deslizamiento y la extracción de los lodos sedimentados manualmente, cada vez que se llene, proporcionando la estructura con la silueta del esquema a continuación.

Figura J.9.2 Esquema de un desarenador en planta y en perfil. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores OPS/CEPIS/05.158



## 9.6. Clarificación

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. En los procesos de clarificación del agua no solamente se remueve en mayor o menor grado la turbiedad, sino que ésta arrastra consigo un importante porcentaje de bacterias, virus y parásitos, sin que esto asegure que al final el agua sea potable y es por ello que adicionalmente hay que desinfectarla antes de su consumo.

A continuación se mencionan procedimientos sencillos y prácticos a nivel de vivienda, para mejorar las condiciones físicas del agua removiendo este tipo de turbiedad y el color. Consisten en la utilización de sustancias químicas o naturales llamadas coagulantes, que al ser añadidas y disueltas por agitación en el agua de un recipiente de volumen conocido, al entrar en contacto con las partículas en suspensión, las reúnen en pequeños grumos o flóculos que pasado un tiempo se precipitan al fondo del recipiente formando allí una capa de sedimento. Aun cuando el aspecto del agua sobrenadante mejora notablemente a simple vista, aún así se recomienda que sea filtrada y desinfectada, pues la sola clarificación no garantiza la remoción total de la contaminación microbiana.

## 9.6.1. 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. Es económico, se consigue en algunas farmacias o establecimientos que distribuyen productos químicos para piscinas y su presentación es en forma de pequeños cristales de color blanco o granos de color pardo. Sirven también para el mismo propósito otras sustancias químicas con propiedades coagulantes como el cloruro férrico anhidro o el policloruro de aluminio.

La capacitación para aplicar el procedimiento de clarificación con estas sustancias químicas, el recipiente donde se debe mezclar y su dosificación, deben estar formulados necesariamente por escrito por un técnico en saneamiento o promotor de saneamiento básico rural después de haber hecho varios ensayos para asegurarse que el miembro de familia que recibió la instrucción no va a incurrir en sobredosis o equivocaciones en el procedimiento que puedan alterar la calidad del agua con riesgo para la salud.

## 9.6.2. 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<sup>21</sup>.

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.

La toxicidad de estos polímeros naturales por lo general es mínima o nula, pues se les usa en muchos casos como comestibles o como aditivos en diversos productos alimenticios. Por las razones anteriores vale la pena considerarlos para su uso en los procesos de clarificación a nivel de vivienda rural dispersa.

Entre los polímeros naturales que tienen propiedades coagulantes o floculantes están: las penca de la tuna (*Opuntia schumannii* Webb) o cacto, especie originaria de la cordillera oriental colombiana; las algas pardas marinas de donde se extrae el alginato de sodio; los almidones que se extraen de los granos o tubérculos del maíz, el trigo, la papa y la yuca; y la corteza del algarrobo.

El procedimiento para clarificar el agua con cactus consiste en cortar cubos de 5 centímetros de lado de la penca (hoja del cactus) para machacarlas sobre piedras planas y luego verter el producto machacado, o mucílago, a razón

<sup>21</sup> Los campesinos de algunas regiones de Colombia, como en el área del mar Caribe, Perú y México emplean la penca de la tuna o nopal

de 5 gramos (1/2 cucharadita) en un recipiente con 20 litros de agua turbia. Se agita el agua con una paleta de madera durante 1 minuto y se deja sedimentar por espacio de 2 horas para utilizar el volumen superior de agua ya clarificado para después filtrarlo a través de una tela limpia y retener el material flotante.



Cactus o nopales silvestres

Otro procedimiento muy sencillo de clarificación con pepas de durazno y habas, en zonas donde estos frutos se cosechan, es secar cualquiera de estas semillas, molerlas, tratar de obtener polvo y adicionar medio gramo de cualquiera de estos productos por cada litro de agua a tratar. Esto se puede hacer en una jarra de vidrio, se agita en forma circular el agua durante 1 minuto con una paleta y se mantiene el agua en reposo durante 2 horas para que sedimenten las partículas al fondo del recipiente para posteriormente utilizar la parte superior del volumen de agua después de pasarlo por un filtro de papel o tela tupida.

## 9.7. Filtración

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. Para las condiciones descritas en J.8.7, cerca a la vivienda y al final de la tubería de aducción, se puede construir un filtro que cubra todas las necesidades de agua para la vivienda o un filtro casero localizado en la cocina, destinado únicamente para el agua de bebida y cocción de alimentos.

### 9.7.1. 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 que podría ser de 0,70 x 0,70 m de base y 1,00 m de altura para llenarlo de grava y arena como se indica



más adelante o utilizando un tanque domiciliario de agua de plástico reforzado con fibra de vidrio de 500 litros de capacidad. Este filtro no debe usarse para fines de almacenamiento y debe estar cubierto con una tapa preferiblemente con malla que retenga las hojas de los árboles pero permita el paso de la luz.

Figura J.9.3 Corte transversal de un filtro lento casero



El medio filtrante consiste de una capa de grava o piedra redonda con un tamaño aproximado de 2 a 3 centímetros de diámetro que se coloca en el fondo con un espesor que no sobrepase los 15 centímetros. A continuación se coloca una capa de 15 centímetros de gravilla o piedra delgada con un tamaño aproximado de 1 a 1,5 centímetros de diámetro y por encima de esta una capa de arena lavada de río de 40 centímetros de espesor con granos de tamaño entre 0,2 y 0,5 milímetros de diámetro.

Al filtro, cualquiera que sea su forma cilíndrica o prismática, se le deben colocar en la parte superior dos tubos metálicos pasamuro de 25 milímetros de diámetro (1"), el uno para mantener un nivel de rebosamiento de 5 centímetros por debajo del borde superior del tanque y el otro con un adaptador para conectar la tubería de aducción. En la parte inferior del tanque se debe instalar una tubería perforada que puede ser plástica o metálica del mismo diámetro de los anteriores para conectar la tubería de conducción del agua filtrada al tanque domiciliario como lo indica el gráfico anterior. Para mantener un flujo continuo, el exceso de agua a la entrada del tanque debe ser conducido desde la tubería de rebose a un canal de desagüe, a un tanque o a un reservorio de agua para su aprovechamiento en otras labores.

Este filtro remueve la turbiedad y el color, pero es importante anotar que el medio filtrante necesita de un tiempo previo de 2 a 3 semanas para la formación de la capa biológica que se encargará de eliminar las bacterias y virus que puedan encontrarse en el agua a tratar.

## 9.7.2. 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.

Se recomienda embadurnar el elemento filtrante con plata coloidal, la cual tiene probada su acción en la purificación del agua como un biocida efectivo que no afecta la salud humana. Este filtro es fácil de usar y mantener, no afecta el gusto del agua, remueve la turbiedad y mantiene el agua fresca y agradable<sup>22</sup>.

Figura J.9.4 Corte transversal de un filtro de cerámica



Filtro de cerámica fabricado en la Chamba, Tolima



Corte transversal de un filtro de cerámica

## 9.7.3. Filtros de vela cerámica a nivel casero

Estos pueden ser adquiridos en el comercio o pueden ser fabricados en la vivienda utilizando dos baldes de polietileno de alta densidad de 20 litros cada uno, los cuales se colocan uno sobre la tapa del otro, de manera que el balde superior contenga las dos velas filtrantes.

En la base del balde 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 balde superior y la tapa del balde inferior se colocan anillos de plástico coincidentes con las espigas de las velas con el fin de darle mayor rigidez a la unión cuando se aseguren los elementos filtrantes y de este modo, evitar la fuga de agua. Al balde superior se le perfora un pequeño agujero de ventilación de 3 milímetros de diámetro o ventosa para facilitar la filtración del agua, y al balde inferior se le instala un grifo a unos 3 centímetros sobre el fondo, para extraer lateralmente el agua filtrada.

Como ya se dijo, 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.

<sup>22</sup>La comunidad de alfareros del corregimiento de La Chamba del municipio del Guamo Tolima fabrica este tipo de filtros caseros que son muy usados por los campesinos de la región.



Filtros de vela cerámica de fabricación casera utilizando baldes comerciales de polietileno

*Thomas F. Clasen. London School of Hygiene & Tropical Medicine. Keppel St., London WC1E 7HT, United Kingdom*

## 9.8. Desinfección

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.

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella. Los principales son:

- Las bacterias que producen las diarreas, la disentería, el tifo y el cólera.
- Los protozoarios o parásitos que producen la amibiasis y la giardiasis.
- Los virus que producen la hepatitis infecciosa y la poliomielitis.
- Los trematodos que producen el ascaris o lombrices intestinales.

La desinfección puede ser natural o artificial. La primera se refiere a la eliminación de los microorganismos que fueron removidos en los procesos de sedimentación y filtración. La desinfección artificial se refiere a la inactivación o destrucción de microorganismos mediante agentes físicos como los rayos ultravioleta de la luz solar, el calor; o los agentes químicos, oxidantes de la materia orgánica que para los efectos prácticos de la vivienda rural dispersa, son las sales de cloro en dosis de baja concentración suministradas a través de un expendio que puede ser el puesto de salud más cercano.

A continuación se recomiendan varios procedimientos de desinfección del agua para bebida y cocción de alimentos para vivienda rural:

## 9.8.1. 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. Estos derivados del cloro son:

### 9.8.1.1. El hipoclorito de calcio

Es un producto seco, granulado o en polvo, de color blanco, el cual se puede obtener en algunas farmacias o establecimientos distribuidores de productos químicos para desinfección de piscinas y se comercializa en empaques de plástico o tambores metálicos en concentraciones entre el 30% y el 65% de cloro activo, siendo esta última la ideal. Lo que se comercializa con concentraciones bajas de cloro activo generalmente son cales cloradas inestables más no hipocloritos. Para aplicar el hipoclorito de calcio de una forma segura, la cantidad que se vaya a aplicar se debe diluir previamente en agua utilizando un balde plástico con la medida señalada en su interior para facilitar la dosificación, la cual debe buscar un cloro residual libre entre 0.5 y 1.0 mg/L después de 30 minutos de aplicado preferiblemente a un tanque domiciliario comercial con una capacidad superior a 500 litros. Esto con el fin de hacer más segura la dosificación.

La capacitación para aplicar el procedimiento de desinfección con esta sustancia química, el recipiente donde se debe mezclar y su dosificación, deben estar necesariamente formulados por escrito por un técnico en saneamiento o promotor de saneamiento básico rural, después de haber hecho varios ensayos para asegurarse que el miembro de familia que recibió la instrucción no va a incurrir en sobredosis o equivocaciones en el procedimiento que puedan alterar la calidad del agua con riesgo para la salud.

Ya existe en el mercado de algunos países una nueva forma de clarificar y al mismo tiempo desinfectar el agua con productos químicos envasados en la dosis necesaria para tratar un volumen determinado de agua turbia (por ejemplo 10 litros). La tecnología y los ingredientes (permanganato de potasio, sulfato de hierro, carbonato de calcio, hipoclorito de calcio, bentonita y poliacrilamida), se basan en el sistema de tratamiento de agua utilizado en plantas de tratamiento: coagulación, floculación y desinfección por acción del cloro. Un sobre de este producto en polvo (10 gramos) se vierte en un balde de 10 litros que contenga el agua a tratar y se agita por 5 minutos. A continuación el agua se filtra usando un trozo de tela limpia y se deja reposar durante 20 minutos para permitir una desinfección completa antes de usarla como agua de bebida.

### 9.8.1.2. El hipoclorito de sodio

Es un líquido transparente de color amarillo ámbar el cual se puede obtener en establecimientos distribuidores de productos químicos para desinfección de piscinas y se administra en garrafas plásticas de 20 litros ó 5 galones con concentraciones de cloro activo de más o menos 15% en peso. Al igual que en el ítem anterior, para aplicar el hipoclorito de sodio de una forma segura, se debe identificar, primero que todo, la concentración de cloro activo con la que se compró este producto, de tal manera que la cantidad que se vaya a aplicar se debe diluir previamente en agua utilizando un balde plástico con la medida señalada en su interior para facilitar la dosificación, la cual debe buscar un cloro residual libre entre 0.5 y 1.0 mg/L después de 30 minutos de aplicado preferiblemente a un tanque domiciliario comercial con una capacidad superior a 500 litros, esto con el fin de hacer más segura la dosificación.

Al igual que el hipoclorito de calcio, la capacitación para aplicar el procedimiento el cual conlleva a una dilución del producto en agua para ser aplicada con agitación en el recipiente o tanque de almacenamiento donde se va a hacer la desinfección debe ser formulada por un técnico en saneamiento o promotor de saneamiento básico rural que periódicamente deberá controlar y repasar las instrucciones de dosificación para controlar que el cloro residual libre después de 30 minutos de aplicado esté entre 0,4 y 1,0 mg/l.

Hay una solución que podría ser puesta en práctica si por alguna razón no se consiguen en el comercio cualesquiera de los hipocloritos mencionados anteriormente, que consiste en aplicar blanqueador de ropa regular sin aroma, el cual se consigue en casi todas las tiendas y supermercados del país. Se trata de un líquido ligeramente ambarino que no es otra cosa que hipoclorito de sodio con concentración de cloro activo al 5,25% y que generalmente viene empacado en recipientes de plástico similares a los de la figura. Algunos de estos envases tienen tapa dosificadora, es decir, se conoce su capacidad en cm<sup>3</sup>. Llenando la tapa de este envase con 10 cm<sup>3</sup> de líquido blanqueador se puede desinfectar el agua clarificada almacenada en un tanque domiciliario de 500 litros completamente lleno, añadiéndolo con agitación. Una vez se desocupe el tanque, se llena nuevamente y se repite la operación.

### 9.8.1.3. Desinfección con generadores de cloro *in situ*

El generador de cloro *in situ* es un equipo de patente, de pequeñas dimensiones y de peso liviano que se conecta a una fuente de energía y tiene 2 electrodos que se sumergen en un balde plástico que contiene agua con sal de cocina diluida en una concentración al 3%. Después de un tiempo de electrólisis, la salmuera va produciendo una solución de hipoclorito de sodio y volúmenes pequeños de gas hidrógeno.



Generadores de cloro *in situ* fabricados en Guatemala

Aun cuando ésta no es una solución casera o a nivel de vivienda rural dispersa, sí puede ser aplicable a una comunidad campesina que disponga de un puesto de salud central o dispensario comunal dotado de instalación eléctrica. Estos serían los lugares ideales para instalar este aparato que produce una solución de hipoclorito de sodio de concentración conocida, la cual se puede distribuir desde allí periódicamente en envases plásticos para ser diluida en los tanques de agua almacenada filtrada o clarificada de cada vivienda. Allí debe haber una persona debidamente entrenada que maneje el proceso de electrólisis y producción del desinfectante, el envasado de la porción domiciliaria y su entrega controlada a la persona adulta que en el hogar se va a encargar de su aplicación. Una vez surtido el proceso de desinfección con la aplicación de la solución, el agua puede ser utilizada de manera segura como bebida o para cocción de los alimentos. El punto ideal para aplicación sería en el tanque domiciliario de volumen conocido y el momento indicado para hacerla sería en las horas de la tarde, al finalizar las actividades del hogar.

*Para tener la certeza de que la dosificación de cualquiera de los hipocloritos mencionados anteriormente produce el valor aceptable de cloro residual libre, el cual debe estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L, se recomienda efectuar por lo menos una vez a la semana una prueba de control. Ésta se puede hacer utilizando un analizador colorimétrico que se consigue a un precio razonable en los almacenes de piscinas con las respectivas instrucciones de manejo que son muy sencillas.*

## 9.8.2. 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. La región donde se vaya a recomendar este procedimiento requiere condiciones de irradiación solar favorables y el proceso debe estar asistido en forma permanente por un promotor de saneamiento básico rural para verificar que el agua tratada de esta manera sea apta para consumo humano.



Procedimiento de desinfección solar promovido por la fundación SODIS.  
*RASGUA. Guatemala*

El tratamiento consiste básicamente en llenar botellas plásticas transparentes con agua filtrada y exponerlas a pleno sol aproximadamente entre 6 y 10 horas dependiendo del estado de actividad solar. Se recomienda para la preparación de alimentos pero el tratamiento tiene sus reservas para que el agua sea utilizada de manera segura para bebida, y para esto es necesario proceder con la rigurosidad recomendada por la fundación SODIS ([www.fundacionsodis.org](http://www.fundacionsodis.org)) para esta técnica de desinfección: envases limpios, agua clarificada y exposición solar de por lo menos 6 horas en un día de pleno sol.

### 9.8.3. Desalinización

En algunas regiones de la región Caribe, pero especialmente en el norte de La Guajira, el agua subterránea que es la principal fuente disponible en temporada de baja oferta de lluvias, es salobre con contenidos de cloruros que varían entre 2.000 y 5.000 mg/L. Ésta puede tener diferentes usos en el hogar pero no es apta para consumo humano si se tiene en cuenta que esta característica química deber tener un valor máximo aceptable de 250 mg/L según el artículo 7 de la Resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Para tener una idea de los contenidos de sólidos totales disueltos (STD) presentes en diferentes tipos de agua, se presenta la siguiente tabla de valores:

Para tener una idea de los contenidos de sólidos totales disueltos (STD) presentes en diferentes tipos de agua, se presenta la siguiente tabla de valores:

Agua ultrapura (o sea la destilada en laboratorios)	0.03 mg/L
Agua pura para calderas	0.3 mg/L
Desionizada	3 mg/L
Agua para consumo humano – STD como cloruros	<250 mg/L
Agua dulce	<1.000 mg/L
Agua salobre	1.000 – 10.000 mg/L
Agua marina (en Manaure 35.000 mg/L)	30.000 – 50.000 mg/L

Fuente: Tecnología de Desalinización Lentech.

En casos como el de La Guajira, la tecnología de la desalinización se impone por ella misma y no por algún aspecto social, pues no hay ninguna otra alternativa. La desalinización se puede realizar por medio de diferentes procedimientos entre los que se pueden citar: ósmosis inversa, destilación, congelación, evaporación/condensación y formación de hidratos. De los procedimientos anteriores el de ósmosis inversa es el que más aplicación ha tenido en Colombia, principalmente en la región norte de La Guajira: Manaure, Uribí, Puerto Bolívar, Nazaret, Cabo de la Vela y en Bocatocino (Atlántico).

La ósmosis es un proceso que ocurre cuando dos soluciones con diferentes concentraciones, separadas por una membrana, que permite el paso de agua pero no de sales, produce un flujo natural de agua de la parte menos concentrada a la parte más concentrada hasta igualar las concentraciones finales. El proceso se puede invertir aplicando una presión externa mayor a la presión osmótica haciendo circular el agua de la solución más concentrada a la menos concentrada, es decir, a la inversa de la ósmosis natural.

*La ósmosis inversa aplicada para la desalinización de agua con destino a consumo humano, es un proceso de separación de una cantidad de agua dulce del agua salada, a través de una membrana. La presión necesaria para que ocurra la ósmosis inversa depende de la calidad de sólidos disueltos y el grado de desalinización que se quiera obtener y requiere de un importante consumo de energía. Aún así, esta resultó ser la solución más económica para desalinizar el agua de La Guajira lo cual fue confirmado con la operación de la primera planta de ósmosis inversa instalada en Manaure.*

Es un sistema muy eficiente pero su manejo es costoso y requiere de mucho cuidado. El material de los componentes del equipo no solamente debe ser resistente a las altas concentraciones de sal sino al desgaste mecánico por lo que es necesario hacer un pretratamiento para eliminar la arena suspendida en el agua proveniente de los pozos. Los caudales de producción no son tan grandes como para distribuir el agua a través de redes de tuberías, sino que lo más práctico



es distribuirla directamente a las viviendas a través de carrotanques y con uso específico “para bebida”. También puede distribuirse el agua tratada empacándola en bolsas de plástico con la misma destinación de uso impresa en el empaque.

El costo de producción de agua dulce apta para consumo humano a partir de agua cruda con concentración de 3.000 mg/L de cloruros, calcio, magnesio y bicarbonato, es del orden de 1.000 pesos por litro, a lo que habría que añadirle el valor del embotellamiento y la distribución. La planta desalinizadora y potabilizadora de la comunidad indígena de Kaswuarin que se muestra en foto a continuación se surte de la energía eléctrica proveniente del parque eólico Jepírachi-EPM y produce 4.000 litros por hora de agua desalinizada captada directamente del mar.

**DATOS TÉCNICOS**  
 Agua a tratar: de mar  
 Producción: 4000 l/h  
 de agua potable



Planta desalinizadora y potabilizadora del parque eólico Jepírachi-EPM comunidad indígena de Kaswuarin. Fotos cortesía Eugenio Balduzz. Gerente ECOSESTO Ltda.



Planta instalada en Nazareth modelo Eco 600. Foto cortesía Eugenio Balduzz. Gerente ECOSESTO Ltda.

*Los avances tecnológicos recientes han bajado el costo de la desalinización hasta acercarlo al precio del agua dulce, pero el precio de la energía eléctrica sigue siendo el principal impedimento para igualar los costos. En las zonas alta y media de la península de La Guajira la principal fuente de agua es la*

*subterránea, pero ésta no se puede beber por su alto contenido de cloruros, y es necesario desalinizarla. Es en esta región donde precisamente tenemos el mayor potencial de energía eólica y solar (energía fotovoltaica) del país, las cuales además de ser limpias y eficientes son amables con el medio ambiente. El reto es acercar esas tecnologías de generación eléctrica barata con la de la desalinización del agua y para ello es necesario montar un sistema de gestión empresarial eficaz que pueda ser operado por personas de la etnia Wayúu.*

### 9.8.4. 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 (presencia de burbujas) y mantener el proceso de ebullición durante 5 y hasta 20 minutos para eliminar patógenos y esquistosomas resistentes.

Si el agua está un poco turbia se debe filtrar en un paño o tela tupida para después proceder con el proceso de ebullición indicado anteriormente. Los recipientes deben estar perfectamente limpios antes de verter el agua a almacenar y deberán limpiarse de nuevo al vaciarlos.

Una vez hervida el agua se almacena en recipientes con tapa para su enfriamiento y en lo posible con un sistema de llave – balde se debe extraer el agua que se va a utilizar como bebida o para la preparación de los alimentos para los niños.



# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



# 10. SOLUCIONES DESCENTRALIZADAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y EXCRETA HUMANA EN LA ZONA RURAL

## 10.1 Alcance

En este capítulo se establecen el procedimiento que debe seguirse y los criterios básicos que deben tenerse en la implantación de soluciones para la recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas y excreta humana en el sitio de origen, llamadas también descentralizadas. Estas soluciones surgen como opción tecnológica cuando los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales convencionales o no convencionales requieren de una alta inversión, no solo en la instalación de la infraestructura básica, sino también en su operación y mantenimiento. Esto puede ocurrir en pequeños conjuntos de vivienda rural nucleada con menos de 500 habitantes, urbanizaciones campestres de baja densidad poblacional (menos de 20 hab./Ha) y en áreas de vivienda rural dispersa donde definitivamente es impracticable un sistema de alcantarillado centralizado. Como opciones tecnológicas se pueden mencionar los sistemas sépticos y las letrinas en medios húmedo o seco.

## 10.2. Propósito de este capítulo

A continuación se ofrecen opciones tecnológicas para:

1. Los particulares que por su cuenta quieren construir dentro de su predio rural una solución individual adecuada para la disposición de las aguas residuales domésticas de sus hogares.
2. Las administraciones municipales interesadas en atender las necesidades de saneamiento de sus comunidades rurales donde no es posible desarrollar proyectos de alcantarillados convencionales o no convencionales.

## 10.3. Selección de la opción tecnológica

En la escogencia de la opción tecnológica más adecuada, entre las diferentes posibilidades que ofrecen los sistemas sépticos y las letrinas, se deben tener en cuenta factores de orden técnico, económico y social, pero sobre todo la disponibilidad del agua.

### 10.3.1. FACTORES DE ORDEN TÉCNICO

Entre los principales factores y consideraciones de orden técnico a tener en cuenta para la selección de la tecnología, se tienen:

#### 10.3.1.1. Cantidad de agua utilizada en la descarga

La cantidad de agua disponible para la descarga es el punto de partida para la identificación de la solución más conveniente. Si tenemos en cuenta los patrones de consumo típico y mínimo de la Tabla J.8.1, la cual se reproduce a continuación, aquellas viviendas que solo disponen de 40 ó menos litros/hab./día de agua deberán realizar la disposición de los desechos fisiológicos en el sitio de origen, mediante una letrina seca para poder atender, aun con restricciones, los otros usos del agua en el hogar como son el lavado de ropa, el aseo personal, la cocina y otros menores. En tanto que, aquellas que disponen de más de 45 litros/hab./día podrán optar por un aparato sanitario de flujo y descarga con disposición a distancia en un sistema séptico. Aun así, partiendo de esta oferta mínima de agua de 45 litros/hab./día sólo se podrá hacer una utilización de la descarga del sanitario si se tiene en cuenta que ésta es de 6 litros en los aparatos de bajo consumo.

Tabla J.8.1

Consumos mínimos frente a consumos típicos en una vivienda campesina de clima frío

USO	CONSUMO MÍNIMO (en l/hab. – día)	CONSUMO TÍPICO (en l/hab. – día)
Lavado de ropa	12	25
Aseo personal	10	20
Descarga de sanitario	6	18
Cocina	12	25
Otros usos como lavado de pisos, riego de huerta casera y bebedero de animales domésticos	5	12
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

*Las opciones tecnológicas de saneamiento en la zona rural están compuestas por las que requieren de agua como transporte de las excretas y aquellas que no la requieren. Generalmente las que requieren muy poca cantidad de agua o no la necesitan realizan la disposición de los desechos fisiológicos en letrinas, mientras que aquellas viviendas rurales que disponen de agua suficiente optan por su disposición en sanitarios de flujo y descarga a sistemas sépticos.*

### 10.3.1.2. Fuentes subterráneas de agua

Las fuentes subterráneas de abastecimiento de agua son las más expuestas a ser contaminadas por los sistemas de saneamiento en el sitio de origen, siendo los aljibes o pozos someros los más expuestos a la contaminación en comparación con los pozos profundos. Se recomienda mantener una distancia mínima de 25 metros entre el aljibe de la finca y la letrina o el pozo de infiltración de un sistema séptico.

### 10.3.1.3. Densidad poblacional

La menor o mayor dispersión de viviendas en el área rural que se va a atender con un proyecto comunitario puede definir también el tipo de solución que se debe dar, es decir, si debe ser individual (una letrina o tanque séptico por vivienda), colectivo (un tanque séptico para un grupo de viviendas) o público (como una batería de letrinas para atender una comunidad).

### 10.3.1.4. Facilidad de mantenimiento

El uso de letrinas tradicionales o de tanques sépticos requiere de áreas disponibles para la disposición periódica de los lodos que se extraen en las labores de limpieza y mantenimiento.

### 10.3.1.5. Tipo de suelo

Independientemente del sistema de tratamiento y disposición que se adopte, es importante determinar el tipo de suelo donde se va a construir el sistema de tratamiento, de modo que se garantice la estabilidad de las obras. Para una obra simple como la construcción de una letrina o un sistema séptico en una finca, es suficiente una descripción sencilla del suelo en términos de si es arcilloso, limoso, arenoso, areno arcilloso, si contiene rocas trituradas o conglomerados, etc., y una apreciación de su grado de humedad.

### 10.3.1.6. Topografía del terreno

Es importante tener en cuenta la topografía del terreno para, especialmente en los sistemas sépticos, determinar la ubicación del tanque séptico con relación a la vivienda, a tuberías de agua, aljibes y cursos de agua superficiales (ríos, quebradas, reservorios, etc.). También como ayuda para la disposición y diseño de los campos de infiltración o pozos de absorción y otras determinaciones; por ejemplo, si el terreno es muy pendiente se recomienda el uso de zanjas siguiendo las curvas de nivel. Las distancias mínimas de sus componentes deben estar de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla J.10.1

Distancias mínimas de los componentes de los sistemas descentralizados de aguas residuales

Tipo de sistemas	Distancia mínima en metros			
	Vivienda	Tubería de agua	Curso superficial	Pozo de agua
Tanque séptico	-	3	-	15
Campo de percolación	6	15	10	25
Pozo de absorción	6	10	15	25
Letrinas	6	10	15	25

El tanque séptico y el campo de infiltración deberán estar ubicados aguas abajo de la captación de agua cuando se trate de pozos de agua cuyos niveles estáticos estén a menos de 15 metros de profundidad.

### 10.3.1.7. Permeabilidad del suelo

La permeabilidad del suelo es determinante en la escogencia del tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y excreta humana como solución descentralizada en la zona rural. Es recomendable hacer una prueba de infiltración con el fin de clasificar el terreno y según los resultados de ésta determinar su grado de permeabilidad: rápida, media o lenta. La tabla a continuación es de gran ayuda para clasificar la permeabilidad del suelo:

Tabla J.10.2

Permeabilidad del agua en diferentes clases de terrenos

Clase de terreno	Tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm.
Rápidos	de 0 a 4 minutos
Medios	de 4 a 8 minutos
Lentos	de 8 a 12 minutos

Cuando el terreno presenta resultados de la prueba de infiltración con tiempos mayores a 12 minutos (bastante impermeable), no se considera apto para



la disposición de los efluentes de los sistemas sépticos en el terreno, debiéndose proyectar un sistema de letrinas secas o si es posible, haciendo la disposición del efluente final a una fuente superficial, siempre y cuando la autoridad ambiental correspondiente dé la autorización del vertimiento, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 72 del Decreto 1594 de 1984.

### 10.3.1.8. Nivel freático

Si el nivel freático es alto (menos de 1,50 m de profundidad), es posible que no sea viable infiltrar en el terreno los efluentes de los sistemas sépticos, por lo que se hace necesario adoptar una solución a base de letrinas de pozo elevado o disponer el efluente en una fuente superficial, teniendo en cuenta las mismas consideraciones por parte de la autoridad ambiental del numeral anterior.

### 10.3.1.9. Zonas inundables

En aquellas zonas en donde los niveles de las aguas subterráneas son altos o los suelos son inundables, las letrinas tradicionales obligatoriamente deben ser colocadas por encima del nivel del suelo.

### 10.3.1.10. Disponibilidad de terreno

La aplicación de sistemas de saneamiento en el sitio de origen para viviendas rurales dispersas, especialmente si son del tipo séptico, consideran la necesidad de que el predio disponga de suficiente área para que éstas sean técnicamente factibles.

No se puede optar por soluciones a través de sistemas sépticos en terrenos menores de 2500 m<sup>2</sup> sin la aprobación de las autoridades sanitaria y ambiental competentes. Si no hay suficiente disponibilidad de terreno se tendrá que optar por soluciones multifamiliares o de otra índole.

*Se recomienda acudir a las corporaciones autónomas regionales como autoridad ambiental, con el objeto de pedir asistencia técnica en la selección de la opción tecnológica más adecuada como solución descentralizada para el tratamiento de aguas residuales domésticas y excreta humana en la zona rural. Aunque no son conceptos muy complicados, debe ser un experto en el tema quien con buen criterio presente al usuario las recomendaciones pertinentes y ayude a seleccionar la tecnología u oferta del mercado, que más le convenga, dando cumplimiento a los niveles de eficiencia en el tratamiento exigidos por estas autoridades.*

De todas maneras, más adelante en el numeral J.10.9 – Factores de Selección, se presenta una matriz en donde figuran las opciones tecnológicas tratadas en este capítulo frente a variables de decisión y en su cruce el resultado de si aplican o no.

## 10.3.2. Factores de orden social

A continuación se enumeran los factores y características sociales más importantes a tener en cuenta para la selección de un sistema de saneamiento en el sitio de origen:

### 10.3.2.1. Factor educativo

La comunidad usuaria debe identificar la solución de saneamiento que se adopte como una necesidad y además tener claridad de los motivos por los cuales se escogió: los principios que la hacen operable, sus ventajas a nivel comparativo y sus limitaciones. Se requiere entonces de capacitación, no solamente para los funcionarios municipales que promuevan estas alternativas, sino también para la comunidad en la construcción, operación y mantenimiento de los sanitarios.

### 10.3.2.2 Características de la población

Esta característica está vinculada con la distribución espacial de la población y como ya se dijo, en la zona rural colombiana se distinguen dos clases de asentamientos: los centros poblados o población nucleada, concentrada en caseríos o conjuntos de por lo menos 20 viviendas separadas por paredes, muros, cercas o huertas; y el segundo el de población dispersa constituido por fincas y viviendas dispersas separadas, entre otros, por áreas cultivadas, prados, bosques, potreros, carreteras o caminos.

### 10.3.2.3. Tipo de servicio

Está representado por el resultado de la caracterización de la población expuesta en el numeral anterior y además de la solución tecnológica y nivel de servicio que mejor se adecuen a las necesidades de la comunidad. Se han considerado 3 niveles básicos de servicio: unifamiliar, multifamiliar y comunal:

- Unifamiliar: Resuelve la atención de una vivienda.
- Multifamiliar: Permite la atención de 2 a 5 viviendas.
- Comunal: Permite la atención de hasta 10 viviendas o establecimientos de hasta 50 personas.

### 10.3.2.4 Otros factores sociales

El aprovechamiento voluntario o tradicional de los desechos fecales ayuda a definir la alternativa de solución. También es importante tener en cuenta el tipo de material que la población emplea tradicionalmente en la limpieza e higiene corporal íntima, pues éstos influyen en la determinación del volumen de la letrina o pozo y el tipo de aparato sanitario.

### 10.3.3. Factores económicos

Los costos de inversión y mantenimiento limitan en gran medida la selección de la opción tecnológica y el nivel del servicio y pueden inducir a que la selección de un sistema de saneamiento en el sitio de origen sea colectivo o individual, teniendo en cuenta los niveles de ingresos económicos de la población a ser atendida, los cuales pueden ser bajo, medio o alto:

- **Bajo:** Cuando los ingresos familiares corresponden al salario mínimo mensual de una persona que puede ser el jefe del hogar.
- **Medio:** Corresponde a ingresos familiares equivalentes al 1,5% del salario mínimo mensual.
- **Alto:** Cuando los ingresos familiares equivalen a 2 ó más veces el salario mínimo mensual legal en Colombia.

## 10.4. Generalidades

### 10.4.1 campo de aplicación, información necesaria, estudios mínimos

#### 10.4.1.1. Campo de aplicación

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el sitio de origen se utilizan en lugares aislados, donde no existen ni es posible económicamente construir redes de alcantarillado, o donde se requiere remover mediante sedimentación, cierta cantidad de sólidos suspendidos antes de verter la fase líquida resultante a un sistema de alcantarillado sin arrastre de sólidos. Los sistemas aquí tratados cubren poblaciones de hasta 500 habitantes.

#### 10.4.1.2. Información necesaria para proyectos comunitarios

Antes de aprobar el diseño de sistemas de tratamiento en el sitio de origen para atender las necesidades de saneamiento de comunidades asentadas

en suelo rural o suburbano, se recomienda a la administración municipal obtener la siguiente información:

1. Si las viviendas rurales ya construidas disponen de agua corriente suficiente y tienen instalaciones hidrosanitarias internas de flujo y descarga. Igualmente si a las nuevas viviendas se las puede dotar de estas instalaciones: inodoro, ducha, lavamanos, lavaplatos y alberca para lavado de ropa. En estos casos, la solución individual apropiada para las viviendas rurales dispersas es el sistema séptico con tratamiento separado para las aguas grises, si para esta opción se cuenta con espacio suficiente y estas aguas se pueden aprovechar para riego agrícola. En el numeral J.10.9 se presenta una matriz de decisión que ayudará a identificar la solución tecnológica que mejor se ajusta a las condiciones de la comunidad rural a ser atendida.
2. Cantidad y calidad del agua residual con sus variaciones temporales.
3. Tipo de suelo y permeabilidad.
4. Temperatura (media mensual y anual).
5. Uso de la tierra.
6. Zonificación.
7. Prácticas agrícolas.
8. Los requerimientos de calidad de parte de la autoridad ambiental regional para disponer los efluentes en el suelo o en un cuerpo de agua, ya sea por descargas superficiales o subsuperficiales.
9. Nivel freático.
10. Información de los cuerpos de agua de la zona.

Se recuerda que es obligatorio tramitar y obtener el permiso de vertimiento, además de conocer los requerimientos de calidad por parte de la autoridad ambiental competente, para disponer los efluentes en el suelo o en un cuerpo de agua, ya sea por descargas superficiales o subterráneas.

### 10.4.1.3. Estudios mínimos para proyectos comunitarios

Antes de proceder a implantar un sistema de tratamiento en el sitio de origen para comunidades asentadas en suelo rural o suburbano, se recomienda a la administración municipal realizar los siguientes estudios en el lugar:

1. Inspección visual identificando aguas superficiales cercanas, edificaciones y límites de la propiedad.
2. Necesidad de agua para irrigación.
3. Topográficos: se debe hacer un levantamiento topográfico para indicar la localización del sistema de tratamiento en el sitio de origen con respecto a cuerpos de agua tales como ríos, lagos, pozos de agua para consumo humano y en general todos aquellos datos necesarios para la correcta localización.

Si se trata de un sistema séptico, serán todos aquellos datos necesarios para la correcta localización del tanque séptico y los tratamientos complementarios. Es importante tener en cuenta la pendiente del terreno y el drenaje de las lluvias.

4. Estudio de suelos: deberá incluir humedad, permeabilidad, granulometría y sobre todo capacidad de infiltración del terreno.
5. Profundidad de las aguas subterráneas.
6. Clima: temperatura, precipitación (promedio máximo mensual), evapotranspiración y evaporación (promedio mensual).
7. Revisión de estudios previos hechos en la zona.
8. Vulnerabilidad sísmica.
9. Vulnerabilidad a inundaciones.
10. Realizar los estudios ambientales según la normativa ambiental vigente y obtener las autorizaciones ambientales a que haya lugar.

## 10.5. Clasificación de las aguas residuales en la vivienda rural

Las aguas residuales domésticas (ver definición) son una combinación de las aguas grises (llamadas también aguas jabonosas) y las aguas con excretas de una vivienda. Las aguas con excretas son los desechos líquidos generados en el inodoro y aquellos que contienen restos de alimento.

Las aguas grises son aquellas provenientes de los lavamanos, ducha, lavaplatos y el lavadero de ropa de la vivienda. Son desechos líquidos con contenido de jabón, algunos residuos grasos de la cocina, más los que provienen de la higiene personal (baño corporal y de las manos) y el lavado de la ropa.

Por principio, las aguas grises contienen muy pocos microorganismos patógenos y el contenido orgánico es mucho menor que el de las aguas residuales. Se descomponen más rápidamente que estas últimas, por tanto la cantidad de oxígeno recogida para la descomposición del contenido orgánico de las aguas grises es mucho menor que para las aguas residuales.

## 10.6. Aprovechamiento de las aguas grises en la vivienda rural

Siempre que el tamaño y topografía del terreno circundante a la vivienda rural lo permita y basados en los estudios señalados en J.10.4.1.3, se recomienda en lo posible separar las aguas grises de las negras con el fin de aprovechar las primeras y disminuir el volumen de tratamiento séptico limitándolo a las aguas con excretas.

El propósito de la separación es que estas últimas, vayan a un sistema de tratamiento séptico y las aguas grises sean aprovechadas para regar plantas, pues contienen pequeñas cantidades de nutrientes y materia orgánica.

*Alrededor de la vivienda de una finca donde por lo general hay jardines, huertos y árboles para regar y cuando las plantas pueden prosperar con agua previamente utilizada como son las aguas grises que contienen pequeñas cantidades de nutrientes y materia orgánica fácilmente aprovechable, resulta un desperdicio hacerlo con agua natural y mucho más si es potable. Desde luego, el diseño de la instalación hidrosanitaria de las viviendas que se acojan a esta recomendación, además de cumplir con el Código Colombiano de Fontanería – NTC 1500, debe contemplar la separación de las aguas grises de las que contienen excretas para tratarlas de forma diferente.*

## 10.6.1. Beneficios del aprovechamiento de las aguas grises

El aprovechamiento de las aguas grises trae los siguientes beneficios:

1. Menor uso de las aguas naturales.
2. Menor caudal a tratar en los tanques sépticos o plantas de tratamiento.
3. Menor descarga orgánica a las fuentes superficiales: arroyos, ríos y lagos.
4. Recarga de los acuíferos.
5. Crecimiento de plantas aprovechables como pastos forrajeros.
6. Recuperación de nutrientes para el suelo.
7. Menor posibilidad de saturación y rebose del tanque séptico con el consiguiente riesgo sanitario de producción de vectores y mal olor.

## 10.6.2. Limitaciones al uso de aguas grises

El aprovechamiento de las aguas grises puede tener las siguientes limitaciones:

1. Adecuación de la instalación hidrosanitaria en las viviendas ya construidas.
2. Insuficiente disponibilidad de espacio para el aprovechamiento o tratamiento.
3. Topografía no apropiada.
4. Suelo no apropiado.

5. Incompatibilidad del suelo con detergentes no biodegradables.
6. Baja relación costo-beneficio.

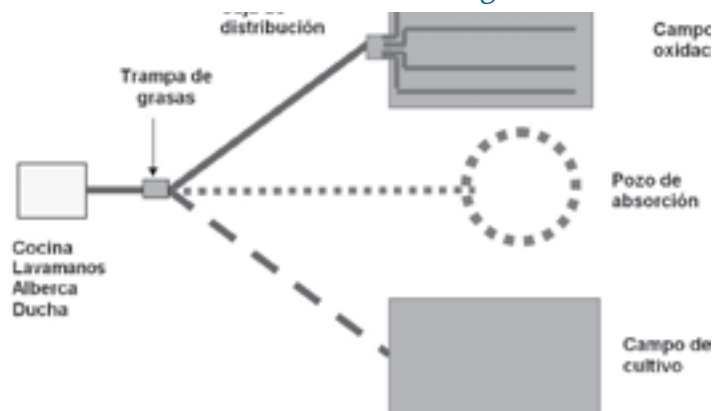
### 10.6.3. Tratamiento de las aguas grises

Normalmente las aguas grises no constituyen un riesgo para la salud de la población y tampoco tienen mal olor inmediatamente después de ser descargadas. De otra parte, la materia presente en estas aguas aporta nutrientes y micronutrientes que son aprovechados por las plantas y cultivos. Sin embargo, si se recogen en un recipiente, consumirán rápidamente el oxígeno, entran en descomposición anaeróbica y una vez alcanzan el estado séptico van a producir el mismo mal olor que cualquier agua residual. Consecuentemente una clave del éxito del tratamiento de las aguas grises reside en el inmediato proceso y reutilización antes de haber alcanzado el estado anaeróbico. El tratamiento más simple y apropiado consiste en introducir directamente aguas grises recién generadas en un entorno activo, altamente orgánico.

Hay varios procedimientos para tratar las aguas grises dependiendo del uso final que se les pretenda dar. De todas maneras, lo más recomendable es que éstas sean sometidas a un tratamiento previo para retener las grasas provenientes principalmente de la cocina. El tratamiento principal puede hacerse mediante:

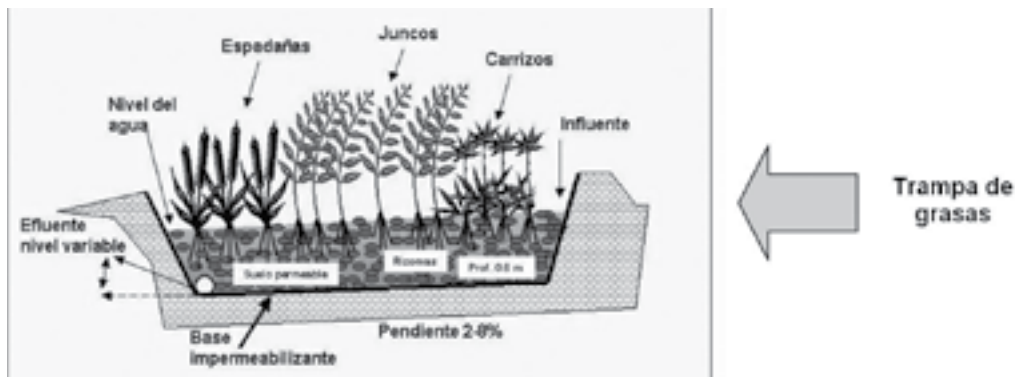
1. Infiltración en el terreno. Después del tratamiento previo en una trampa de grasas, se conduce el agua gris hacia tuberías perforadas dispuestas paralelamente en campos de oxidación, o a un pozo de absorción o infiltración, o a un campo de cultivo para que allí se infiltre en el terreno mejorando los nutrientes del suelo (riego subsuperficial). Otra forma de infiltración de las aguas grises en el terreno es aprovechar el mismo sistema de postratamiento del tanque séptico, descargando las aguas grises en la caja a la salida del tanque séptico o del filtro anaerobio posterior a éste.

Figura J.10.1 Infiltración en el terreno  
OPS/CEPIS. Tratamiento de Aguas Grises



2. En humedales artificiales. Llamados también filtros biológicos, que consisten en jardineras impermeables donde se siembran plantas de pantano las cuales se nutren de los fosfatos presentes en los detergentes y de la materia orgánica, permitiendo la recuperación de un 70% del agua que puede ser utilizada para irrigación.

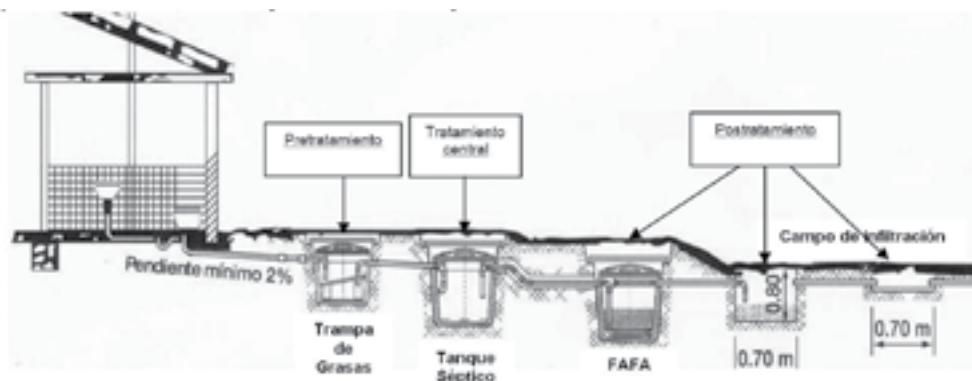
Figura J.10.2 Esquema de un humedal artificial OPS/CEPIS. Tratamiento de Aguas Grises



## 10.7. Sistemas sépticos

Los sistemas sépticos, llamados también sistemas de disposición de aguas residuales *in situ*, son fuente de nitrógeno, fósforo, materia orgánica y microorganismos. En su mayoría son nutrientes que fueron tomados de la tierra en la producción de alimentos y que al ser dispuestos nuevamente en el suelo contribuirán a cerrar el ciclo de esos alimentos. Un sistema séptico completo garantizará que el agua efluente cumpla con los parámetros de calidad establecidos por la autoridad ambiental y está constituido por 5 elementos básicos a saber:

Figura J.10.3 Esquema de un sistema séptico que incluye en el postratamiento un filtro anaerobio de flujo ascendente – FAFA





1. Manejo adecuado del agua usada en la vivienda.
2. Pretratamiento con trampa de grasas. Ésta puede ser construida en el sitio o adquirida en el comercio. Si al tanque séptico solamente van las aguas con excretas porque hay separación de las aguas grises, la trampa de grasas debe colocarse al inicio del tratamiento de estas últimas.
3. Tratamiento central, el cual se lleva a cabo con 1, 2 ó más tanques sépticos en serie, dependiendo de la calidad de tratamiento que se quiera o la que exija la autoridad ambiental. Éste(os) puede(n) ser construido(s) en el sitio o adquirido(s) en el comercio.
4. Postratamiento con filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA). Puede ser construido en el sitio o adquirido en el comercio. Éste es opcional, dependiendo de la calidad de tratamiento que se quiera o la que exija la autoridad ambiental al final del proceso.
5. Postratamiento aerobio, que puede ser mediante la disposición final en el subsuelo del agua efluente del tratamiento anaerobio anterior, a través de un campo de infiltración, o mediante cualquiera de los otros procesos que se mencionan más adelante en J.10.7.4. El efluente final de los sistemas sépticos no deberá ser descargado directamente a cuerpos superficiales o subterráneos de agua a menos que la autoridad ambiental correspondiente dé la autorización del vertimiento, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 72 del Decreto 1594 de 1984.

### 10.7.1. Manejo adecuado del agua usada en la vivienda

Para que estas tecnologías alternativas de saneamiento, los sistemas sépticos, sean eficientes y seguros, se requiere necesariamente condiciones de uso más restrictivas que las de los alcantarillados convencionales, lo cual implica un cambio en los hábitos del uso del agua y en las prácticas de aseo personal y doméstico de los usuarios. Es necesario darles instrucciones sobre el uso adecuado del aparato sanitario, evitando que allí sean arrojados ácidos, químicos, excedentes de fumigación, hidrocarburos y solventes como el thinner que eliminan las bacterias necesarias en el proceso de degradación. Las toallas sanitarias, el papel, los materiales no biodegradables y la tierra y arena colmatan el pozo séptico y obstruyen el filtro anaerobio.

Las instalaciones interiores hidráulicas, sanitarias y de aguas lluvias se deben construir siguiendo las recomendaciones mínimas del código de la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 ó Código Colombiano de Fontanería, con el fin de evitar la entrada de aguas lluvias y las conexiones cruzadas.

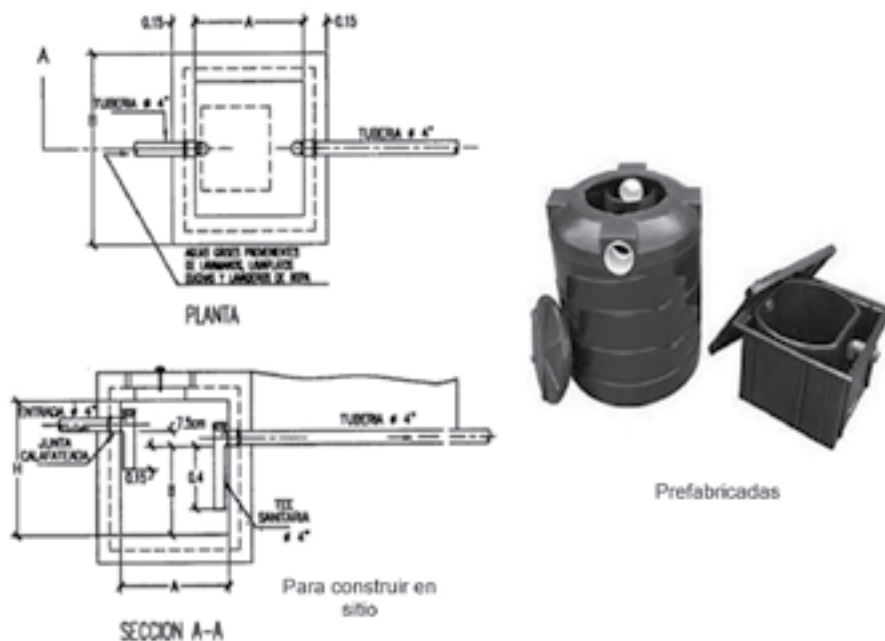
## 10.7.2. Trampa de grasas

Son tanques de flotación donde la grasa sube a la superficie y es retenida mientras el agua clarificada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. 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 complementario del efluente.

Las aguas residuales provenientes de la vivienda rural dispersa, restaurantes rurales, hostales, cuarteles, instalaciones agroindustriales y conjuntos cerrados de viviendas vacacionales, suelen contener gran cantidad de grasa y jabón, que de no ser retenida puede llegar al tanque séptico, luego al filtro anaeróbico y al campo de infiltración, e interferir en la descomposición biológica, al obstruir los poros de los medios filtrantes y hacer que los tanques sépticos fallen antes de tiempo, por acumulación de grasa. También debe impedirse el flujo de agua caliente por la trampa de grasas, pues el calor las diluye y permite que atraviesen la trampa sin ser retenidas en la misma.

Pueden ser construidas en sitio con mampostería de ladrillo o se pueden conseguir prefabricadas en el comercio en material plástico o fibrocemento.

Figura J.10.4 Trampa de grasas

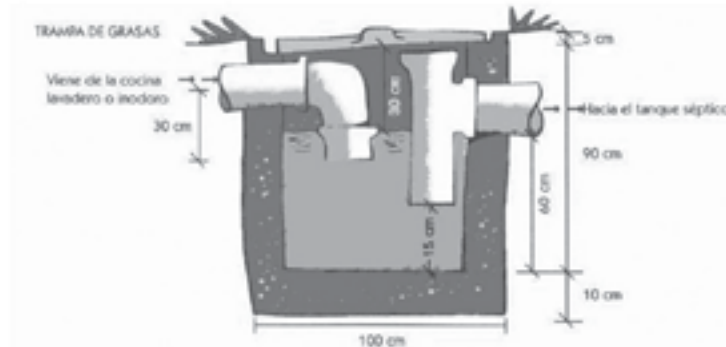


Las trampas de grasas reciben nombres específicos según el tipo de material flotante que vaya a removerse:

1. Domiciliar (para el caso de la vivienda rural). Normalmente son tanques pequeños que reciben los residuos de cocinas y lavaplatos de las viviendas. Su uso es recomendado como pretratamiento de las aguas grises cuando éstas son reutilizadas en la vivienda o

para riego en las fincas, o antes de su tratamiento en campos de infiltración o filtros biológicos. Pueden ser construidas en ladrillo, bloques o concreto diseñados para eliminar grasas y aceites o prefabricadas en diferentes tipos de material plástico. El esquema a continuación presenta las medidas para una trampa de grasas domiciliar para una vivienda unifamiliar de 8 habitantes.

Figura J.10.5 Esquema de una trampa de grasas para construir en sitio



2. Colectiva: Son unidades de gran tamaño y pueden atender conjuntos de residencias, restaurantes de carretera, escuelas rurales, cuarteles, etc.
3. Como tratamiento previo de afluentes a sedimentadores: Son unidades construidas para desnatar los afluentes a sedimentadores (primarios en general), las cuales permiten recoger el material flotante en dispositivos convenientemente proyectados, para encaminarlo posteriormente a las unidades de tratamiento de lodos.

### 10.7.2.1. Requisitos para la ubicación y construcción de una trampa de grasas

- a. Las trampas de grasa domiciliarias deberán ubicarse próximas a los lavaplatos y lavarropas que descarguen desechos grasosos y aguas jabonosas, y por ningún motivo deberán ingresar aguas negras provenientes de los inodoros.
- b. El sitio escogido debe ser fácilmente accesible para su limpieza o extracción de las grasas acumuladas.
- c. En el caso de grandes instalaciones como cuarteles o restaurantes rurales que atiendan a más de 50 personas, se deberá considerar la instalación de 2 trampas de grasa.
- d. No siempre es necesario instalar trampa de grasa para viviendas rurales pequeñas (menos de 5 personas).
- e. Las trampas de grasa pueden ser construidas de ladrillo o concreto, pueden ser prefabricadas en plástico y su geometría puede ser

- rectangular (tronco-piramidal) o circular (tronco-cónica).
- f. En general, las trampas de grasa se ubicarán en sitios donde puedan ser inspeccionadas y con fácil acceso para limpiarlas. No se permitirá colocar encima o inmediato a ellas maquinarias o equipo que pudiera impedir su adecuado mantenimiento.

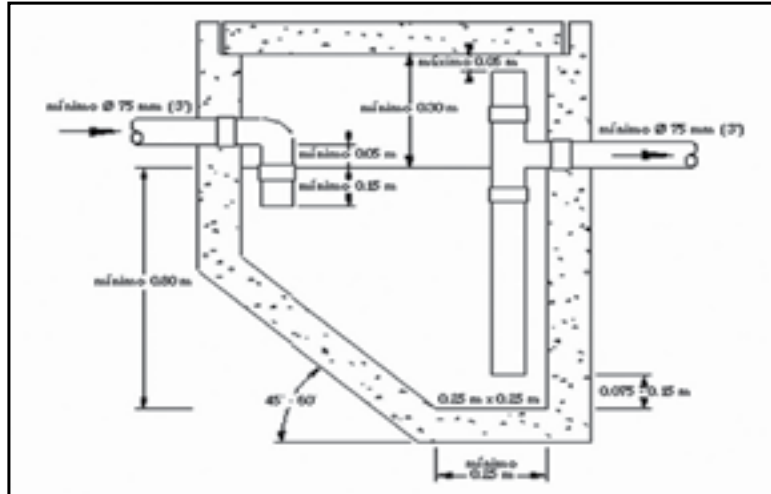
### 10.7.2.2. Características de diseño de la trampa de grasas

El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto. Otras características de diseño<sup>23</sup> a tener en cuenta son:

- a. El volumen de la trampa de grasa se calculará para un período de retención entre 2,5 a 3,0 minutos.
- b. La relación largo:ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida entre 2:1 a 3:2.
- c. La profundidad no deberá ser menor a 0,80 m.
- d. La entrada (afluente) a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro mínimo de 75 mm (3"). La salida (efluente) será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75 mm (3").
- e. La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.
- f. La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.
- g. La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- h. La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.
- i. El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo de 0,30 m.
- j. La trampa de grasa deberá ser de forma tronco cónica o piramidal invertida con la pared del lado de la salida (efluente) vertical. El área horizontal de la base deberá ser de por lo menos 0,25 x 0,25 m por lado o de 0,25 m de diámetro. Y el lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45° a 60° con respecto a la horizontal (ver figura a continuación).

23OPS/CEPIS/03.81  
UNATSABAR.  
Especificaciones  
Técnicas para el Diseño  
de Trampa de Grasa.  
Lima, 2003.

Figura J.10.6 Esquema de una trampa de grasas para construir en sitio. OPS/CEPIS/03.81



En las tablas J.10.3 y J.10.4 a continuación se relacionan los caudales y capacidades de retención y los tiempos de retención hidráulica típicos que se deben usar para trampas de grasa de diferentes tipos de afluente.

TABLA J.10.3

Tipo de afluente	Caudal (L/min)	Capacidad de retención de grasa (Kg.)	Capacidad máxima recomendada (L)
Cocina de restaurante campestre	56	14	190
Habitación sencilla	72	18	190
Habitación doble	92	23	240
Dos habitaciones sencillas	92	23	240
Dos habitaciones dobles	128	32	330
Lavaplatos para restaurantes			
Volumen de agua mayor de 115 litros	56	14	115
Volumen de agua mayor de 190 litros	92	23	240
Volumen entre 190 y 378 litros	144	36	378

TABLA J.10.4  
Tiempos de retención hidráulica

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
3	2 - 9
4	10 - 19
5	20 ó más

### 10.7.2.3. Operación y mantenimiento

Las trampas de grasa deben operarse y limpiarse regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa y la generación de

malos olores. La frecuencia de limpieza debe determinarse con base en la observación. Generalmente, la limpieza debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo. Para restaurantes campestres, la frecuencia de limpieza varía desde una vez cada semana hasta una vez cada 2 ó 3 meses. Estas unidades deben ser dotadas de las siguientes características:

1. Capacidad suficiente de acumulación de grasa entre cada operación de limpieza
2. Condiciones de turbulencia mínima suficiente para permitir la flotación del material.
3. Dispositivos de entrada y salida convenientemente proyectados para permitir la circulación normal del afluente y el efluente.
4. Distancia entre los dispositivos de entrada y salida, suficiente para retener la grasa y evitar que este material sea arrastrado con el efluente.
5. Debe evitarse el contacto con insectos, roedores, etc.

### 10.7.3. Tanque séptico

El tanque séptico es el componente principal de un sistema séptico para el tratamiento de las aguas residuales de viviendas rurales dispersas, vivienda rural nucleada, o establecimientos ubicados en zonas rurales o suburbanas que no cuentan con 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 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 aire. Los microorganismos que están presentes en este proceso de descomposición pertenecen al grupo de bacterias anaeróbicas porque se desarrollan en ausencia de oxígeno al ser el tanque un recipiente hermético con el fondo, las paredes y la tapa impermeables. Este tratamiento anaeróbico se llama también séptico y de ahí el nombre del tanque. 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.

Llamados también pozos sépticos, son generalmente subterráneos y según su geometría pueden ser prismáticos rectangulares, cilíndricos o tronco-cónicos. Los cilíndricos se utilizan cuando se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, y los prismáticos rectangulares en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad.



Pozo séptico para vivienda rural  
dispersa de 5 personas



Pozo séptico en construcción

Pueden ser construidos en sitio con mampostería de piedra o ladrillo, en concreto simple o reforzado, o pueden ser adquiridos en el comercio fabricados en diferentes materiales plásticos como polietileno (PE), polipropileno (PP), PVC-U ó poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Como se explicó en J.10.7, el efluente de los tanques sépticos, por hacer parte de un sistema de tratamiento, no debe ser dispuesto directamente en el suelo y mucho menos en un cuerpo de agua. Por eso debe realizarse un postratamiento o sea, debe ser tratado complementariamente para mejorar su calidad de acuerdo a las disposiciones de las autoridades sanitaria y ambiental, con el propósito de disminuir los riesgos de contaminación que afecten la salud pública. Ese postratamiento para mejorar la calidad del agua tratada en el tanque séptico, puede hacerse con un filtro anaeróbico de flujo ascendente, y/o disponiendo el efluente directamente a un campo de infiltración, y/o a un humedal artificial sumergido. Otras soluciones de postratamiento se presentan más adelante en el numeral J.10.7.4.

### 10.7.3.1. Requisitos previos para su aplicación

- a. Los tanques sépticos se recomiendan solamente para:
  - Áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillado.
  - Vivienda rural dispersa con suficiente área de contorno para acomodar el tanque con sus procesos de postratamiento (filtros anaerobios y/o campos de infiltración).
  - Alternativa de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.
  - Retención previa de los sólidos sedimentables, cuando hace parte de los alcantarillados sin arrastre de sólidos (ASAS).
  - Deberán ubicarse aguas abajo de cualquier pozo o manantial destinado al abastecimiento de agua para consumo humano.
- b. Los tanques sépticos no se recomiendan para:
  - Ser construidos en áreas pantanosas o fácilmente inundables.
  - Ser operados en condiciones en donde les entren aguas lluvias

y/o desechos capaces de causar interferencia negativa o inhibición en cualquier fase del proceso de tratamiento, el cual es eminentemente biológico.

### 10.7.3.2. Localización

Deben conservarse las siguientes distancias mínimas:

- 1.50 m distante de construcciones, límites de propiedad, sumideros y caminos peatonales.
- 3.0 m distante de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.
- 25.0 m distante de pozos de agua y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.
- 8.0 m distante de cortes o terraplenes.
- 3.0 m distante de piscinas.

### 10.7.3.3. Ventajas de su aplicación

Los tanques sépticos son apropiados para tratar sanitariamente las aguas residuales domésticas de:

- La vivienda rural dispersa.
- Vivienda rural nucleada o condominios campestres, con un máximo de 10 viviendas (50 habitantes) por cada tanque séptico.
- Establecimientos como restaurantes rurales o de borde de carretera, hostales, escuelas rurales, cuarteles e instalaciones agroindustriales.

Tienen un bajo costo de construcción, operación y mantenimiento, sobre todo si se cuenta con infraestructura o facilidades para la remoción mecánica de lodos.

### 10.7.3.4. Desventajas

- De uso limitado para un máximo de 50 habitantes por cada tanque séptico.
- Uso limitado a la capacidad de infiltración del terreno para disponer adecuadamente los efluentes en el suelo.
- Requiere de espacio y facilidades para la remoción y disposición de los lodos (bombas o camiones cisterna con bombas de succión – presión).

### 10.7.3.5. Diseño de un tanque séptico

Los principios que deben orientar el diseño de un tanque séptico son los siguientes:



- Considerar un tiempo de detención de las aguas a tratar, ya sean las residuales o negras, suficiente para la separación de los sólidos y la estabilización de los líquidos.
- Prever condiciones de estabilidad hidráulica para una eficiente sedimentación y flotación de sólidos.
- Asegurar que el tanque tenga el volumen suficiente para la acomodación de lodos y espuma dentro del tiempo previsto entre las operaciones de limpieza.
- Prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.

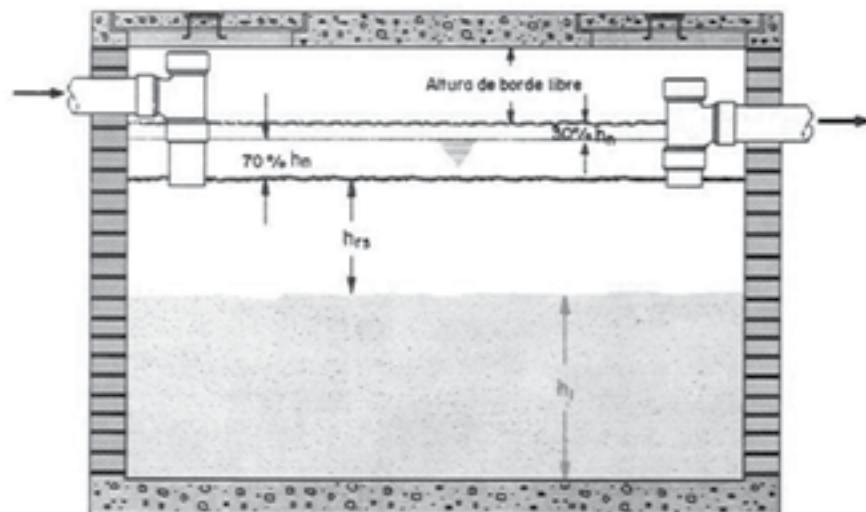
### 10.7.3.5.1 Diseño del volumen útil ( $V_u$ )

El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Volumen requerido para la sedimentación ( $V_{rs}$ ), determinante del rendimiento del proceso de tratamiento, el cual a su vez es función del tiempo de detención hidráulica.
- Volumen para el almacenamiento de lodos ( $V_l$ ).
- Volumen para el almacenamiento de natas y espumas no sumergidas ( $V_n$ ).
- Volumen para ventilación ( $V_v$ ). Es el espacio sobre el nivel de líquido para almacenamiento de espumas y el techo del tanque séptico, o borde libre.

Se recomienda que este borde libre tenga una altura  $h_v$  entre 0,10 m y 0,15 m de altura.

Figura J.10.7 Tanque séptico. Esquema del corte longitudinal de prisma rectangular



$$V_u = V_{ra} + V_j + V_n + V_r \quad \text{Formula J.10.1}$$

1. Tiempo de detención hidráulica (td). El tiempo de detención hidráulica para los tanques sépticos varía comúnmente entre 10 y 20 horas. En cualquier caso el tiempo de detención hidráulica no deberá ser menor de 8 horas.

$$t_d = 1,5 - 0,3 \cdot \text{Log}(P \cdot Q) \quad \text{Formula J.10.2}$$

Donde,

td = Tiempo mínimo de detención hidráulica en días.

P = Población aportante (No. de habitantes/tanque séptico)

Q = Aporte de aguas residuales en lppd. Se tomará la dotación neta mínima adoptada por el RAS según el nivel de complejidad del sistema con un coeficiente de retorno del 85%. En aquellos casos en donde exista una carencia notoria del recurso agua como puede suceder en muchas viviendas rurales, se pueden adoptar dotaciones netas inferiores a las establecidas en la tabla B.2.2 de dicho reglamento técnico. En el caso de que se diseñe solamente para aguas negras, se puede adoptar un caudal de diseño Q de 25 lppd.

2. Volumen requerido para sedimentación. El volumen en metros cúbicos requerido para la sedimentación (Vrs) es:

$$Vrs = \frac{P \cdot Q \cdot t_d}{1000} \quad \text{Formula J.10.3}$$

Y la altura requerida de sedimentación, será:

$$h_s = \frac{V_{rs}}{A} \quad \text{Formula J.10.4}$$

Donde: A = Área de superficie del tanque en m<sup>2</sup>

Esta altura requerida de sedimentación deberá ser como mínimo de 375 mm, de los cuales 75 mm serán la distancia mínima entre la parte inferior de la espuma sumergida y la parte inferior del dispositivo de salida. Los restantes 300 mm, serán la distancia mínima entre la parte superior de los lodos y la misma parte inferior del dispositivo de salida (ver esquema anterior).

3. Volumen para el almacenamiento de lodos (VI). Está dado por la siguiente fórmula:

$$V_l = \frac{T_l \cdot P \cdot N}{1000}$$

Formula J.10.5

Donde:

$V_l$  = Volumen para lodos en  $m^3$ .

$T_l$  = Tasa de acumulación de lodos en l/hab-año. La cantidad de lodos producidos por habitante por año depende de la temperatura ambiental y si al tanque séptico se descargan residuos de cocina. Los valores<sup>24</sup> a considerar son: para clima cálido 40 l/hab-año y de 50 l/hab-año para clima frío. En caso de que al tanque séptico se lleven las descargas de las aguas grises, a los valores anteriores se les adicionará un valor de 20 l/hab-año.

$P$  = Población aportante (No. de habitantes/tanque séptico).

$N$  = Número asumido de años entre operaciones de limpieza. Se recomienda como mínimo 2 años y como máximo 6 años. De todas maneras un factor determinante para escoger este valor es el costo de extracción manual comparado con el costo de extracción con equipos mecánicos y lo que esto representa en función de facilidades de acceso para estos equipos. De otro lado es importante considerar si hay espacio cercano disponible para la disposición de los lodos.

La altura de lodos (hl) será:

$$h_l = \frac{V_l}{A}$$

Formula J.10.6

Donde:

$A$  = Área de superficie del tanque en  $m^2$

4. Volumen para el almacenamiento de natas y espumas no sumergidas ( $V_n$ ). La OPS/CEPIS considera como valor normal un volumen mínimo de  $0,7 m^3$ .

En este caso  $h_n = 0.7/A$ , en donde  $A$  es el área de superficie del tanque en  $m^2$ .

Sin embargo, el volumen para almacenamiento de natas y espumas se puede calcular empleando la siguiente fórmula:

$$V_n = \frac{T_n \cdot P \cdot N}{1000}$$

Formula J.10.7

Donde:

$V_n$  = Volumen de natas en  $m^3$ .

$T_n$  = Tasa de acumulación de natas en l/h \* año. Como valor de referencia se tiene el obtenido en 1983 a partir de observaciones

y mediciones en el proyecto ASAS en Cartagena, de acuerdo con las cuales la tasa de acumulación de natas resultó de 3.51 l/hab-año. El diseñador podrá emplear ésta o cualquier otra tasa de acumulación de natas respaldada por monitoreo en nuestro medio, a fin de determinar el volumen de natas al final del periodo de limpieza.

P = Población aportante (No. de habitantes/tanque séptico).

N = No. asumido de años entre operaciones de limpieza. Como ya se dijo, está entre 2 y 6 años.

Y la altura de natas ( $h_n$ ) = será:

$$h_n = \frac{V_n}{A}$$

Formula J.10.8

Donde:

A = Área de superficie del tanque en  $m^2$

En nuestro medio, los escasos datos que existen acerca de la acumulación de natas mostraron que pocas veces su altura total excedió los 150 mm con aproximadamente un 70% de la nata sumergida dentro de la fase líquida del tanque.

#### 10.7.3.5.2. Profundidad neta del tanque séptico

Es la suma de las alturas requeridas para la sedimentación  $h_s$ , almacenamiento de lodos  $h_l$ , la altura de natas  $h_n$ , y la altura de borde libre  $h_v$  que como se dijo, debe variar entre 0.10 y 0.15 m.

#### 10.7.3.5.3. Dimensionamiento del tanque séptico

Para determinar las dimensiones internas de un tanque séptico rectangular se deben emplear los siguientes criterios:

- La relación entre el largo y el ancho del tanque séptico será como mínimo de 2 a 1 y como máximo de 5 a 1.
- La profundidad no deberá ser superior a la longitud total.
- El ancho del tanque séptico no deberá ser menor a 0,60 m, ya que es el espacio más pequeño en el que puede trabajar una persona durante la construcción o para las operaciones de limpieza.
- La profundidad neta no podrá ser menor a 0,75 m.
- El espacio libre entre la capa superior de la nata o espuma y la parte inferior de la loza de techo del tanque séptico no será menor a 0,10 m.
- Los diámetros mínimos internos de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico serán respectivamente de 100 mm (4") y 75 mm (3").

- Los dispositivos de entrada y salida de agua residual al tanque séptico estarán constituidos por tees o pantallas. Cuando se usen pantallas éstas deberán estar distanciadas de la pared del tanque a no menos de 0,20 m ni mayor a 0,30 m.
- La batea de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situada a 0,05 m por debajo de la batea de la tubería de entrada.
- Cuando el tanque séptico tenga 2 ó más cámaras en serie, la primera tendrá un volumen de por lo menos el 50% del volumen útil total.
- Para las labores de limpieza e inspección, el techo de los tanques sépticos deberá estar dotado de lozas removibles que cubran huecos 0,60 x 0,60 m, ó de tapas circulares de inspección para colocar sobre aros de base de por lo menos 0,60 m de diámetro interno.
- Cuando el techo del tanque séptico se encuentre a más de 0,40 m por debajo de la superficie natural del terreno, los dispositivos de acceso deberán prolongarse hasta quedar ubicados por lo menos a 0,20 m ó menos por debajo de la superficie natural del terreno.
- El fondo de los tanques sépticos deberá tener pendiente de 2% con caída hacia el punto de ingreso de los líquidos.
- Se recomiendan cámaras múltiples en serie, para tanques de volúmenes pequeños a medianos, que sirvan hasta 50 personas.
- Para otros tipos de tanques, se recomienda lo siguiente:
  - Tanques cilíndricos: 3 cámaras en serie.
  - Tanques prismáticos rectangulares: 2 cámaras en serie.

### 10.7.3.6. Tanques sépticos prefabricados

Los tanques sépticos prefabricados se pueden adquirir en el comercio en varios tamaños y geometrías, pero generalmente son de forma tronco-cónica 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.

Deben estar fabricados a partir de materiales con características físicas y propiedades de resistencia a la corrosión que los hagan apropiados para su utilización con aguas residuales. El fabricante deberá hacer una declaración de la eficiencia de depuración y de la durabilidad para un periodo de vida útil de por lo menos 20 años, independientemente del material de construcción. En el país pueden ser adquiridos en una gran variedad de materiales plásticos (polivinilo de cloruro no plastificado, PVC-U, polietileno PE, plástico reforzado con fibra de vidrio PRFV, y polipropileno PP), en fibrocemento, concreto y acero.

Como producto terminado deben ser estructuralmente estables, duraderos, estancos al agua, resistentes a la corrosión, asociados con la aptitud para el uso y desempeño que deben tener los tanques sépticos, integrantes

en su conjunto de los sistemas sépticos para tratamiento de aguas residuales domésticas. Se sugiere exigir a los oferentes de estos productos terminados, el certificado de conformidad con la Norma Técnica Colombiana: Tanques Sépticos para depuración de aguas residuales domésticas para poblaciones de hasta 50 habitantes equivalentes, en concordancia con lo estipulado en el Decreto 2269 de 1993 por el cual se organiza el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología.

Para su dimensionamiento se deben tener en cuenta los mismos criterios dados en el numeral J.10.7.3.5.

Como se ofrecen en una amplia gama de tamaños clasificados por su volumen útil, las variables más importantes para la selección las dan la población aportante (número de usuarios por tanque) y el número de años asumido por el comprador entre las operaciones de limpieza.

Cada tanque debe estar rotulado con la siguiente información:

- a) Identificación del fabricante y del producto.
- b) El número de la Norma Técnica Colombiana con la que está certificado el producto.
- c) La capacidad nominal.
- d) La fecha de fabricación.
- e) Tipo de material (siglas).

Además los fabricantes deben suministrar con cada tanque, las instrucciones de instalación escritas en español. Estas instrucciones deben contener los datos completos para la instalación de los tanques sépticos y todas las condiciones de funcionamiento, incluyendo las conexiones de tuberías y los procedimientos de puesta en marcha. Así mismo deberán proporcionar las instrucciones completas de operación y mantenimiento.

### 10.7.3.7. Operación y mantenimiento del tanque séptico

- Para poner en servicio un tanque séptico recién instalado o construido, se recomienda llenarlo de agua hasta el orificio de salida para luego depositar allí de 5 a 8 baldes de lodo fresco o estiércol caballar, con el objeto de crear las bacterias necesarias para la descomposición de la materia orgánica.
- Para una adecuada operación del sistema, se recomienda no mezclar las aguas de lluvia con las aguas residuales; así mismo se evitará el uso de químicos para limpieza del tanque séptico y el vertimiento de aceites o sustancias químicas que inhiban la actividad microbiológica. Igualmente no se deben arrojar papeles diferentes al papel higiénico, tampoco materiales comunes como trapos, basuras, etc., para evitar daños al sistema.
- Los tanques sépticos deben ser inspeccionados al menos una vez por año ya que ésta es la única manera de determinar cuándo se requiere una operación de mantenimiento y limpieza. Dicha

inspección deberá limitarse a medir la profundidad de los lodos y de la nata. Los lodos se extraerán cuando los sólidos llegan a la mitad o a las dos terceras partes de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo.

De otra manera, los lodos y las espumas acumuladas deben ser removidos en intervalos equivalentes al periodo de limpieza proyectado para el tanque séptico. Estos intervalos se pueden ampliar o disminuir, siempre que estas alteraciones sean justificadas y no afecten los rendimientos de operación ni se presenten olores indeseables.

- Cuando se extraen los lodos de un tanque séptico, éste no debe lavarse completamente ni desinfectarse. Se debe dejar en el tanque séptico una pequeña cantidad de lodo para asegurar que el proceso de digestión continúe con rapidez.

### 10.7.3.8. Disposición final de los lodos

- Para realizar el mantenimiento periódico a los sistemas sépticos, específicamente al tanque séptico, se recomienda tener en cuenta que la remoción periódica de lodos se realice por personal capacitado que disponga del equipo adecuado para garantizar que no haya contacto entre el lodo y estas personas. Este es un trabajo desagradable que pone en peligro la salud de quienes lo realizan.
- Antes de cualquier operación en el interior del tanque, es necesario que la cubierta se mantenga abierta durante un tiempo suficiente (>15 min.) para la remoción de gases tóxicos o explosivos.
- Cuando la topografía del terreno lo permita, se puede colocar una tubería de drenaje de lodos que se colocará en la parte más profunda del tanque (zona de ingreso). La tubería estará provista de una válvula. En este caso, es recomendable que la evacuación de lodos se realice hacia un lecho de secado.
- Si lo anterior no es posible, la limpieza se efectuará bombeando el contenido del tanque a un camión cisterna. Si no se dispone de un camión cisterna aspirador, los lodos deben sacarse manualmente con baldes.
- Los lodos retirados de los tanques sépticos en camiones cisternas se podrán transportar hacia plantas de tratamiento de aguas residuales para ser descargados en el lugar que indique su operador.
- En zonas aisladas o donde no exista fácil acceso a las plantas de tratamiento o éstas no existan en lugares cercanos, se deben disponer los lodos en lechos de secado o en trincheras mezclándolos con tierra, basura, hierba cortada y cal. Las zonas

- de secado deben estar alejadas por lo menos 500 metros de la vivienda más cercana.
- En ningún caso los lodos removidos pueden arrojarse a cuerpos de agua.
- Los lodos secos pueden enterrarse cerca al lecho de secado, o disponerlos en rellenos sanitarios o mezclarlos con suelos agrícolas para su mejoramiento, siempre y cuando no estén dedicados al cultivo de hortalizas, frutas o legumbres que se consumen crudas.

## 10.7.4. Postratamientos

Su propósito es continuar mejorando la calidad del agua tratada en un tanque séptico, en donde ésta fue sometida a un proceso de separación y retención de sólidos y que por la digestión anaerobia llevada a cabo en su tránsito por la zona de sedimentación, tuvo una remoción importante de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y mejora en otras características indicadoras de contaminación, pero no en la cantidad suficiente para ser vertida en el suelo o en un cuerpo de agua. La máxima eficiencia de remoción de la DBO<sub>5</sub> que se puede esperar de un tanque séptico es del 40%.

En un sistema séptico de baja capacidad como el de una vivienda rural y en donde el suelo tenga capacidad para asimilar un vertimiento líquido, un campo de infiltración en el terreno puede ser suficiente como postratamiento al tanque séptico.

En otras situaciones de mayor población aportante y que coincida con un suelo de baja capacidad de infiltración, seguramente habrá que considerar un tratamiento secundario adicional, teniendo en cuenta la normativa ambiental vigente, en especial lo dispuesto en el artículo 72 del Decreto 1594 de 1983 sobre vertimientos a cuerpos de agua. Este tratamiento secundario puede ser anaeróbico más aeróbico. A continuación se presentan varias opciones de postratamiento.

### 10.7.4.1. Filtro anaeróbico de flujo ascendente

Los filtros anaeróbicos de flujo ascendente (FAFA), son tanques enterrados que pueden construirse en sitio y con el mismo material y geometría a continuación del tanque séptico, ya sea integrándolo a esta estructura, o en forma independiente si la topografía del terreno o el espacio no lo permite. 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 en J.10.7.3.6.

El tratamiento primario que se lleva a cabo en el tanque séptico, es complementado en el FAFA con un proceso también microbiológico ausente de aire, es decir, es anaeróbico. El agua en tránsito por este reactor es filtrada en



un medio de grava, lo que permite mejorar su calidad a unas condiciones que permitan poder utilizarla para riego, infiltrarla en el suelo si la condiciones de permeabilidad de éste lo permiten o finalmente verterlas en algunas fuentes de agua, previo estudio del cuerpo receptor y desde luego, con la autorización de la autoridad ambiental correspondiente, si su calidad final cumple con la normativa ambiental vigente para vertimientos.

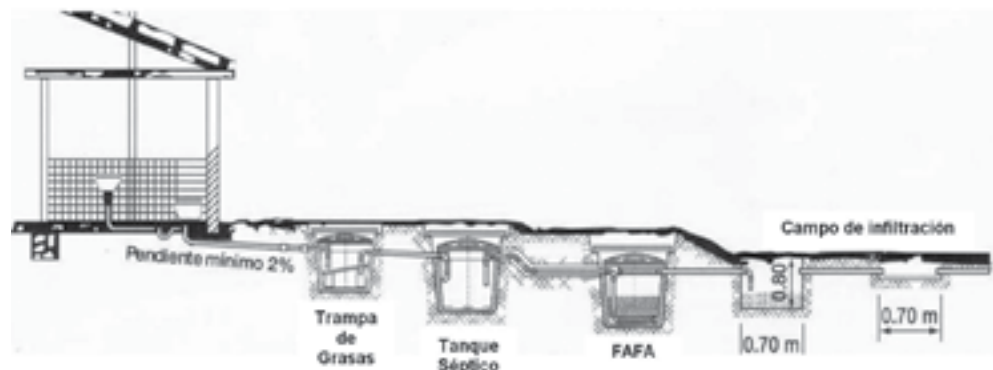
En un sistema integrado de tanque séptico y FAFA construidos en sitio, este último estará constituido por un cajón hermético con las mismas dimensiones de ancho y alto y una longitud que de acuerdo al tiempo de retención que se le quiera dar, puede variar como mínimo a  $\frac{1}{2}$  de la del tanque séptico como cuerpo principal de la estructura.

En los sistemas prefabricados, en un cuerpo cilíndrico horizontal se integran los dos procesos anaeróbicos, tanque séptico y filtro ascendente.

El FAFA es un tanque impermeable que en la parte inferior tiene un fondo falso sobre el cual se coloca un lecho de grava lavada o triturado libre de tierra y arena de 2" a 2 ½" de tamaño efectivo, que se puede elevar hasta la altura de la batea de la tubería de salida la cual debe estar localizada a una distancia máxima de 20 centímetros (8") por debajo del techo del filtro. La tubería efluente del tanque séptico, entra al filtro y mediante una tee con tapón roscado en la salida superior, desciende verticalmente hasta entrar en el fondo falso. El agua descargada allí se distribuye uniformemente en el fondo falso, atraviesa las perforaciones de éste y sube filtrándose a través del triturado o la grava, creando un flujo ascendente a través del lecho para finalmente salir en dirección al punto de vertimiento o al siguiente o siguientes procesos proyectados para cumplir el grado de tratamiento exigido.

Los diámetros mínimos de entrada y salida para un filtro anaerobio de flujo ascendente son de 75 mm (3"). Al igual que los tanques sépticos el filtro FAFA deberá estar dotado de por lo menos una tapa de inspección, ubicado lo más cercano posible al tapón colocado en la tee, con el fin de facilitar la limpieza de la tubería que desciende al fondo falso y también para cuando sea necesario introducir por allí agua limpia a presión para lavar el lecho filtrante.

Figura J.10.8 Esquema de un sistema séptico completo



### 10.7.4.2. Campo de infiltración

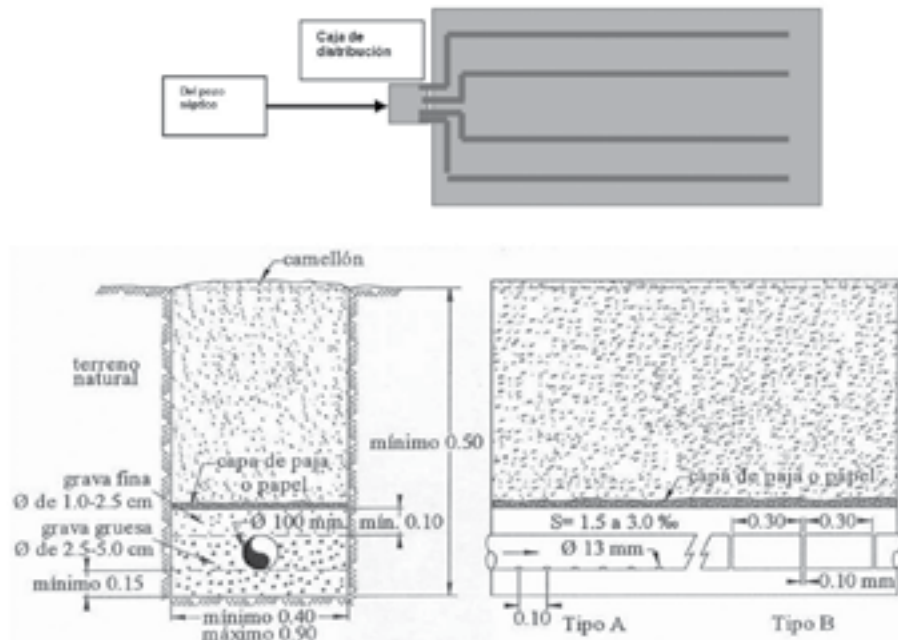
Antes de adoptar los sistemas de infiltración en el terreno como postratamiento en un sistema séptico, es importante determinar la permeabilidad del suelo mediante un ensayo de infiltración, tal como se señala en J.10.3.1.7. En suelos clasificados como impermeables o de infiltración lenta, es decir, que en la prueba de infiltración para el descenso de 1 centímetro de agua el tiempo es superior a 12 minutos, 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 como lo indica la figura anterior, 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 con granulometría de 25 (1") a 50 mm (2") de diámetro y espesor de 0,15 m. Sobre esta base se instala un sistema de tubería tipo drenaje de 100 mm (4") ó 150 mm (6") de diámetro colocadas a junta perdida, la cual se atraca hasta la parte superior de la tubería con la misma grava y a continuación se cubre con una capa de grava fina de 0,10 m de espesor y granulometría de 10 a 25 mm.

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 5 centímetros de espesor 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 tanque séptico ó 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.

Figura J.10.9 OPS/CEPIS. Zanjas de infiltración



### 10.7.4.2.1. Localización

Estos campos o zanjas de infiltración se localizan aguas abajo a continuación del tanque séptico o del FAFA de acuerdo al diseño del sistema séptico, y su propósito es continuar con el tratamiento del efluente proveniente de estos tanques. Deben ubicarse en suelos cuyas características de permeabilidad permitan la absorción del agua residual que sale de los tanques sépticos a fin de no contaminar las aguas subterráneas y su diseño se hará con base en los resultados de las pruebas de infiltración del terreno. Vale la pena considerar también la dirección predominante del viento para, en lo posible, localizar las zanjas teniendo en cuenta que allí se lleva a cabo un tratamiento aerobio.

- El fondo de la zanja deberá quedar por lo menos a 2,0 m por encima del nivel freático.
- La profundidad de las zanjas estará en función de la capacidad de infiltración de los terrenos y podrá variar entre un mínimo de 0,40 m a un máximo de 0,90 m.

Debe evitarse la proximidad de árboles, para evitar la entrada de raíces. La distancia mínima entre la zanja y cualquier árbol debe ser mayor a 3,0 m.

### 10.7.4.2.2. Dimensionamiento

En la tabla J.10.5 aparecen las dimensiones que se deben usar.

**TABLA J.10.5**  
**Dimensiones**

Parámetro	Dimensión
Diámetro de las tuberías	100 – 150 mm
Pendiente	0.3 - 0.5%
Largo máximo	30 m
Ancho del fondo	0.45 a 0.75 m

El área de absorción necesaria debe obtenerse con base en las características del suelo, que se determinan en los ensayos de infiltración. En la tabla J.10.6 aparecen valores típicos que se deben usar para el diseño.

**TABLA J.10.6**  
**Áreas de absorción**

Tiempo de infiltración Minutos	Área de absorción necesaria en el fondo del campo (m <sup>2</sup> )	
	Habitaciones	Escuelas
	Por cuarto	Por salón
2	4.50	0.8
3	5.50	1.0
4	6.50	1.1
5	7.50	1.2
10	9.0	1.7
15	12.0	2.0
30	16.5	2.8
60	22.0	3.5

Por encima de 60 minutos, no se recomienda esta solución.

### 10.7.4.2.3. Parámetros de diseño

Se recomienda utilizar una tasa de aplicación menor que o igual a 100 L/día/m<sup>2</sup> para los efluentes de tanques sépticos, y periodos de aplicación no mayores de 6 horas.

### 10.7.4.2.4. Operación y mantenimiento

Deben operarse en condiciones aerobias. Para esto, deben proveerse tubos de ventilación protegidos contra el ingreso de insectos. Además, el funcionamiento del campo debe ser intermitente por gravedad o por dosificación periódica. Para favorecer la vida útil del sistema se recomienda lo siguiente: 1) todos los ramales deberían tener el mismo largo, 2) en terrenos planos, las líneas deben ubicarse paralelas a las curvas de nivel, 3) para permitir una buena ventilación las líneas pueden terminar en pequeños pozos de 90 cm de diámetro, preferiblemente hechos con piedras uniformes de 60 a 100 mm, y 4) se recomienda sembrar grama en el campo para ayudar a la absorción del líquido efluente.

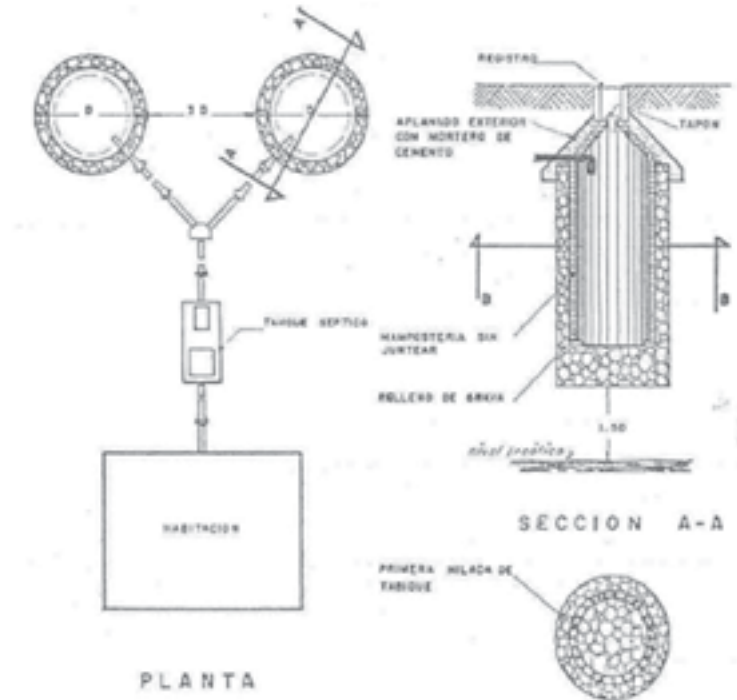
### 10.7.4.3. Pozos de infiltración

Cuando no se cuenta con área suficiente para la construcción de zanjas de infiltración o cuando el suelo es impermeable dentro del primer metro de profundidad, pero existen a continuación estratos permeables favorables, se podrá usar el pozo de infiltración.

Se trata de una estructura cilíndrica con o sin cono de reducción en la parte superior y tapa o registro para inspección (tienen una geometría similar a la de los pozos de inspección del sistema de alcantarillado), con un diámetro externo de excavación de 1,50 m y una profundidad útil no mayor a 5 m. Sus paredes son verticales y están formadas por muros de mampostería mixta: ladrillos y piedra media zonga pegados con mortero de cemento dejando juntas con espaciamientos libres (“junta perdida”) de no más de 10 mm para que el agua se infiltre en el terreno.

Para mejorar la capacidad de infiltración hacia el terreno, el espacio entre la superficie exterior del pozo y el terreno natural que no debe ser menor de 0,10 m se rellenará con grava de 25 a 50 mm de diámetro. El fondo del pozo deberá ser cubierto por una capa de 0,50 m de espesor con grava de las mismas características anteriores.

Figura J.10.10 Pozo de infiltración  
Norma Técnica I.S. 020 Tanques Sépticos



#### 10.7.4.3.1. Localización

- La distancia mínima entre el pozo de infiltración y cualquier árbol debe ser mayor a 5,0 m.
- La distancia mínima del pozo de infiltración a cualquier fuente de agua superficial debe ser de 15 m y a pozos o aljibes de abastecimiento de agua para consumo humano deberá ser de 30 m.
- Cuando se dispongan de 2 o más pozos de infiltración en paralelo, se requerirá instalar una o más cajas de distribución de flujos.
- Todo pozo de infiltración deberá introducirse por lo menos 2,0 m en la capa filtrante del terreno, y el fondo del pozo debe quedar por lo menos 2,0 m por encima del nivel freático de las aguas subterráneas.
- En donde se cuente con 2 o más pozos de infiltración, la distancia de centro a centro entre los pozos será de 3 veces el diámetro del pozo de mayor diámetro, pero en ningún caso menor a 6,0 m entre las tangentes de las circunferencias.

#### 10.7.4.3.2. Diseño

El área efectiva de infiltración del pozo hacia el terreno la constituye el área externa del cilindro. Para el cálculo de diseño se considerará el diámetro exterior del muro y la altura quedará fijada por la distancia entre el punto de

ingreso de la tubería afluente y el fondo del pozo. La capacidad del pozo se calculará con base en las pruebas de infiltración que se hagan en cada estrato usando el promedio ponderado de los resultados para definir la superficie de diseño. El diámetro mínimo del pozo de infiltración será de 1 m. La tapa de inspección podrá ser cuadrada en concreto reforzado de 0,60 m de lado o circular de 0,60 m de diámetro.

#### 10.7.4.4. Filtros intermitentes

La filtración intermitente puede definirse como la aplicación intermitente de agua residual previamente sedimentada, como el efluente de un pozo séptico, en un lecho de material granular (arena, grava, etc.) que es drenado para recoger y descargar el efluente final.

##### 10.7.4.4.1. Localización

Los filtros deben localizarse aguas abajo del tanque séptico o del tanque FAFA. Se recomienda usarlos en lugares con escasa cobertura vegetal y de tasas de infiltración rápidas. Se recomienda usarlos en lotes de área limitada pero apropiados para tratamientos de disposición en sitio y donde el efluente pueda ser dispuesto para un tratamiento con un filtro de arena luego de un tratamiento anaeróbico que puede ser un tanque séptico o un FAFA de acuerdo a como se diseñó el sistema. Deben aislarse de la vivienda para evitar problemas de olores.

##### 10.7.4.4.2. Dimensionamiento

Se recomienda utilizar un medio de material granular de lavado durable, que tenga las siguientes características: tamaño efectivo de 0.25 a 0.5 mm para filtros intermitentes, y de 1.0 a 5.0 mm para medio granular recirculante.

TABLA J.10.7

Parámetros para el dimensionamiento de medios de filtros intermitentes

Parámetro	Unidad	Intermitente	Recirculante
Tamaño efectivo	Mm	0.25 - 0.5	1.0 - 5.0
Coefficiente de uniformidad	CU	<4	<2.5
Profundidad	Cm	45 - 92	45 - 92

Para el drenaje se recomienda utilizar un lecho de grava lavada durable o piedra triturada de un tamaño efectivo de 9.5 a 19.0 mm y una tubería de drenaje perforada de 76 a 102 mm para filtros intermitentes y de 76 a 152 mm para recirculante con una inclinación del 0 a 1.0% para los dos casos.

Se recomienda colocar la ventilación aguas arriba para todos los filtros.

Para la distribución de presión se recomiendan utilizar el tipo de bombas apropiado para el caso. Se recomienda utilizar tuberías entre 25.4 y

50.8 mm, con tamaño de orificio entre 3.2 a 6.35 mm, y una cabeza en el orificio entre 0.91 y 1.52 m de columna de agua. Se recomienda un rango de espaciamentos laterales y entre orificios de 0.46 a 1.22 m.

#### 10.7.4.4.3. Parámetros de diseño

Para los filtros intermitentes de arena se recomiendan los parámetros de diseño que aparecen en la tabla J.10.8

**TABLA J.10.8**  
Parámetros de diseño para filtros intermitentes de arena

Parámetro	Unidad	Rango
Carga hidráulica	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d	0.3 - 0.6
Carga orgánica	kgDBO <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> /d	0.002 - 0.010
Frecuencia de dosificación	veces/día	3 - 6
Volumen del tanque de dosificación	caudal día	0.5 - 1.0
Pasos a través del filtro	No.	1
Temperatura del medio filtrante	°C	>15

Para los filtros de medio granular recirculante se deben usar los parámetros de diseño de la tabla J.10.9

**TABLA J.10.9**  
Parámetros de diseño para filtros de medio granular recirculante

Parámetro	Unidad	Rango
Carga hidráulica	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d	0.13 - 0.2
Carga orgánica	kgDBO <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> /d	0.010 - 0.040
Tasa de recirculación		3:1 - 5:1
Frecuencia de dosificación	min/30min	1 - 10
Volumen del tanque de dosificación	caudal día	0.5 - 1.0
Pasos a través del filtro	No.	2 - 8
Temperatura del medio filtrante	°C	>15

#### 10.7.4.4.4. Operación y mantenimiento

Para realizar el mantenimiento es necesario: 1) suspender la operación por un tiempo, 2) realizar el rastrillado de la superficie para remover la costra que se forma y actúa como inhibidora del proceso y 3) reemplazar la capa superior con material limpio.

En el momento en que el nivel de encharcamiento por encima de la superficie exceda 30 cm, debe pararse la aplicación de agua residual. Para filtros que reciben efluentes de tanques sépticos, se recomienda rastrillar o cambiar la capa superior en intervalos de 30 y 150 días, para tamaños efectivos de 0.2 mm y 0.6 mm, respectivamente. Para filtros recirculantes, con medio grueso (1.0 a 1.5 mm), se recomiendan periodos de hasta un año.

## 10.74.5. Humedales artificiales de flujo sumergido

### 10.7.4.5.1. Localización

Los humedales descritos en el numeral 2 del J.10.6.3, deben localizarse aguas abajo de un tanque séptico. Para esto, debe hacerse una evaluación de las características del suelo, localización de cuerpos de agua, topografía, localización geográfica, líneas de propiedad y vegetación existente para localizar adecuadamente el humedal.

### 10.7.4.5.2. Parámetros de diseño

El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Conductividad hidráulica.
- Granulometría.
- Flujo sumergido para todas las condiciones de caudales.

Además, se recomiendan los siguientes parámetros, para el caso de humedales de flujo subsuperficial:

#### Área superficial

Para la determinación del área superficial del humedal se recomiendan dos alternativas:

- a) Usar los siguientes valores de carga hidráulica: 0.032 m<sup>2</sup>/L/día (para zonas frías o donde haya restricciones de espacio), y 0.021m<sup>2</sup>/L/día (para zonas donde haya restricciones de espacio)
- b) Método incluyendo la cinética del proceso

$$A_s = Qd \cdot (\ln C_o - \ln C_e) / (Kt \cdot D \cdot n)$$

Formula J.10.9

En donde,

$A_s$  = es el área superficial en m<sup>2</sup>

$Qd$  = el caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s

$\ln C_o$  = es la carga orgánica del afluente DBO<sub>5</sub> dada en gDBO<sub>5</sub>/día

$\ln C_e$  = es la carga orgánica del efluente DBO<sub>5</sub> dada en gDBO<sub>5</sub>/día

$Kt$  = constante cinética de primer orden

$D$  = profundidad en m

$n$  = porosidad del medio

#### Sección transversal

1. Para determinar el área de la sección transversal se recomienda el uso de la ley de Darcy:

$$A_s = \frac{Q}{(K_s \cdot S)}$$

Formula J.10.10



En donde,

$A_{st}$  = es el área de la sección transversal en  $m^2$

$Q$  = tasa de carga hidráulica en  $m^3/ha-d$

$K_s$  = conductividad hidráulica

$S$  = pendiente de fondo

2. La conductividad utilizada para el diseño nunca puede ser mayor que la del medio de soporte. Se debe reducir dicha conductividad en un orden de magnitud para tener en cuenta los efectos de atascamiento asociados a la retención de sólidos en los humedales.
3. Pendiente de fondo. Se recomienda no usar la pendiente de fondo para ganar cabeza pues se corre el riesgo de dejar la entrada seca cuando hayan condiciones de bajo caudal = 1%.
4. Usar piedra entre 50 y 100 mm para una longitud de 0.6 m alrededor del influente distribuidor y las tuberías colectoras del efluente para reducir el taponamiento.
5. Usar solo sustrato lavado para eliminar los granos finos que puedan taponar los poros del sustrato y, posiblemente, causen flujo superficial.
6. Construir la berma al menos 150 mm por encima del sustrato y al menos 150 mm por encima de la superficie de la tierra.
7. Pendiente exterior 3H:1V
8. Pendiente interior 2H:1V
9. Ancho mínimo de la berma = 0.60 m
10. Carga orgánica máxima = 4  $m^2/kg.$  de DBO5/día
11. Tiempo de llenado del lecho con agua = 1 – 2 días
12. Profundidad. Se recomienda que la profundidad media del lecho sea 0.6 m y que la profundidad en la entrada no sea menor de 0.3 m. Con profundidades mayores a 0.6 m, las raíces más profundas y los rizomas empiezan a debilitarse. Se recomienda que los lechos se construyan con al menos 0.5 m de cabeza sobre la superficie del lecho. Para lechos pequeños, ésta puede reducirse.
13. Medio. Cuando se utilice grava como medio que carece de nutrientes, se recomienda que las semillas se planten en un medio fértil con el fin de evitar problemas posteriores.

#### 10.7.4.5.3. Operación y mantenimiento

Se recomienda que la superficie del humedal se cubra con vegetación. La elección de la vegetación depende del tipo de residuos, de la radiación solar, la temperatura, la estética, la vida silvestre deseada, las especies nativas y la profundidad del humedal. Se deben usar dos celdas en serie. Las celdas deben ser impermeabilizadas para evitar la infiltración. Es esencial que las raíces tengan siempre acceso a agua en el nivel de los rizomas en todas las condiciones de

operación. Para medios muy permeables con alta conductividad hidráulica (tales como la grava), se recomienda que el nivel de agua se mantenga alrededor de 2 a 5 cm por debajo de la superficie del lecho.

### 10.7.4.6. Filtros sumergidos aireados

Proceso de tratamiento de aguas residuales que utiliza un medio sumergido en el reactor para la fijación de los microorganismos; el aire se suministra a través de un equipo de aireación. Se caracteriza por la capacidad de fijar grandes cantidades de microorganismos en la superficie del medio y reducir el volumen del reactor biológico, permitiendo una depuración avanzada de las aguas residuales sin necesidad de recircular los lodos, como sucede en el proceso de lodos activados.

#### 10.7.4.6.1. Localización

Deben colocarse aguas abajo del tanque séptico que sirve como sedimentador.

#### 10.7.4.6.2. Dimensionamiento

##### Cámara de reacción

El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Tiempo de retención hidráulica que garantice la eficiencia de remoción esperada.
- Cargas orgánicas compatibles con la capacidad máxima de transferencia de oxígeno de los equipos de aireación utilizados.
- Tiempo de contacto.
- Granulometría.

$$V_{ur} = 400 + 0.25N \cdot C$$

Formula J.10.11

donde,

$V_{ur}$  = volúmenes útiles de las cámaras de reacción en  $m^3$

$N$  = número de contribuyentes

$C$  = contribución de aguas residuales por contribuyente en L/día-hab

##### Cámara de sedimentación

El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice la acumulación de biomasa en el reactor y produzca un efluente con concentraciones de sólidos suspendidos compatibles con el nivel de tratamiento exigido por el diseño.

$$V_{us} = 150 + 0.20N \cdot C$$

Formula J.10.12

Donde,

$V_{us}$  = volúmenes de las cámaras de sedimentación en m<sup>3</sup>

$N$  = número de contribuyentes

$C$  = contribución de aguas residuales por contribuyente en L/día-

hab

### División de la cámara de reacción

Puede optarse por la división de la cámara de reacción en 2 o más partes, para obtener mejor remoción de los contaminantes. Al dividirla en 2 cámaras, la primera debe ser aerobia y la segunda anaerobia, sin aireación. La proporción de volúmenes debe ser de 3:1. Para la división en 3 cámaras, la secuencia debe ser aerobia – anaerobia – aerobia y la proporción de volúmenes debe ser de 2:1:1

### Área superficial de la cámara de sedimentación

Debe permitir el acceso para limpieza y ser compatible con los requisitos de tratamiento de las aguas a tratar.

$$A_s = 0.07 + \frac{N \cdot C}{15} \quad (\text{m}^2)$$

Formula J.10.13

Donde,

$A_s$  = área superficial en m<sup>2</sup>

$N$  = número de contribuyentes

$C$  = contribución de aguas residuales por contribuyente en L/día-

hab

### Empleo de dispositivos aceleradores de la sedimentación

Se debe permitir el empleo de este tipo de mecanismos para la reducción del área superficial de la cámara de sedimentación y amortiguamiento del choque hidráulico.

#### Dispositivo de sedimentación

Para el dimensionamiento de los dispositivos de sedimentación se recomienda el siguiente procedimiento:

Los aceleradores de sedimentación pueden ser de tubo circular o cuadrado, placas paralelas o de otro formato, previa comprobación de su eficiencia para remoción de partículas en el decantador. También puede utilizarse material similar al empleado como medio filtrante en la cámara de reacción, pero con un área específica mayor. El ángulo de inclinación del dispositivo no debe ser superior a 40° con relación a la horizontal.

La disposición de los sedimentadores debe ser de tal forma que facilite su lavado periódico.

Como se dijo anteriormente, el dispositivo de sedimentación puede sustituirse por un material filtrante similar al utilizado en el reactor, pero el medio debe tener un área específica de por lo menos 150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. El espesor

del lecho filtrante debe ser por lo menos 0.50 m para que pueda lavarse con facilidad.

#### **Paso del agua residual desde la cámara de reacción hasta la cámara de sedimentación**

El agua residual proveniente de la cámara de reacción debe introducirse en la cámara de sedimentación por medio de un conducto de no más de 0.05 m de largo. No debe utilizarse la abertura inferior de la cámara de sedimentación para tal fin.

#### **Características del lecho filtrante**

El lecho filtrante de la cámara de reacción debe ser llenado con material que permita el crecimiento de los microorganismos en su superficie. Debe evitarse el empleo de materiales de diámetro muy pequeño y con elevado valor de área específica, que causen obstrucción temprana del lecho o que dificulten la limpieza del lecho filtrante.

#### **Altura del lecho filtrante**

La altura del lecho filtrante debe tener una distancia de 40 mm como mínimo, entre el fondo de la cámara y la parte inferior del lecho.

#### **Equipo de aireación**

El oxígeno necesario para el tratamiento aerobio se suministra a través de equipos de aireación de modo continuo e ininterrumpido. Por tanto, los equipos de aireación deben satisfacer las siguientes condiciones:

$$Q_a = 30 \frac{N_c \cdot C}{1440}$$

Formula J.10.14

Donde,

$Q_a$  = caudal de aire requerido en L/s

$N_c$  = número de contribuyentes

$C$  = contribución de aguas residuales por contribuyente en L/día-hab.

Para casos en que el sistema recibe aguas residuales de origen no exclusivamente doméstico (tales como de bares, restaurantes, etc.), el caudal debe calcularse considerando un valor de 80 m<sup>3</sup> de aire/día por kg. de DBO removido. Debe preverse una concentración mínima de oxígeno disuelto de 1.0 mg / L en el efluente del reactor aireado.

La potencia requerida para el compresor puede calcularse considerando todas las pérdidas relativas a la tubería, los accesorios, medidores, etc., para la situación más desfavorable del sistema de aireación. De usarse otro método, es necesario comprobar su efectividad previamente.

#### **10.7.4.6.3. Operación y mantenimiento**

Para mantener un funcionamiento adecuado es necesario tener en cuenta lo siguiente:

1. Inspeccionar periódicamente el sistema de filtro aerobio sumergido.

2. Remover periódicamente el lodo acumulado en el fondo del reactor conforme a las instrucciones del fabricante.
3. Lavar con un chorro de agua el medio filtrante, y el sedimentador, después de drenar el líquido del filtro.
4. El fabricante del filtro aerobio sumergido debe suministrar un manual de operación del sistema para el correcto funcionamiento del mismo.
5. Se recomienda que el lodo acumulado en el filtro, que se retira periódicamente, vaya de nuevo al tanque séptico instalado adelante del filtro; en caso de que exista un lecho de secado, el lodo puede ser dispuesto directamente en el mismo.
6. La limpieza del sistema debe efectuarse con materiales y equipos adecuados, para impedir el contacto directo del agua residual y el lodo con el operador.

## 10.8. Letrinas

En los centros urbanos y en la zona rural nucleada, la solución que sanitariamente se impone hoy en día para la recolección y disposición final de las aguas residuales domésticas es la del sistema centralizado de alcantarillado sanitario y su posterior tratamiento para cumplir con las normas ambientales, antes de ser vertidas en una fuente superficial.

En las áreas rurales con poca densidad de población o para la vivienda rural dispersa, después de considerar los sistemas sépticos y el tratamiento de las aguas grises *in situ*, la alternativa que sigue como solución económica y sanitariamente más viable es la letrina.



Filipinas



Vietnam: Solar



Dubbleton  
AB (Suecia)

Saneamiento Ecológico. Ron Sawyer

Se trata de un procedimiento antiguo concebido para disponer las heces y la orina en pozos excavados por debajo del suelo. Este tipo de almacenamiento

puede tener consecuencias de contaminación debido a su lixiviación a mantos freáticos, por lo que, para que sea una solución sanitaria efectiva su localización, diseño, construcción y mantenimiento deben ser muy cuidadosos. Con el fin de que las letrinas no se constituyan en un problema de higiene, de presentación antiestética para la vivienda y de contaminación de las aguas subterráneas aprovechables para consumo humano a través de aljibes, sus condiciones de uso deben ser estrictas, no se pueden modificar y todos los miembros de la familia se deben esmerar por su buena presentación, evitando que se conviertan en bodega, depósito de sobrantes o en un lugar repulsivo de la vivienda.

*Más allá de considerar las letrinas como una alternativa de saneamiento para la vivienda rural dispersa, especialmente cuando no se dispone de suficiente agua para la construcción de unidades sanitarias de flujo y descarga a sistemas sépticos, las letrinas pueden considerarse como una propuesta integral para el manejo y disposición de la orina y las excretas bajo el enfoque del saneamiento ecológico.*

Después de considerar las condiciones técnicas, económicas, sociales y culturales de la comunidad a ser atendida, en conjunto con la aspiración de disponer del servicio de saneamiento más adecuado, el punto de partida para la identificación del tipo de letrina depende en buena medida de la cantidad de agua disponible después de considerar los usos básicos del agua en el hogar para bebida y cocción de alimentos, higiene personal, lavado de ropa e higiene de la vivienda. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, las letrinas se clasifican en:

- Letrinas de hoyo seco – LHS.
- Letrinas de sello hidráulico (o arrastre hidráulico) – LSH.
- Letrinas aboneras secas familiares con desviación de orina – LASE.

A continuación se presenta una descripción y recomendación de uso para cada una de estas letrinas, partiendo de los modelos básicos y las variaciones que pueden tener para mejorar su funcionamiento<sup>25</sup>:

### 10.8.1. Letrina de hoyo seco – LHS tradicional

Es un retrete instalado sobre una placa de concreto reforzado firmemente apoyada por todos los lados y elevada por encima del terreno circundante, que se construye sobre un hueco de forma cilíndrica en lo posible o de sección transversal cuadrada cuya profundidad puede ser de 2 ó más metros. Para cualquiera de los dos casos las paredes del hueco deberán revestirse con mortero de cemento y malla de refuerzo para evitar su derrumbamiento. La placa de concreto deberá estar provista de un orificio sobre el cual se coloca un asiento con tapa y forma similar a la de una taza de inodoro convencional pero

25 La Organización Panamericana de la Salud y su Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – Unidad de Saneamiento Básico (CEPIS-USB) a través de su página Web [www.cepis.ops-oms.org](http://www.cepis.ops-oms.org), proporciona información detallada para el diseño, construcción y mantenimiento de estos modelos de letrina.

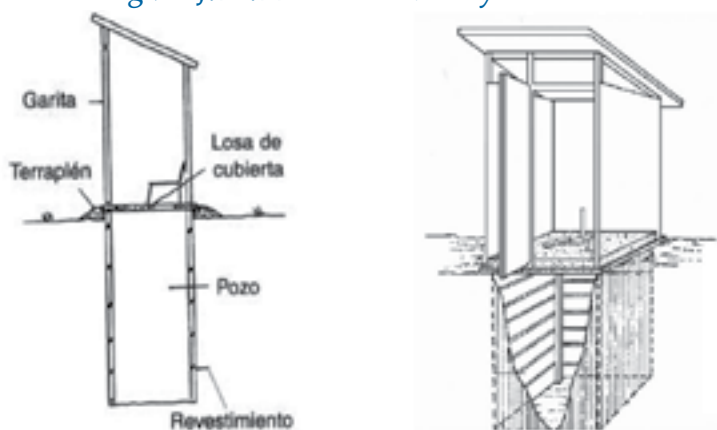
sin el sifón de descarga para que las excretas y la orina caigan directamente en el pozo, sin necesidad de que haya arrastre con agua.

Los líquidos se infiltran en el suelo circundante y el material orgánico se descompone, produciendo gases que se escapan a la atmósfera o se dispersan en el suelo. Los líquidos lixiviados se infiltran en torno al área de influencia del pozo y en el fondo se va sedimentando un residuo que después de descomponerse se compacta con el tiempo. En algunas partes a este tipo de letrinas se les llama de pozo negro o pozo ciego.

### 10.8.1.1. Recomendaciones

Estas letrinas pueden ser construidas por el usuario y no necesitan agua para funcionar. El modelo que se muestra en la figura y que corresponde a la descripción anterior es el más económico. La profundidad del hueco debe estar por lo menos a 1,50 m sobre el valor más alto del nivel freático. El hueco puede ser cuadrado o rectangular, pero se recomienda circular por ser más estable al derrumbamiento. Las paredes del pozo deben estar revestidas y la loza de cubierta sobre la cual se construye el retrete debe estar por lo menos a 20 centímetros sobre el nivel del terreno, a fin de proteger el pozo contra inundaciones. Tienen el inconveniente de que producen mal olor, atraen moscas y otros vectores de enfermedades que fácilmente se reproducen en los huecos o pozos. Requieren de poco mantenimiento, el interior del retrete debe mantenerse limpio y la taza tapada cuando no se esté utilizando.

Figura J.10.11 Letrina de hoyo seco



OPS/CEPIS/02.58 UNATSABAR

### 10.8.2. Letrina de hoyo seco ventilada – LHS ventilada

Esta es una variante del modelo básico descrito anteriormente. Se puede construir una letrina mejorada para eliminar los problemas de mal olor y

de vectores de las letrinas tradicionales, instalando un tubo vertical de ventilación que conecte el pozo con la atmósfera exterior del retrete.

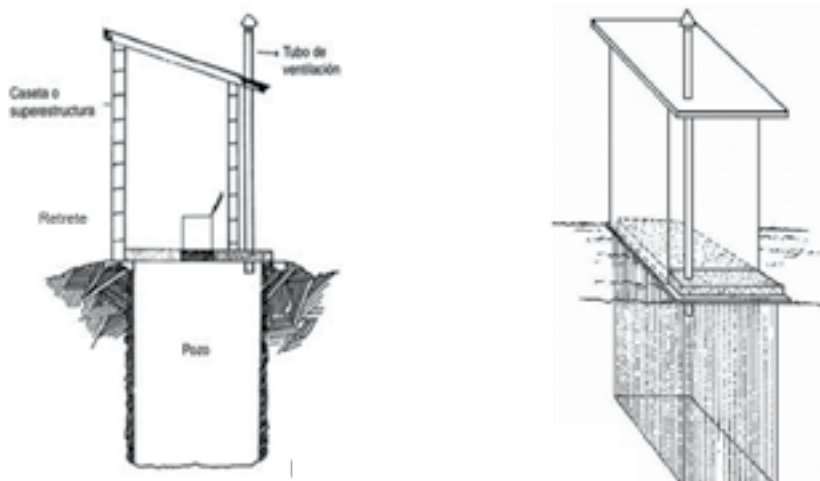
La circulación constante del aire elimina los olores resultantes de la descomposición de excretas en el pozo y hace que los gases escapen a la atmósfera por la parte superior del tubo y no por la caseta.

### 10.8.2.1. Recomendaciones

El diámetro del tubo de ventilación debe ser mayor a 15 centímetros y debe sobresalir como mínimo 50 centímetros por encima del techo del retrete. Se debe colocar adosado a la pared exterior del retrete de tal forma que durante la mayor parte del día el sol le caliente directamente y se puede pintar de negro para aumentar la absorción solar y mejorar el efecto chimenea.

Para evitar la entrada de moscas se debe instalar una malla fina en su extremo superior. La puerta de la caseta se debe colocar del lado que más frecuentemente le llegue el aire de frente y se debe dejar una abertura sobre el dintel por lo menos 3 veces más grande que la sección transversal del tubo de ventilación.

Figura J.10.12 Letrina mejorada de pozo ventilado



OPS/CEPIS/02.58 UNATSABAR

### 10.8.3. Letrina de pozo elevado – LHS elevado

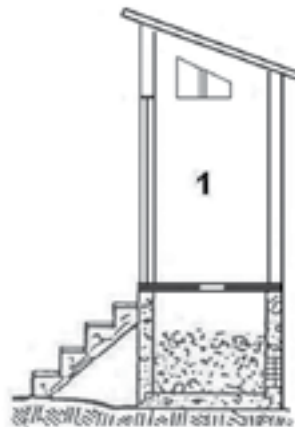
Cuando el terreno tiene el nivel freático muy cerca de la superficie o el terreno es inundable en época de lluvias, se deben construir letrinas de pozo elevado. El pozo de la letrina se excava al final de la época seca, a una profundidad razonable que no interfiera significativamente con los flujos de agua y haciendo que el revestimiento de ese hueco se prolongue sobre la superficie o nivel existente



del terreno hasta que se alcance el volumen de almacenamiento deseado. En otras palabras, se debe construir la cámara de almacenamiento semienterrada.

Esta modalidad que se llama letrina de pozo elevado puede ser utilizada como letrina tradicional simple, como letrina mejorada de pozo ventilado, como letrina con cierre hidráulico o de cualquier otro tipo posible.

Figura J.10.13 Letrina de pozo elevado



OPS/CEPIS

### 10.8.3.1. Recomendaciones

El revestimiento del hueco, prolongado sobre el nivel del suelo, debe impermeabilizarse, tanto por dentro como por fuera. Si se construye un terraplén, el mismo podrá usarse para la infiltración, siempre que se haga de material permeable y bien compactado, con una inclinación lateral estable y sea lo bastante grueso para evitar que los líquidos filtrados resuman en la base del terraplén, en lugar de infiltrarse en el suelo.

### 10.8.4. Letrina de sello hidráulico – LSH

El empleo de las letrinas con arrastre hidráulico sólo deben utilizarse en zonas rurales cuyas condiciones socioeconómicas, disponibilidad de agua y permeabilidad del suelo permitan su aplicación. Esta es una forma de eliminar los problemas de mal olor y de vectores de las letrinas tradicionales. Se hace instalando un inodoro corriente o una taza con sifón de fondo, de tal manera que mantenga un sello hidráulico después de su descarga, la cual utiliza muy poca cantidad de agua. Los inodoros, tanto los accionados por descarga manual como los tanques accionados por una válvula de descarga automática, deben tener un consumo promedio no superior a 6,0 l por descarga, de acuerdo a la normativa que sobre uso eficiente y ahorro del agua existe en el país (Ley 373 de 1997 y su Decreto reglamentario 3102 de 1997).

*Este tipo de letrinas de ninguna manera puede ser usado como solución individual a la disposición de aguas residuales domésticas en viviendas ubicadas en suelo urbano o suburbano, ni mucho menos en urbanizaciones destinadas a la construcción de viviendas de interés social urbano o rural nucleada. Para estos casos la solución son los alcantarillados convencionales o no convencionales aceptados por la reglamentación de agua y saneamiento – RAS.*

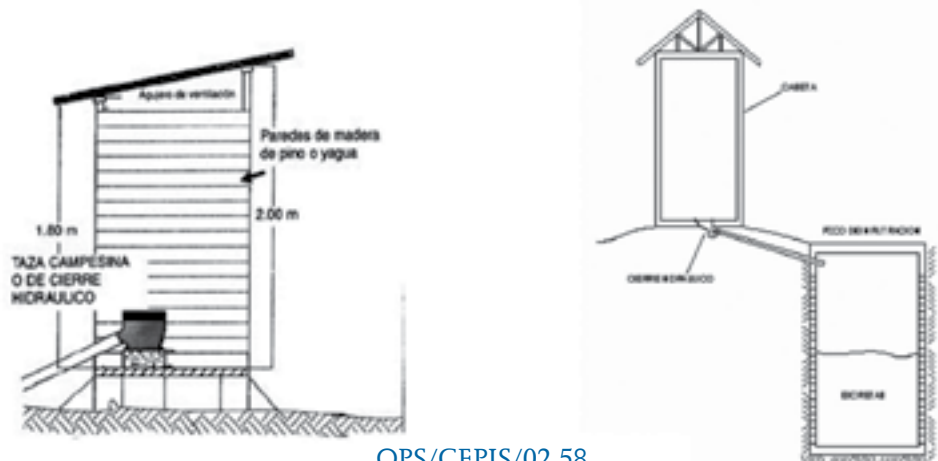
El retrete, o cuarto de baño, o caseta de la letrina puede estar ubicado en una posición más alta con respecto al pozo en cuyo caso estaría conectado por una tubería de poca longitud. El cuarto de baño o retrete puede construirse en el interior de la casa o pegado a ella.

### 10.8.4.1. Recomendaciones

Los hoyos de la letrina de sello hidráulico (o con arrastre hidráulico), destinados al almacenamiento de las aguas residuales, deberán ubicarse en el exterior de la vivienda y a no menos de 1 metro del muro exterior de éstas y sólo podrán ser construidas en terrenos cuyas características favorezcan su excavación e infiltración de las aguas empleadas en el arrastre de los desechos fisiológicos.

Las LSH no podrán ser construidas en áreas pantanosas, fácilmente inundables, en suelos impermeables o con presencia de arcillas expansibles. El suelo ideal es el calcáreo o el que tenga presencia de rocas figuradas, siempre que se tomen las medidas de seguridad para evitar daños en la cimentación de estructuras aledañas. Tampoco se pueden construir LSH dentro de un radio de por lo menos 30 metros alrededor de pozos, aljibes o sistemas de extracción de agua para consumo humano y de todos modos deberán quedar ubicados aguas debajo de estos sistemas de abastecimiento para evitar su contaminación.

Figura J.10.14 Letrina de sello hidráulico



Otra recomendación que tiene relación con su correcta operación y funcionamiento es que no se deben arrojar a la taza residuos sólidos como papel grueso o toallas higiénicas, ya que es probable que el sistema se obstruya. Si el pozo de la letrina está desplazado respecto al retrete ya sea porque está en el interior de la vivienda o pegado a ella, la tubería que hace la descarga desde la taza deberá tener una pendiente no menor al 3% y diámetro mínimo de 2,5". La ventaja de contar con un retrete desplazado con relación al pozo es que cuando éste se llene se puede excavar otro en el área vecina y dejar los excrementos reposando para su proceso de descomposición durante por lo menos 6 meses antes de extraer los lodos de una manera segura y volver a rehabilitarlo como letrina alterna.

### 10.8.5. Letrina abonera seca familiar con desviación de orina – LASF

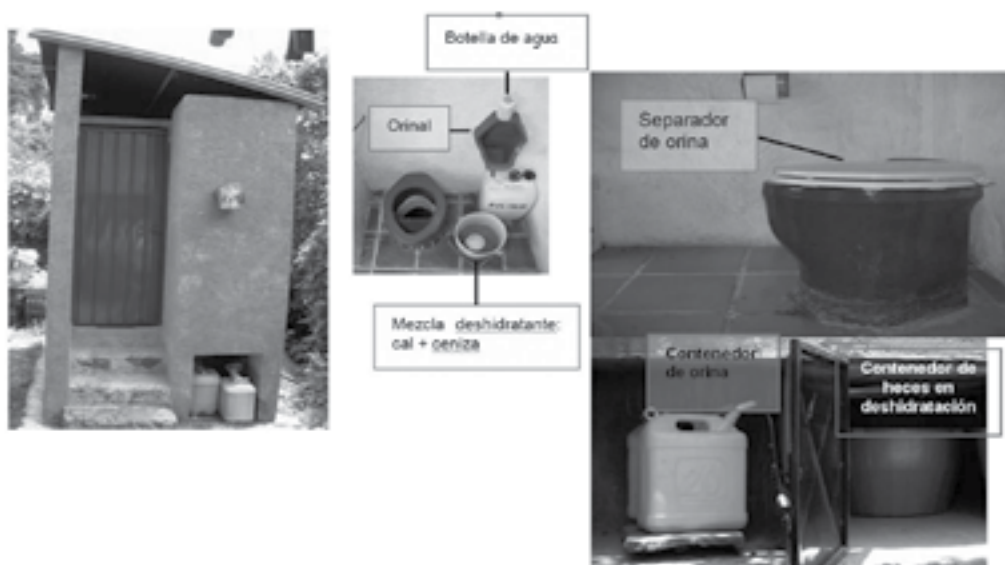
Está diseñada para utilizar las heces y la orina como acondicionador de suelos, partiendo de una taza de cerámica diseñada anatómicamente para lograr su separación. Para conveniencia del varón se puede instalar dentro del retrete un orinal aparte.

El pozo de almacenamiento de las heces está dividido en dos compartimientos separados entre sí por un tabique para ser utilizados en forma alterna con lapsos de seis meses cada uno: uno se está llenando mientras el otro descompone el material previamente depositado.

Esta es una letrina lenta que le da tiempo suficiente a las heces para que sufran su descomposición. El proceso seguido durante la operación de la letrina es seco pues se utilizan, después de cada deposición, descargas medidas de cal o ceniza en forma separada o combinada con el fin de ayudar desde un principio al proceso de deshidratación de las heces. Es por esa razón básica que se separan los orines.

Los orines provenientes de la taza y el orinal son almacenados provisionalmente en un tanque para su posterior aplicación como abono líquido.

El material que estuvo en reposo durante seis meses o más, después de sufrir un proceso de descomposición y secado, al ser extraído puede ser aplicado como acondicionador de suelos en la finca pero no debe ser utilizado como abono orgánico debido a la prevalencia de algunos parásitos.



Sanitario seco con desviación de orina  
Saneamiento Ecológico. Ron Sawyer

Este tipo de letrinas también se suele denominar como “sanitario seco con desviación de orina con doble cámara” y no necesariamente su construcción está orientada a la familia campesina, pues también se encuentran sanitarios públicos de este tipo.

### 10.8.5.1. Características de la operación y recomendaciones

1. Las heces caen al compartimiento del pozo que está en servicio y la orina proveniente de la taza se une mediante tubería con la del orinal y sale del retrete para ser recolectada en un recipiente adecuado donde se almacena para posteriormente ser aplicada como abono. También puede ser conducida directamente por tubería enterrada a un campo de riego o conectada a la instalación de aguas grises después de la trampa de grasas.
2. Una de las funciones de la cal o ceniza es deshidratar las heces para lograr una mejor descomposición y muerte de los microbios.
3. La LASF produce menor cantidad de gases olientes y algo de humedad. Unas pequeñas aberturas en las paredes del retrete son suficientes para que esos gases escapen.
4. Semanalmente, se tiene que apelmazar la mezcla de heces y cal para entre otros, lograr un mejor uso del volumen de la cámara.
5. Cuando una cámara está casi llena, se cubre la mezcla con tierra, se coloca la tapadera, se traslada la taza al otro compartimento y se deja descansando la cámara y todo su contenido por un periodo que puede

estar comprendido entre 6 y 12 meses, dependiendo de características físico – químicas como temperatura y pH y el tipo de uso.

### 10.8.6. Letrina solar – LS

La letrina solar es un revolucionario invento cuyo funcionamiento tiene como base la energía solar y el viento. En algunas partes se comercializa con patente, como una unidad prefabricada en fibra de vidrio en donde la cabina o el retrete descansa sobre los compartimentos de almacenamiento de las heces y la orina. El depósito de las heces se prolonga hacia la parte trasera o al lado de la cabina la cual tiene unas ventanas de vidrio ligeramente inclinadas sobre la horizontal para captar la energía solar.



Letrina Solar

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. República de El Salvador

Es una letrina seca, es decir, no requiere de agua para el arrastre de las heces pero dentro de la cabina hay un depósito y una pala con la medida adecuada para verter la cal después de cada deposición. El inodoro solar se encarga de evaporar los líquidos de los desechos humanos. Además es ecológico, ya que no daña el medio ambiente e igualmente los residuos pueden ser utilizados como acondicionador de suelo mas no como abono orgánico. En otras palabras, la letrina solar opera idéntico a una LASF donde la eliminación microbiana se acelera con la actividad solar.

Este tipo de letrinas también se suele denominar como “sanitario seco con desviación de orina con una cámara con calentador solar”, así se reconoce en la bibliografía internacional.

## 10.9. Factores de selección

En la matriz a continuación se presentan las soluciones descentralizadas para el tratamiento de aguas residuales domésticas y excreta humana en la

zona rural de vivienda dispersa y las variables de decisión que en nuestro medio ayudarán a identificar la más adecuada.

Tabla J.10.10  
Opciones de tratamiento *in situ* frente a variables de decisión

OPCIONES TECNOLÓGICAS DE TRATAMIENTO <i>IN SITU</i>	VARIABLES DE DECISIÓN								
	Cantidad de agua disponible		Disponibilidad de terreno		Permeabilidad del suelo		Zona inundable	Compostaje de las heces	Muy baja capacidad económica
	Menos de 40 lppd	Más de 40 lppd	Entre 500 y 1.000 m <sup>2</sup>	Más de 1.000 m <sup>2</sup>	Permeable	No permeable			
Tanque séptico con pre y postratamiento	No	Si	No	Si	Si	Condición 1	No	No	No
Tratamiento de aguas grises	Opcional 2	Opcional 2	No	Opcional 2	Opcional 2	En humedal	No	Opcional 2	No
Letrinas de hoyo seco – LHS	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	No	Si
Letrinas de sello hidráulico – LSH	No	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
Letrinas aboneras secas familiares – LASF	Si	Si*	No	Si	Si	Si	Si	Si	No
Letrinas de pozo elevado	-	-	-	-	-	-	Si	-	No

Una vivienda rural que cuente con disponibilidad de agua tiene la posibilidad de tomar la decisión ambiental de instalar un sanitario seco, ya que éste es un sistema que protege las fuentes de agua y además genera el potencial de recuperar los nutrientes del suelo.

Las principales variables de decisión que se tuvieron en cuenta para facilitar la selección tecnológica son:

- Cantidad de agua disponible: Se consideró como punto de partida para definir si la solución debe ser a través de un sistema séptico o de letrinas, la dotación de 40 l/persona-día, teniendo en cuenta las consideraciones de consumo de agua dadas en la Tabla J.8.1. Con una disponibilidad de agua mayor se puede construir una unidad sanitaria con inodoro de flujo y descarga a un sistema séptico. Con una dotación menor la mejor solución es la de la letrina de hoyo seco en cualquiera de sus variedades. Para cualquiera de las dotaciones por encima o por debajo de 40 lppd, el tratamiento de las aguas grises es recomendable, aun cuando se opte por la solución de las letrinas, siempre y cuando haya disponibilidad de terreno y el suelo sea permeable.
- Disponibilidad de terreno: Hoy en día en la mayoría de los municipios, los planes de ordenamiento territorial (POT) no permiten en la zona rural la fragmentación de terrenos a lotes de menos de 10.000 m<sup>2</sup> de superficie. Sin embargo en muchos municipios se encuentran viviendas rurales en lotes de tamaño

inferior, ya sea por el origen de su tradición (anterior a la Ley 388 de 1997) o porque son lotes destinados exclusivamente para vivienda campesina. En este caso la autoridad municipal que otorga las licencias de construcción o la que vigila la disposición sanitaria de los residuos líquidos de estas viviendas, debe tener en cuenta que para esos lotes pequeños de menos de 1.000 m<sup>2</sup> la única solución, si no disponen de un sistema de alcantarillado, son las letrinas de hoyo seco.

- Permeabilidad del suelo: Los suelos permeables con suficiente capacidad de absorción, permiten viabilizar las soluciones de tipo húmedo como son las letrinas con sello hidráulico, los tanques sépticos con campos de infiltración y la disposición de aguas grises en campos de infiltración, estando sometidas desde luego a las restricciones de distancia y profundidad establecidas cuando en sus proximidades hay aljibes o pozos para extraer agua subterránea para consumo humano.
- Zona inundable: Las zonas inundables afectan sustancialmente la selección de cualquiera de las opciones tecnológicas tratadas en este capítulo, obligando prácticamente a que la única solución sea la de la letrina con pozo elevado o a desarrollar la solución, colocándola siempre por encima del nivel de inundación, si hay espacio para ello.
- Compostaje de las heces: Independientemente de la disponibilidad del agua, las letrinas aboneras se constituyen en una opción tecnológica en donde el aprovechamiento de los residuos fecales se define como una alternativa válida, siempre y cuando se tengan en cuenta todas las previsiones de tiempo y secado para eliminar los organismos patógenos antes de su utilización como mejorador de suelos.
- Capacidad económica: Teniendo en cuenta las condiciones económicas señaladas en el numeral J.8.5.3.1, para familias con ingresos bajos equiparables al salario mínimo mensual, la solución más adecuada son las letrinas de hoyo seco, ojalá con ventilación. Esto no quiere decir que no puedan aspirar a, si tienen agua suficiente, un sistema séptico si se cumplen las condiciones sanitarias para su construcción.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL





# 11. SOLUCIÓN INDIVIDUAL PARA LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS

## 11.1. Alcance

El presente capítulo tiene como propósito establecer los principios básicos para la disposición final de los residuos sólidos domésticos en la zona rural del municipio donde no es posible la prestación del servicio de aseo mediante su recolección, y las recomendaciones para disponerlos y tratarlos en forma individual.

## 11.2. Generalidades

Hoy en día en la mayoría de los municipios colombianos, el servicio de aseo urbano se extiende a las áreas suburbanas y a algunos conglomerados de viviendas o caseríos en el área rural. Sin embargo, para la vivienda rural dispersa, la cobertura del servicio de aseo es muy baja, prácticamente no existe, y en las veredas y conglomerados urbanos menores muy alejados de la cabecera municipal no llega el servicio de aseo o es muy deficiente. Al no existir recolección y disposición apropiada de los residuos sólidos domésticos, éstos se disponen a cielo abierto en sitios inadecuados o son arrojados a las corrientes de agua constituyéndose en un grave problema de salud pública y ambiental.

La disposición apropiada de los desechos producidos en el campo debe hacerse de tal manera que la parte orgánica pueda ser aprovechada mediante la construcción de fosos excavados en el suelo para producción de abonos y, en caso de tener la cantidad suficiente de residuos, generar biogás; la parte no orgánica aprovechable (vidrios, plástico, metal y demás materiales), se debe acumular en sitios apropiados para su posterior aprovechamiento (reciclaje o reutilización) por parte de personas que cuentan con las tecnologías para dicho negocio y recorren periódicamente las veredas comprando estos residuos. Un ejemplo de aprovechamiento de los residuos orgánicos que se producen en las viviendas de la zona rural está concebido en los modelos de granjas autosuficientes, en donde éstos son aprovechados para producir abono, gas y lombrices para alimentar otros animales.

*Los residuos sólidos domésticos o desperdicios que se producen en las viviendas campesinas están constituidos principalmente por cáscaras vegetales, hojas, huesos, trapos, cartones, papeles, envases de lata, plástico y frascos de vidrio o de plástico. Entre más alejadas están estas viviendas de los centros urbanos principales o de los caseríos que disponen de recolección, estos residuos sólidos son por lo general acumulados en sitios específicos a cierta distancia de la vivienda o quemados de forma rudimentaria. Tanto los basureros domiciliarios de bajas especificaciones técnicas, como la quema de los residuos, causan molestias a sus habitantes generando malos olores, convirtiéndose en criaderos de insectos y roedores que son un riesgo para la salud, pero además contaminan las fuentes de agua, el suelo y el aire, en general.*

## 11.3. Disposición sanitaria de los residuos sólidos en la vivienda campesina

Todas aquellas viviendas rurales que por su ubicación no puedan acceder al servicio de recolección de residuos en ningún punto de recolección deberán implementar un sistema de disposición de residuos sólidos, que cumpla con las siguientes características:

- La implementación de este sistema de disposición será individual.
- La construcción del sistema será conforme a lo establecido en el presente capítulo.
- El objetivo del sistema será dar correcto manejo y disposición final a los residuos sólidos que no pueden ser aprovechados de ninguna forma o que su aprovechamiento no sea viable y todos aquellos residuos que representen riesgos para la salud humana y el ambiente.
- El control, manejo y operación del sistema será responsabilidad de los habitantes de la vivienda y se deberá evitar cualquier tipo de riesgo o problema de orden sanitario, ambiental o de salud pública.
- El sistema será utilizado de forma eficiente y segura.

*La Guía Básica de Tecnologías Apropriadas en Agua Potable y Saneamiento Básico, editada en el año 2000 por la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico, hoy Viceministerio de Agua y Saneamiento del MAVDT en asocio con la Organización Panamericana de la Salud, presenta una serie de soluciones prácticas, de bajo costo y fácil implementación para el manejo y disposición in situ de residuos sólidos en las viviendas campesinas, el cual comprende su clasificación y almacenamiento provisional en la vivienda y su posterior disposición final.*

## 11.4. Clasificación de los residuos sólidos y su almacenamiento

Los residuos sólidos están constituidos por elementos o sustancias que se descomponen (biodegradables) y otras que no descomponen.

Las sustancias biodegradables son residuos de origen orgánico que se descomponen fácilmente, como sobrantes de comida, cáscaras, frutas, etc., las cuales se deben almacenar en recipientes bien tapados o bolsas que impidan la reproducción de insectos y roedores.

Los residuos orgánicos pueden servir como abono o como alimento para algunos animales.

Las sustancias que no se descomponen fácilmente, o no son biodegradables, son residuos de origen mineral o son el resultado de procesos químicos como papel, cartón, plástico, vidrio, latas, etc.

Estos residuos sólidos pueden ser enterrados o aprovechados, bien sea mediante reciclaje o reutilización, para que sean, por ejemplo, reincorporados a procesos como materia prima.

Los residuos sólidos separados y clasificados como en el caso del cartón, el papel, el plástico, el vidrio, etc., pueden generar empleo y recursos económicos.

## 11.5. Manejo sanitario de los residuos sólidos

El manejo sanitario de los residuos sólidos como solución individual, comprende dos fases:

- Almacenamiento en la vivienda.
- Tratamiento y disposición final.

## 11.5.1. Almacenamiento en la vivienda

Se recomienda almacenar diariamente en canecas con tapa, o en bolsas plásticas o costales los residuos clasificando y separando por un lado los biodegradables, es decir, los residuos orgánicos de los no biodegradables como son los papeles, cartones, vidrios, plástico y metal.

Los recipientes de los residuos sólidos deben ser:

- Impermeables y resistentes.
- Fáciles de limpiar, llenar y vaciar.
- De tamaño y peso adecuado para su vaciado.
- Con tapa.

Los residuos almacenados en canecas o bolsas plásticas deben ser sacados fuera de la vivienda a un depósito provisional, protegidos del agua lluvia y de altas temperaturas, mientras se hace el procedimiento de disposición final dentro de la finca.

Figura J.11.1 Recipientes para el almacenamiento en la vivienda



## 11.5.2. Alternativas de tratamiento y disposición final

Los habitantes de viviendas rurales dispersas que no pueden acceder al servicio de recolección tienen varias alternativas de solución como el enterramiento domiciliario, el compost, el reciclaje, la reutilización y la lombricultura, entre otras.

### 11.5.2.1. Pozo de enterramiento

Es un procedimiento sencillo, económico y sanitario el disponer los residuos sólidos caseros mediante la excavación de un hueco en el suelo de la finca, el cual deberá cumplir con las normas de diseño y construcción que se recomiendan a continuación:

1. El pozo se ubicará en un lugar aislado de la vivienda, en un área preferiblemente plana o con ligeras pendientes.
2. El pozo deberá tener tapa que evite el contacto con la lluvia, el viento y la presencia de vectores.

3. La ubicación del pozo debe permitir fácil acceso.
4. La ubicación del pozo no debe interferir ni estar en áreas utilizadas para agricultura o ganadería o futuras obras que impliquen excavación del suelo.
5. Para la ubicación del pozo se tendrá en cuenta una distancia de mínimo 5 metros a cuerpos de agua como (lagos, quebradas, ríos o playas). Tampoco debe quedar en el recorrido que hacen las aguas superficiales generadas por lluvias.

Figura J.11.2 Análisis de las condiciones hidrogeológicas



#### 11.5.2.1.1. Lista de materiales para un enterramiento domiciliario

TABLA J.11.1  
Lista de materiales para un pozo de enterramiento

Materiales	Unidad	Cantidad
Cemento gris	Bulto	1
Malla de pollos	m	2
Arena de río gruesa	m <sup>3</sup>	0.2
Bloques de cemento y arena	un	20

#### 11.5.2.1.2. Diseño y construcción de un pozo de enterramiento

1. Se debe excavar un hueco en el solar de la vivienda o en el lugar de la finca que se considere adecuado, de tal manera que no vaya a causar molestias.

Medidas:

Largo: 1.20 m

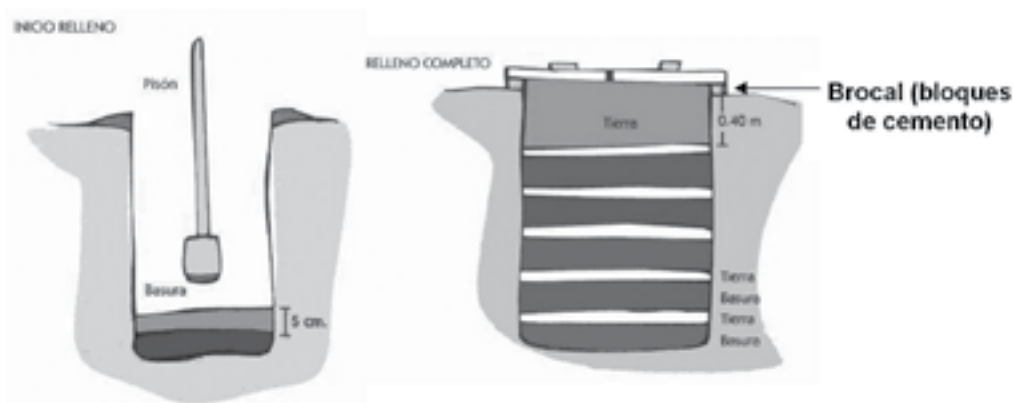
Ancho: 1.20 m

Profundidad: 1.50 m

2. Alrededor del pozo excavado coloque una hilera de bloques formando un brocal que va a servir de base para las tapas del enterramiento domiciliario para impedir el ingreso de aguas superficiales.

3. Elabore dos tapas de 1.40 x 0.70 m cada una. Para la mezcla utilice una proporción de cemento por tres de arena gruesa. Estas tapas pueden ser elaboradas en ferrocemento (arena, cemento y malla de pollos).

Figura J.11.3 Esquema pozo de enterramiento



4. Coloque las tapas encima del brocal. De esta forma se mantiene cubierto el hueco evitando molestias sanitarias. El procedimiento consiste en vaciar dentro del hueco los residuos producidos en el día e ir tapando y compactando con tierra hasta que los residuos se cubran totalmente.

Cuando los residuos llegan a una profundidad de 0.40 m con respecto a la superficie del terreno, se sella el hueco con tierra para evitar la proliferación de insectos y roedores. La tapa se retira hacia el otro hueco que se excavará próximo al primero.

### 11.5.2.2. Compost a partir de residuos orgánicos domésticos

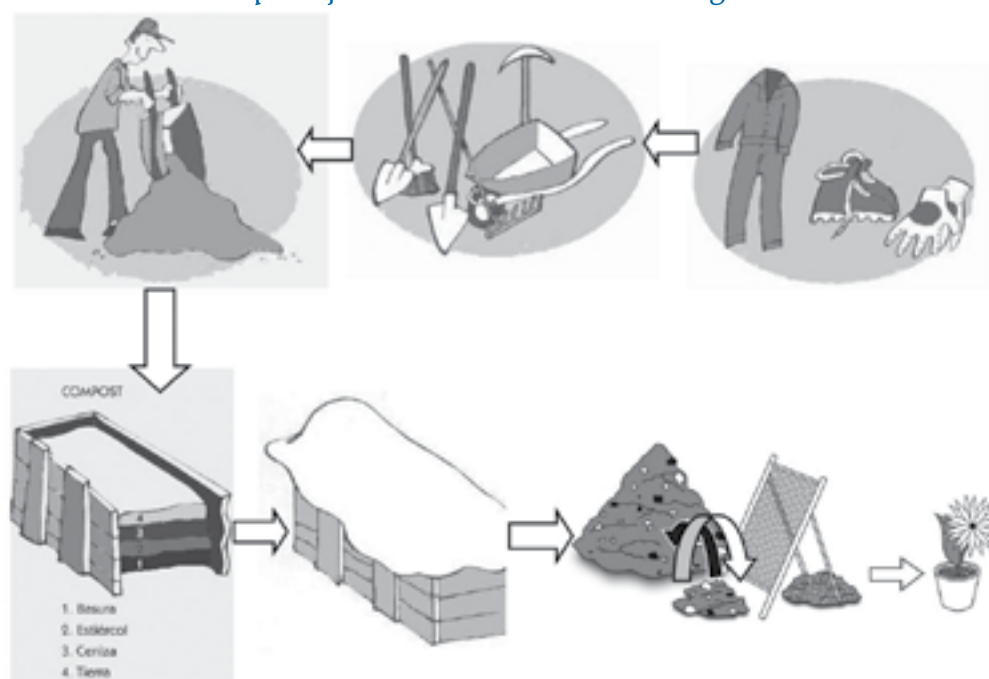
Es la producción de abono a partir de residuos orgánicos domésticos producidos en la vivienda rural dispersa, los cuales se descomponen fácilmente.

#### 11.5.2.2.1. Procedimiento

- Se elabora una caseta de palos o guaduas, de aproximadamente 1.20 metros de alto, cuyas paredes permitan el acceso de aire.
- Se coloca una primera capa de residuos (aprox. 15 cm), preferiblemente picados para facilitar el trabajo a los microorganismos y para facilitar la circulación del aire. Encima una capa de estiércol (aprox. 2 cm), luego un poco de ceniza o cal y por último una capa de tierra (aprox. 5 cm).
- Se siguen colocando las capas en el mismo orden hasta llenar la caseta.

- Cuando se llene la caseta se tapa con hojas o plásticos para evitar el ingreso de agua lluvia. Después de tres meses se retira con una pala la parte de encima y se utiliza el resto. De esto resulta un material oscuro (humus), que es el abono orgánico.
- Este procedimiento también se puede hacer en un foso, hueco o zanja.
- Lo más importante de este procedimiento: disposición de ánimo, herramientas y dotación.

Figura J.11.4 Proceso esquemático para producir abono (humus) por compostaje de residuos domésticos orgánicos



*El aprovechamiento de los residuos orgánicos domésticos para el procesamiento del compost se debe complementar describiendo las ventajas del proceso y su utilidad en la conservación de suelos, como es el abono o recuperador de suelo, que generalmente en la parte rural se facilita por el espacio que se tiene para implementar huertas y/o patios productivos.*

### 11.5.2.3. Reciclaje

Es el proceso por el cual los residuos sólidos no biodegradables reciclables se separan, recogen, clasifican y almacenan para finalmente ser utilizados como materia prima para elaborar nuevos productos.

El proceso de reciclaje se inicia separando los residuos aprovechables en el mismo sitio donde se producen, como en la casa, las escuelas, los almacenes, etc.

Figura J.11.5 Reciclaje



Los elementos que se pueden reciclar son: papel, vidrio, chatarra, plástico, huesos, caucho, madera, etc. Estos son llevados a centros de acopio donde son transportados por la industria encargada de su transformación o se venden a personas que recorren periódicamente las veredas comprándolos. Tenga en cuenta que los materiales deben estar lo más limpios posible para que tengan un mayor valor para el reciclaje.

*Teniendo en cuenta que el material reciclable se produce en menor cantidad en las zonas rurales de vivienda dispersa, es importante establecer sitios estratégicos de acopio por veredas, teniendo en cuenta distancias y sitios disponibles con vías de acceso. Lo anterior con el fin de establecer convenios con la persona prestadora del servicio de aseo municipal, o con asociaciones de recicladores y/o recuperadores, para diseñar rutas de recolección para que este material sea recogido periódicamente en fechas acordadas con la comunidad al menos cada dos meses.*

#### 11.5.2.4. Lombricultura (vermicultivo)

La alternativa de la lombricultura para el material orgánico tiene buena acogida en la zona rural de varias regiones del país.

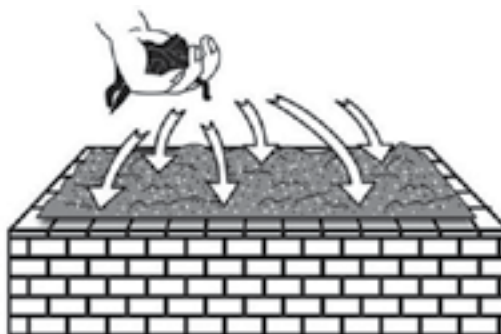
El principio de la lombricultura es como el del compostaje normal, solamente que se agregan lombrices al material. El objetivo de la lombricultura es acelerar el proceso del compostaje con ayuda de lombrices y obtener un compost



de mejor calidad. La lombricultura funciona mejor si se compostan estiércoles mezclados a la basura biodegradable.

Se trata de una técnica para criar en cautiverio lombrices, logrando obtener una rápida y masiva producción y crecimiento en espacios reducidos. Para su alimentación se pueden utilizar los residuos orgánicos domésticos de la vivienda, junto con otros materiales biodegradables que se puedan producir en las fincas como aquellos de origen agrícola y pecuario. Como resultado de la digestión de este material orgánico las lombrices producen desechos en biomasa y humus (abono orgánico) de alta calidad.

Figura J.11.6 Lombricultura



Entre menor sea el tamaño de las partículas orgánicas, más eficiente es el proceso, por lo cual se recomienda que esta tecnología sea un complemento del compostaje, de modo que cuando el material del foso tenga dos meses, es decir esté en fase de maduración, se pase a la canasta de lombricultura de modo que las lombrices ayuden a terminar el proceso. Si esto no es factible, se puede realizar directamente con el residuo orgánico, pero preferiblemente picado.

*Las lombrices pueden comer toda clase de materia orgánica incluyendo papeles, cartones, cáscaras y frutas, entre otras. Esto se constituye en una ventaja que podría ser aprovechada para, dependiendo de la cantidad de materia orgánica que se produzca en la finca o en una determinada región, establecer pequeñas empresas que podrían vender humus a precios competitivos con relación a otros abonos orgánicos como la gallinaza.*

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL



# 12. AGUA Y SANEAMIENTO EN COMUNIDADES INDÍGENAS Y AFRODESCENDIENTES APARTADAS

## 12.1. Alcance

El propósito del presente capítulo va encaminado a recomendar algunos criterios básicos y alternativas tecnológicas a las comunidades afro descendientes y pueblos indígenas de Colombia en agua y saneamiento, pero en especial en la disposición de sus residuos sólidos. Esta propuesta tiene en cuenta temas tan complejos como la interculturalidad y la salud de la población indígena en su relación con el acceso de esa población al agua de bebida y al saneamiento y no es excluyente con las disposiciones que para el mismo propósito han dispuesto las autoridades ambientales y de salud de las regiones donde están asentadas estas comunidades.

## 12.2. Soluciones para abastecimiento de agua y disposición de excretas

Las soluciones para abastecimiento de agua y disposición de aguas residuales domésticas y excreta humana presentadas en los capítulos J.8, J.9 y J.10 son válidas para las comunidades indígenas y afrodescendientes ubicadas en zonas apartadas del territorio nacional, las cuales presentan formas diferentes de organización social de acuerdo a las regiones y etnias a las que pertenecen.

Las propuestas son compatibles con su patrimonio cultural pero aquí se reitera nuevamente lo expresado anteriormente en el sentido de que para su apropiación se deben respetar esos sistemas de organización social que son esencialmente de base comunitaria y se rigen a través de cabildos, clanes o de las figuras de autoridad tradicional a nivel interno como son los gobernadores, chamanes, mamos, sabios, etc.

Para tener una idea de cómo están distribuidos los pueblos indígenas en el país, el cuadro a continuación muestra por regiones su distribución y población.

Las comunidades afrodescendientes se concentran principalmente en la región Caribe y en la costa del Pacífico en agrupaciones denominadas palenques:

**TABLA J.12.1**  
Clasificación por región de los pueblos indígenas de Colombia

Región	Pueblos Indígenas	%	Población	%
Amazonia	44	55.0	89.306	11.4
Andina	14	17.6	348.665	44.4
Caribe	7	8.7	240.363	30.6
Orinoco	12	15.0	30.755	4.0
Pacífico	3	3.7	76.267	9.6
Total	80	100.0	785.356	100.0

Fuente: DNP. Ajustes OPS – Ministerio de Protección Social – Fundación Hemera.  
Agosto 2004

*La población indígena de Colombia se estimaba para el 2004, en 785.356 personas, que corresponden al 1.83% de la población total del país, que en ese año se estimó en aproximadamente 43 millones de habitantes. Han sido oficialmente reconocidas 80 etnias indígenas, de las cuales las más numerosas son: (i) los Wayúu, 150.000; (ii) los Paez o Nasa, 138.000; (iii) los Embera (incluyendo también los Embera Chamí y Embera Katíos), 88.000; y (iv) los Pastos, 70.000. Hay 40 grupos indígenas con menos de 1.000 personas cada uno.*

## 12.3. Disposición de residuos sólidos en comunidades indígenas y afro descendientes apartadas

Las viviendas de estas comunidades están estrechamente relacionadas con su organización social y pueden estar agrupadas en conglomerados o dispersas en su territorio o resguardo, pero sus actividades de subsistencia están estrechamente relacionadas con el suelo (agricultura y caza) y el agua (pesca). Al no haber medios de transporte adecuados y tampoco sitios específicos para su disposición, los residuos sólidos generados son arrojados al suelo cerca de la vivienda o a una fuente cercana o son incinerados.

La evolución social y cultural de estas etnias ha pasado por varias etapas debido a los enormes cambios propiciados en los últimos cien años por el desarrollo tecnológico, pues han resultado afectadas por contacto a pesar de su aislamiento. El motor más importante de este contacto han sido las

comunicaciones y el consumismo que han introducido una gran variedad de productos desechables de difícil asimilación en el suelo, en el agua y en el aire de su entorno.

A los residuos sólidos tradicionales de origen vegetal y animal de fácil descomposición y que usualmente son tratados para producir abonos se le han ido añadiendo los mismos residuos no biodegradables que se producen en las viviendas campesinas: envases de lata, plásticos, frascos de vidrio, trapos, pilas de linterna y radio, etc., que al ser dispuestos sin tratamiento afectan las fuentes de agua, el suelo y el aire.

Como en este medio no es posible implementar los procedimientos de recolección, disposición, tratamiento o aprovechamiento de estos residuos, la recomendación es:

1. Siguiendo las recomendaciones dadas anteriormente en el numeral J.11.5.1, clasificar en la vivienda, almacenando independientemente, los residuos sólidos degradables como son los tradicionales de origen orgánico (residuos vegetales, cáscaras, semillas, residuos alimenticios), de los inorgánicos o no biodegradables (vidrios, plásticos, metales, pilas, pañales, etc.)
2. Los papeles, cartones, hojas y ramas secas, pueden ser barridos para amontonarlos en un lugar adecuado con el fin de incinerarlos como tradicionalmente se hace en muchas partes, teniendo los cuidados que su manejo exige para evitar la propagación del fuego.
3. Los residuos no biodegradables de toda la comunidad deben ser dispuestos por enterramiento en un pozo excavado aislado, siguiendo las mismas recomendaciones dadas anteriormente en el numeral J.11.5.2.1 Pozo de enterramiento. De común acuerdo con la autoridad de la comunidad se fijará el día y el periodo de tiempo en que se debe hacer la recolección y disposición de estos residuos por parte de un miembro de la misma encargado para ello.
4. Los residuos sólidos biodegradables almacenados podrán ser dispuestos por enterramiento en un lugar cercano a cada vivienda cuando estas estén separadas una de otra a distancias superiores a los 100 metros. En este caso se deberán seguir las recomendaciones del numeral J.11.5.2.1.
5. Cuando se trate de comunidades en donde las viviendas estén agrupadas a distancias inferiores a 100 metros, lo más recomendable es recoger los residuos sólidos biodegradables almacenados en cada vivienda con una periodicidad de por lo menos una vez a la semana para transportarlos a una instalación de producción de abono por compost, tal como se recomienda en el numeral J.11.5.2.2.
6. La alternativa de la lombricultura recomendada en el numeral J.11.5.2.4 puede constituirse en una ventaja para la comunidad por la disponibilidad de obtener el humus para utilizarlo como abono orgánico.

# TÍTULO J

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL

## Bibliografía

- CEPIS. Redes de Alcantarillado Simplificado. Manual Técnico 1, 1987.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía RAS – 004 Evaluación socioeconómica de proyectos de acueducto y alcantarillado, 2002.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guías RAS – 007 Perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro, 2003.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía RAS – 005 Diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas servidas, 2004.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia, 2005.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guías RAS – 008 Guía metodológica para la formulación y diseño de sistemas de acueducto rurales, 2007.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Alcantarillados de flujo decantado. Guía técnica, 1995.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico. Guías básicas, 2000.
- ICONTEC. Pequeñas instalaciones de depuración de aguas residuales para poblaciones de hasta 50 habitantes equivalentes. Proyecto de Norma Técnica Colombiana DE 408/07, 2008.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI – IGAC. Formaciones vegetales de Colombia, 1963.
- I.S.020. Tanques Sépticos. 2006.
- KIRCHMER, Cliff J., ARBOLEDA VALENCIA, Jorge A. y CASTRO DE ESPARZA, María Luisa. Polímeros naturales y su aplicación como ayudantes de floculación. Lima: CEPIS, 1975. (CEPIS Documentos técnicos, 2).
- LOBO y ARAKAKI. Guía de proyectos en sistemas condominiales de agua potable y alcantarillado sanitario y de acuerdo a los criterios utilizados en el proyecto piloto El Alto. La Paz Bolivia, 2000.
- MEJÍA, Roberto. Tecnologías de bajo costo para sistemas de alcantarillado. CEPIS/OPS, 1993 (Hojas de Divulgación Técnica, 55).

- NAZARETH, Pery. Sistemas condominiales de alcantarillados y su aplicación en la capital de Brasil, 1998.
- OPS/CEPIS. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural UNATSABAR. Manual de diseño de galerías filtrantes. Lima: 2002.
- OPS/CEPIS. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural UNATSABAR Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración. Lima: 2003.
- OPS/CEPIS. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural UNATSABAR. Guía de diseño para la captación del agua de lluvia. Lima: 2004.
- OPS/CEPIS. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural UNATSABAR. Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales. Lima: 2004.
- OPS/CEPIS. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural UNATSABAR. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima: 2005.
- OPS/CEPIS. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural UNATSABAR. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. Lima: 2005.
- OPS/CEPIS. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural UNATSABAR. Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima: 2005.
- OPS/CEPIS. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural UNATSABAR. Tecnologías para abastecimiento de agua en poblaciones dispersas. Lima: 2005.
- OPS/GTZ. Propuesta de lineamientos de política pública en agua y saneamiento para los pueblos indígenas de Colombia, 2006.
- REUNIÓN INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN AGUA Y SANEAMIENTO. (Mayo, 2006: Girardot, Colombia) Memorias. Girardot: 2006.
- RIZO POMBO, José H. Metodología de diseño del ASAS, 2006.
- RIZO POMBO, José H. Comentarios generales sobre las tecnologías de saneamiento, 2006.
- RIZO POMBO, José H. y SALDARRIAGA O, Gabriel. ASAS - Una alternativa válida de saneamiento. En: Revista No. 215 ACODAL, 2007.
- ROLIM MENDONÇA, Sergio. Alcantarillados Condominiales: Una alternativa para los municipios saludables, 1999.
- SILVA MEDINA, Gustavo A. Hidrología Aplicada.
- STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE. Ecological Sanitation, 2004.
- TALLER INTERNACIONAL CONDOMINIAL. (Junio, 2002: La Paz, Bolivia) Memorias. La Paz: 2000.



## Índice de Tablas

Tabla 1	Población rural según nivel de servicio de abastecimiento de agua	12
Tabla J.1.1	Contenido del presente Título	17
Tabla J.2.1	Caudales y periodos de diseño de componentes del sistema de acueducto	51
Tabla J.2.2	Presiones mínimas en la red de distribución	53
Tabla J.5.1	Longitudes usuales de los tramos condominiales de acuerdo a su ubicación	89
Tabla J.6.1	Parámetros de diseño de tanques interceptores	109
Tabla J.7.1	Residuos sólidos orgánicos biodegradables	135
Tabla J.8.1	Consumos mínimos frente a consumos típicos en una vivienda campesina de clima frío	166
Tabla J.10.1	Distancias mínimas de los componentes de los sistemas descentralizados de aguas residuales	208
Tabla J.10.2	Permeabilidad del agua en diferentes clases de terrenos	208
Tabla J.10.3	Capacidades de retención de grasa	221
Tabla J.10.4	Tiempos de retención hidráulicos	221
Tabla J.10.5	Dimensiones	235
Tabla J.10.6	Áreas de absorción	235
Tabla J.10.7	Parámetros para el dimensionamiento de medios de filtros intermitentes	238
Tabla J.10.8	Parámetros de diseño para filtros intermitentes de arena	239
Tabla J.10.9	Parámetros de diseño para filtros de medio granular recirculante	239
Tabla J.10.10	Opciones de tratamiento in situ frente a variables de decisión	254
Tabla J.11.1	Lista de materiales para un pozo de enterramiento	261
Tabla J.12.1	Clasificación por región de los pueblos indígenas de Colombia	268

## Índice de Figuras

Figura J.2.1	Localización de las veredas objeto del proyecto	51
Figura J.2.2	Esquema localización, captación y desarenador	59
Figura J.2.3	Esquema de una estructura de captación o bocatoma de fondo	59
Figura J.2.4	Esquema de un desarenador sencillo	60
Figura J.2.5	Plano de una línea de conducción	62
Figura J.2.6	Esquema de un tanque de compensación	63
Figura J.2.7	Plano de ramales y redes de distribución	64
Figura J.4.1	Esquema de una caja de inspección de ladrillo con tapa de concreto	82
Figura J.5.1	Esquema de un alcantarillado condominial	89
Figura J.5.2	Esquema alcantarillado condominial empatando a convencional	93
Figura J.6.1	Tanque interceptor y unidad sanitaria	109
Figura J.7.1	Diagrama de división y clasificación de los residuos sólidos	116
Figura J.7.2	Diagrama de gestión de los residuos sólidos	116
Figura J.7.3	Rangos de temperatura típicos en el compostaje aerobio	137
Figura J.8.1	Diagrama de construcción de galería filtrante	162
Figura J.8.2	Diagrama captación y almacenamiento aguas lluvias	168

Figura J.8.3	Componentes de un sistema de captación de agua lluvia	172
Figura J.8.4	Generador de agua atmosférica comercial	176
Figura J.8.5	Esquema bomba de ariete	181
Figura J.9.1	Esquema de una captación de agua superficial por gravedad	189
Figura J.9.2	Esquema de un desarenador en planta y en perfil	190
Figura J.9.3	Corte transversal de un filtro lento casero	193
Figura J.9.4	Corte transversal de un filtro de cerámica	194
Figura J.10.1	Esquema de infiltración en el terreno	215
Figura J.10.2	Esquema de humedal artificial	216
Figura J.10.3	Esquema de un sistema séptico que incluye en el postratamiento un FAFA	216
Figura J.10.4	Trampa de grasas	218
Figura J.10.5	Esquema de una trampa de grasas para construir en sitio	219
Figura J.10.6	Esquema de una trampa de grasas para construir en sitio	221
Figura J.10.7	Esquema de tanque séptico	225
Figura J.10.8	Esquema de un sistema séptico completo	233
Figura J.10.9	Zanjas de infiltración	234
Figura J.10.10	Pozo de infiltración	237
Figura J.10.11	Letrina de hoyo seco	247
Figura J.10.12	Letrina mejorada de pozo ventilado	248
Figura J.10.13	Letrina de pozo elevado	249
Figura J.10.14	Letrina de sello hidráulico	250
Figura J.11.1	Recipientes para almacenamiento en la vivienda	260
Figura J.11.2	Análisis de las condiciones hidrogeológicas	261
Figura J.11.3	Esquema pozo de enterramiento	262
Figura J.11.4	Proceso esquemático para producir abono por compostaje de residuos domésticos orgánicos	263
Figura J.11.5	Reciclaje	264
Figura J.11.6	Lombricultura	265

## Índice de Fórmulas

J.2.1	Fórmula de Darcy – Weisbach para el cálculo de pérdidas en las tuberías de acueducto	61
J.2.2	Fórmula de Hazen – Williams para el cálculo de pérdidas en las tuberías de acueducto	61
J.4.1	Fórmula de pendiente mínima de un colector	84
J.5.1	Fórmula de densidad de población para proyectos de urbanización	94
J.5.2	Fórmula de caudal máximo doméstico	95
J.7.1	Fórmula de humedad óptima para el compostaje aerobio	136
J.8.1	Fórmula de volumen de la oferta de agua lluvia en m <sup>3</sup> /mes	170
J.10.1	Fórmula de volumen útil de un tanque séptico	226
J.10.2	Fórmula de tiempo mínimo de detección hidráulica de un tanque séptico	226
J.10.3	Fórmula de volumen requerido para sedimentación en un tanque séptico	226
J.10.4	Fórmula de altura requerida de sedimentación para un tanque séptico	226
J.10.5	Fórmula de volumen para el almacenamiento de lodos en un tanque séptico	227

J.10.6	Fórmula de altura de lodos en un tanque séptico	227
J.10.7	Fórmula de volumen para almacenamiento de natas y espumas	227
J.10.8	Fórmula de altura de natas	228
J.10.9	Fórmula de área superficial de un humedal	240
J.10.10	Fórmula de sección transversal de un humedal. Ley de Darcy	240
J.10.11	Fórmula de volumen útil de las cámaras de filtros sumergidos aireados	242
J.10.12	Fórmula de volúmenes de las cámaras de sedimentación de los filtros sumergidos aireados	243
J.10.13	Fórmula de área superficial de la cámara de sedimentación de los filtros sumergidos aireados	243
J.10.14	Fórmula de caudal de aire requerido para los filtros sumergidos aireados	244

## Referenciación general

### Sistema de unidades

año	año
°C	grado centígrado
cm <sup>2</sup>	centímetro cuadrado
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico
dia	día
g	gramo
h	hora
ha	hectárea
hab	habitante
kg	kilogramo
km	kilómetro
km <sup>2</sup>	kilómetro cuadrado
kPa	kilopascal
L	litro
m	metro
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
m <sup>3</sup>	metro cúbico
mg	miligramo
min	minuto
mm	milímetro
s	segundo
t	tonelada
W	Wattio

### Variables

%p	= porcentaje de pérdidas (entre 0 y 1)	-
*	= ángulo con respecto a la horizontal de las rejillas	°

*	= ángulo de reposo del material	°	
*	= ángulo del talud respecto a la horizontal	°	
*	= coeficiente en función de la forma de las barras	-	
*	= densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	
*	= viscosidad absoluta del agua	Pa•s	
*	= esfuerzo de trabajo máximo admisible	Pa	
* <sup>admisible</sup>	= esfuerzo cortante crítico	N/m <sup>2</sup>	
* <sub>s</sub>	= densidad del sedimento	kg/m <sup>3</sup>	
a	= área del desagüe	m <sup>2</sup>	
A	= proyección horizontal del techo	m <sup>2</sup>	
A	= área transversal del acuífero	m <sup>2</sup>	
A	= área superficial del tanque	m <sup>2</sup>	
A	= área transversal	m <sup>2</sup>	
A	= área de apoyo del anclaje	m <sup>2</sup>	
Ae	= apertura efectiva por metro de rejilla	m <sup>2</sup> /m	
Ai	= área de influencia o área abastecida por el nodo i	ha	
b	= distancia libre entre barras (rejillas)	m	
c	= concentración de cloro	mg/L	
Cij	= concentración de cloro que entra del nodo i al nodo j	mg/L	
ce	= coeficiente de escorrentía		
cj	= concentración en un caudal de salida	mg/L	
ck	= concentración en un caudal de entrada	mg/L	
Cs	= concentración final de cloro en el agua que sale del nodo j	mg/L	mg/L
cw	= concentración de cloro en la pared de la tubería		
d	= diámetro de la partícula por remover	m	
d	= longitud saliente de la tubería en una junta	m	
D	= diámetro interno real de la tubería	m	
D <sub>75</sub>	= tamaño del 75% que pasa en la curva granulométrica	mm	
d <sub>bruta</sub>	= dotación bruta, en litros por persona día	lppd	
dc/dt	= tasa de cambio de la concentración de cloro en el tiempo	mg/L -s	
		de caudales	
d <sub>neta</sub>	= dotación neta, en litros por persona día	lppd	
e	= espesor de la tubería	m	
E	= módulo de elasticidad de un material	Pa	
E	= escape permitido	L/h	
Ep	= módulo de compresibilidad del líquido	GPa	
f	= coeficiente de fricción de Darcy	-	
f 'c	= resistencia del concreto	MPa	
F.S	= factor de seguridad	-	
Fr	= número de Froude	-	
g	= aceleración de la gravedad	9.81 m <sup>2</sup> /s	
γ	= peso específico del agua	kN/m <sup>2</sup>	
H	= altura dinámica total	m	
H <sub>m</sub>	= cabeza de pérdidas menores	m	
η	= eficiencia de la bomba y el motor	-	
h	= nivel dinámico del pozo (aguas subterráneas)	m	
h	= cabeza sobre el desagüe	m	
H	= nivel estático del pozo	m	

$H_{es}$	= altura estática de succión	m
$h_f$	= pérdida de cabeza debida a la fricción	m
$i$	= gradiente hidráulico	-
$K$	= conductividad hidráulica	m/s
$k_1$	= coeficiente de consumo máximo diario	-
$k_2$	= coeficiente de consumo máximo horario	-
$K_b$	= constante de reacción de primer orden en el agua	-
$K_f$	= coeficiente de transferencia entre el agua y la pared de la tubería	-
$K_m$	= coeficiente de pérdida menor	-
$k_s$	= rugosidad absoluta de la tubería	m
$L$	= longitud total de la tubería	m
$l_j$	= distancia entre juntas	m
$L_{rmin}$	= longitud mínima de la rejilla	m
$m$	= espesor del acuífero confinado	m
$m$	= coeficiente de contracción del desagüe	0.50 a 0.60
$N$	= número de uniones en el sector probado, sin incluir uniones soldadas	-
$n_j$	= número de juntas	-
NPSH	= cabeza neta de succión positiva	m
$p$	= población	hab
$p$	= presión de ensayo hidráulico	Pa
$p$	= presión medida en el sector durante una prueba	Pa
$p_i$	= precipitación mensual	mm/mes
$P$	= potencia requerida por la bomba	W
$P_{atm}$	= presión atmosférica	Pa
$P_v$	= presión de vapor del agua	Pa
$Q$	= caudal de operación	$m^3/s$
$Q$	= aporte de aguas residuales	lppd
$Q_{95}$	= caudal correspondiente al 95% de excedencia en la curva de duración	
$Q_d$	= caudal de diseño	$m^3/s$
$q_e$	= caudales de entrada	$m^3/s$
$Q_e$	= caudal específico por unidad de superficie	L/s/ha
QMD	= caudal máximo diario	L/s
Qmd	= caudal medio diario	L/s
QMH	= caudal máximo horario	L/s
$q_s$	= caudales de salida	$m^3/s$
$R$	= radio del cono de influencia de un pozo (aguas subterráneas)	m
$R$	= radio real interno de la tubería	m
$R$	= radio hidráulico (canales abiertos)	m
$r$	= radio relativo a un pozo	m
$\rho$	= densidad del agua	$kg/m^3$
$S$	= espesor de las barras (rejillas)	m
$S_o$	= pendiente del fondo del canal	-
$t$	= tiempo	s
$t$	= tiempo de vaciado en segundos	s
$t_d$	= tiempo mínimo para detención hidráulica	días
$T_l$	= tasa de acumulación de lodos	
$l/hab-año$		
$T_n$	= tasa de acumulación de natas	

l/h \* año

$T$	= período del golpe de ariete	s
$v$	= velocidad de asentamiento	m/s
$V$	= velocidad media del flujo	m/s
$V$	= volumen del tanque (tanques)	$m^3$
$V_o$	= volumen de la oferta de agua	$m^3/\text{mes}$
$V_u$	= volumen útil	$m^3$
$V_{rs}$	= volumen requerido para la sedimentación	$m^3$
$V_l$	= volumen para almacenamiento de lodos	$m^3$
$V_n$	= volumen para almacenamiento de natas y espumas	$m^3$
$V_v$	= volumen para ventilación	$m^3$
$V_e$	= velocidad de entrada a la rejilla	m/s
$x$	= abscisa o distancia horizontal	m
$y$	= profundidad del flujo	m

## Conversión de unidades

### Medidas de longitud

Multiplicar	por	para obtener
Ángstrom	10-10	Metros
Centímetros	0.3937008	Pulgadas
Centímetros	0.010	Metros
Centímetros	10	Milímetros
Metros	10	Decímetros
Metros	100	Centímetros
Metros	39.37008	Pulgadas
Metros	3.28084	Pies
Metros	1.093613	Yardas
Decámetros	10	Metros
Hectómetros	100	Metros
Kilómetros	1000	Metros
Kilómetros	1093.611	Yardas
Kilómetros	3280.83	Pies
Kilómetros	0.621371	Millas
Miriámetros	10000	Metro
Yardas	0.914402	Metros
Yardas	3	Pies
Millas	1.6093404	Kilómetros
Millas	5280	Pies
Millas	1760	Yardas
Millas	1609.3404	Metros
Pies	30.48006	Centímetros
Pies	12	Pulgadas
Pies	0.33333	Yardas
Pulgadas	2.540005	Centímetros
Pulgadas	0.08333	Pies

## Medidas de superficie

<b>Multiplicar</b>	<b>por</b>	<b>para obtener</b>
Centímetros cuadrados	0.154918	Pulgadas cuadradas
Centímetros cuadrados	0.1076391	Pies cuadrados
Metros cuadrados	100	Decímetros cuadrados
Metros cuadrados	10000	Centímetros cuadrados
Metros cuadrados	1549.99375	Pulgadas cuadradas
Metros cuadrados	10.76391	Pies cuadrados
Metros cuadrados	1.195985	Yardas cuadradas
Hectáreas	10000	Metros cuadrados
Hectáreas	100	Áreas
Pulgadas cuadradas	6.4516254	Centímetros cuadrados
Pulgadas cuadradas	0.0069439	Pies cuadrados
Pies cuadrados	144	Pulgadas cuadradas
Pies cuadrados	9.2903406	Decímetros cuadrados
Pies cuadrados	0.1111111	Yardas cuadradas
Yardas cuadradas	0.836131	Metros cuadrados
Yardas cuadradas	9	Pies cuadrados
Áreas	100	Metros cuadrados
Acres	40.4685642	Áreas
Acres	0.4046856	Hectáreas
Kilómetros cuadrados	1000000	Metros cuadrados
Kilómetros cuadrados	1195985.01932	Yardas cuadradas
Kilómetros cuadrados	0.3861	Millas cuadradas
Millas cuadradas	2.589988	Kilómetros cuadrados
Millas cuadradas	258.9988	Hectáreas
Millas cuadradas	3097600	Yardas cuadradas

## Medidas de volumen

<b>Multiplicar</b>	<b>por</b>	<b>para obtener</b>
Metros cúbicos	61023.192	Pulgadas cúbicas
Metros cúbicos	35.31467	Pies cúbicos
Metros cúbicos	1.307951	Yardas cúbicas
Metros cúbicos	264.2	Galones americanos
Decímetros cúbicos	61.023	Pulgadas cúbicas
Decímetros cúbicos	0.0353144	Pies cúbicos
Decímetros cúbicos	0.001308	Yardas cúbicas
Centímetros cúbicos	0.061023	Pulgadas cúbicas
Centímetros cúbicos	0.000035	Pies cúbicos
Yardas cúbicas	764555.555	Centímetros cúbicos
Yardas cúbicas	764.555	Decímetros cúbicos
Yardas cúbicas	0.7645555	Metros cúbicos
Yardas cúbicas	46656	Pulgadas cúbicas
Yardas cúbicas	27	Pies cúbicos
Yardas cúbicas	202.01	Galones americanos

Pies cúbicos	28.317	Decímetros cúbicos
Pies cúbicos	0.02831685	Metros cúbicos
Pies cúbicos	1728	Pulgadas cúbicas
Pies cúbicos	0.037	Yardas cúbicas
Pies cúbicos	7.48052	Galones americanos
Pulgadas cúbicas	16.387064	Centímetros cúbicos

## Medidas de líquidos

<b>Multiplicar</b>	<b>por</b>	<b>para obtener</b>
Galones americanos	0.83267	Galones ingleses
Galones americanos	230.9735	Pulgadas cúbicas
Galones americanos	0.1387	Pies cúbicos
Galones americanos	3785.306	Centímetros cúbicos
Galones americanos	0.0037853	Metros cúbicos
Galones americanos	3.7853	Litros
Galones americanos	4	Cuartos americanos
Galones americanos	8	Pintas americanas
Galones ingleses	1.20095	Galones americanos
Litros	0.264172	Galones americanos
Litros	0.22	Galones ingleses
Litros	0.03531	Pies cúbicos

## Medidas de peso

<b>Multiplicar</b>	<b>por</b>	<b>para obtener</b>
Toneladas cortas	907.18486	Kilogramos
Toneladas cortas	2000	Libras
Toneladas cortas	0.89287	Toneladas largas
Toneladas cortas	0.90718	Toneladas métricas
Toneladas largas	1016.04812	Kilogramos
Toneladas largas	2240	Libras
Toneladas largas	1.11998	Toneladas cortas
Toneladas largas	1.01605	Toneladas métricas
Toneladas métricas	1000	Kilogramos
Toneladas métricas	2204.62	Libras
Toneladas métricas	1.10231	Toneladas cortas
Toneladas métricas	0.98421	Toneladas largas
Kilogramos	2.2046224	Libras
Kilogramos	1000	Gramos
Libras	16	Onzas
Libras	0.4535924	Kilogramos
Onzas	28.349523	Gramos
Quintales (USA)	100	Libras
Quintales (Métricos)	220.46	Libras
Arroba	25	Libras



## Medidas de presión

Multiplicar	por	para obtener
Kg/cm <sup>2</sup>	14.22	PSI (libras por pulgada cuadrada)
Kg/cm <sup>2</sup>	0,9678	At. atmósferas
Kg/cm <sup>2</sup>	10	m.c.a. (metros de columna de agua)
Kg/cm <sup>2</sup>	0,98	Bar
Kg/cm <sup>2</sup>	98.100	Pa (Pascales ó Newton/m <sup>2</sup> )
Kg/cm <sup>2</sup>	735.6	mm Hg (milímetros de mercurio)
PSI (Libras/pg <sup>2</sup> )	0,0703	Kg/cm <sup>2</sup>
PSI	0,0680	atmósferas
PSI	7,142	Pascales

## Abreviaturas, Siglas y Acrónimos

ASAS	Alcantarillado sin arrastre de sólidos
CAR	Corporaciones autónomas regionales
CaVES	Comités de Vigilancia Epidemiológica
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ESP	Empresa de servicios públicos
FAFA	Filtro anaerobio de flujo ascendente
GPS	Sistemas de geoposicionamiento global
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
LASF	Letrinas aboneras secas familiares con desviación de orina
LHS	Letrinas de hoyo seco
LSH	Letrinas de sello hidráulico
LS	Letrina solar
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MPS	Ministerio de la Protección Social
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
NSR-98	Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente
NTC	Norma técnica colombiana
ONG	Organización no gubernamental
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidad
PGA	Plan de gestión ambiental
PGIRS	planes de gestión integral de residuos sólidos
POT	Plan de ordenamiento territorial
PP	Polipropileno
PRFV	Plástico reforzado con fibra de vidrio
PTAP	Planta de tratamiento de agua potable

PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
PVC	Polivinilo de cloruro
RAS	Reglamento técnico de agua potable, saneamiento básico y ambiental
SANAA	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados de la República de Honduras
SIG	sistemas de información geográfica
SISBEN	Sistema de identificación de potenciales beneficiarios de programas sociales
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
STD	sólidos totales disueltos
UAF	Unidades agrícolas familiares
UMATA	Unidad Municipal de Asistencia Técnica
UNATSABAR	Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural de la OPS
VAS	Viceministerio de Agua y Saneamiento



# Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**

**Viceministerio de Agua y Saneamiento**

República de Colombia

**2010**