

A photograph of a water treatment facility at sunset. The sky is a mix of orange, yellow, and blue. In the background, there are several large white cylindrical tanks. In the foreground, there are long, narrow concrete channels filled with water. A series of metal beams or pipes run across the channels, creating a series of small cascades or weirs. The water is dark and reflects the sky. The overall scene is industrial and serene.

ENTORNOS SALUDABLES HACIA EL SANEAMIENTO BÁSICO UNIDAD 1

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



DIRECCIÓN DE VIRTUALIDAD

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

ENTORNOS SALUDABLES HACIA EL SANEAMIENTO BÁSICO - UNIDAD 1

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



Dirección de Virtualidad

UNIDAD 1

Saneamiento ambiental





BIENVENIDA E INTRODUCCIÓN

General a la Unidad:

El saneamiento ambiental es una necesidad básica indispensable para mejorar la calidad de vida de las personas, el entorno y el medio ambiente y es un tema para considerar de manera global, por esta razón, es necesario comenzar a analizar desde esta perspectiva y dar esa mirada hacia afuera, sobre cómo en otros países identifican la necesidad de que sus acciones, desde la gobernanza de sus naciones, empresas, entidades y comunidades contribuyan a un mundo mejor pensando en la sostenibilidad y así poder aportar al cumplimiento de los objetivos y metas de desarrollo sostenible.

Teniendo claridad de que el saneamiento lo que busca es brindar a los territorios ese equilibrio entre el medio ambiente y la salud pública, surge la necesidad de contar con servicios públicos bien gestionados como lo es el acceso al agua potable, los sistemas de alcantarillado diseñados de manera eficiente y la capacidad de contar con el servicio de aseo, Si se tienen estas condiciones en buen funcionamiento y salubridad, ya se está gozando de ese derecho constitucional encaminado a vivir en un ambiente sano.

Por último, se requiere conocer algunas alternativas de saneamiento convencionales y no convencionales que contribuyen a mejorar la calidad del agua al ser consumida por las comunidades, por eso se requiere identificar los componentes de un sistema de acueducto, como funciona y como este servicio ayuda a la salud pública.



COMPETENCIAS

A

- Conocer las tecnologías de tratamiento del agua para consumo humano y así aportar al saneamiento ambiental y la salud pública.

**BIENVENIDO
A LA UNIDAD**

Saneamiento ambiental



CONTENIDO TEMÁTICO

Unidad 1

TEMAS

1

Saneamiento ambiental

1. La situación del país.
2. Marco normativo ambiental aplicable al saneamiento básico en Colombia.
3. Sistema de abastecimiento de agua convencionales y no convencionales.





Shutterstock/2023

RESULTADO DE APRENDIZAJE

Unidad 1

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





PROBLEMATIZACIÓN

Unidad 1

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

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

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



TEMA 1. SANEAMIENTO AMBIENTAL, LA SITUACIÓN DEL PAÍS

Prioridades temáticas sobre el Foro Económico Mundial

Cada año, el Foro Económico Mundial WEF (World Economic Forum), a través del conocido Foro de Davos, solicita a su extensa red de empresas, gobiernos, sociedad civil y líderes del pensamiento de la cultura y los medios de comunicación, que identifiquen los mayores riesgos mundiales y aquellos que con mayor probabilidad de ocurrencia requieran especial atención.

Han sido varias las preocupaciones que se han manifestado a través de estos foros, este año se resaltaron las siguientes prioridades: cooperación global, reequilibrio económico, sociedad y equidad, clima y naturaleza, innovación y gobernanza, transformación industrial, riesgos y resiliencia y salud global.

Estas problemáticas que se evidencian de manera global repercuten también a nivel local en cada nación, en el caso de Colombia son situaciones que también requieren pronta atención, en este caso las prioridades sobre Clima y Naturaleza, transformación Industrial y Salud Global, son escenarios que se deben gestionar desde los territorios y las comunidades, con esta introducción es importante vincular acciones tendientes al mejoramiento continuo de los entornos y el saneamiento ambiental en Colombia, por esta razón se seguirá analizando algunas de las estrategias y maneras de contribuir al saneamiento ambiental de las comunidades en las zonas rurales y urbanas.



Shutterstock/2023



Entendiendo el saneamiento ambiental como las condiciones apropiadas o entornos saludables para poder vivir en las mejores condiciones enfocadas a tener disponibilidad de agua para consumo humano en condiciones de calidad y disponibilidad, es necesario contar con sistemas de alcantarillado o de saneamiento básico para evacuar las aguas residuales y así mismo tener plantas de tratamiento de agua residual que operen correctamente y descontaminen las aguas antes de ser vertidas a cuerpos de agua o las redes públicas de alcantarillado.

Por otra parte, es importante disponer de métodos y estrategias adecuadas para la disposición final de los residuos sólidos de manera segura y viable técnicamente y ambientalmente, de igual manera es importante analizar la calidad del aire que respira; de la sumatoria de todas estas condiciones, depende la calidad de vida y la salud de las personas sin importar que sea en espacios rurales o urbanos.

Existen entonces varios riesgos ambientales que se han venido presentando ya sea de manera antrópica o natural, los cuales han sido causal de impactos ambientales al entorno y generadores de enfermedades.



Contextualización de los Objetivos y metas de Desarrollo Sostenible

¿Por qué los ODS son importantes en el entorno y el saneamiento básico?

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son un llamado universal para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, mantener entornos saludables, proteger los recursos que ofrece el medio ambiente natural. Son 17 los objetivos de desarrollo sostenible, los cuales se han convertido en una prioridad para los países, a continuación, se detallan:



1. Fin de la pobreza



2. Hambre cero.



3. Salud y bienestar.



4. Educación de calidad.



5. Igualdad de género.

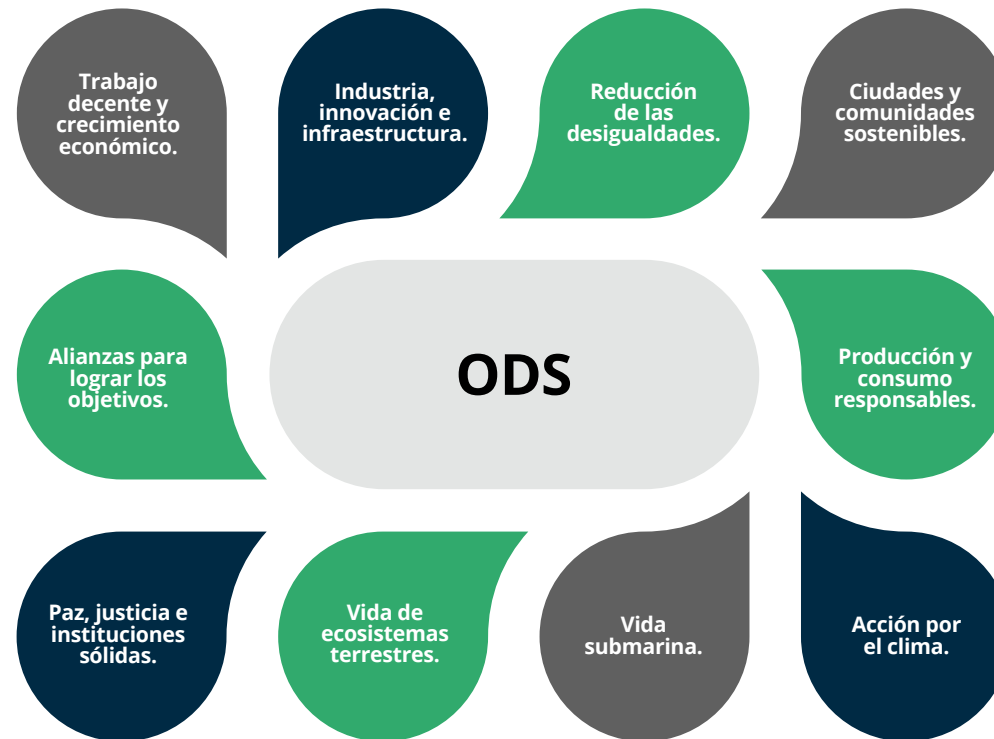


6. Agua limpia y saneamiento.



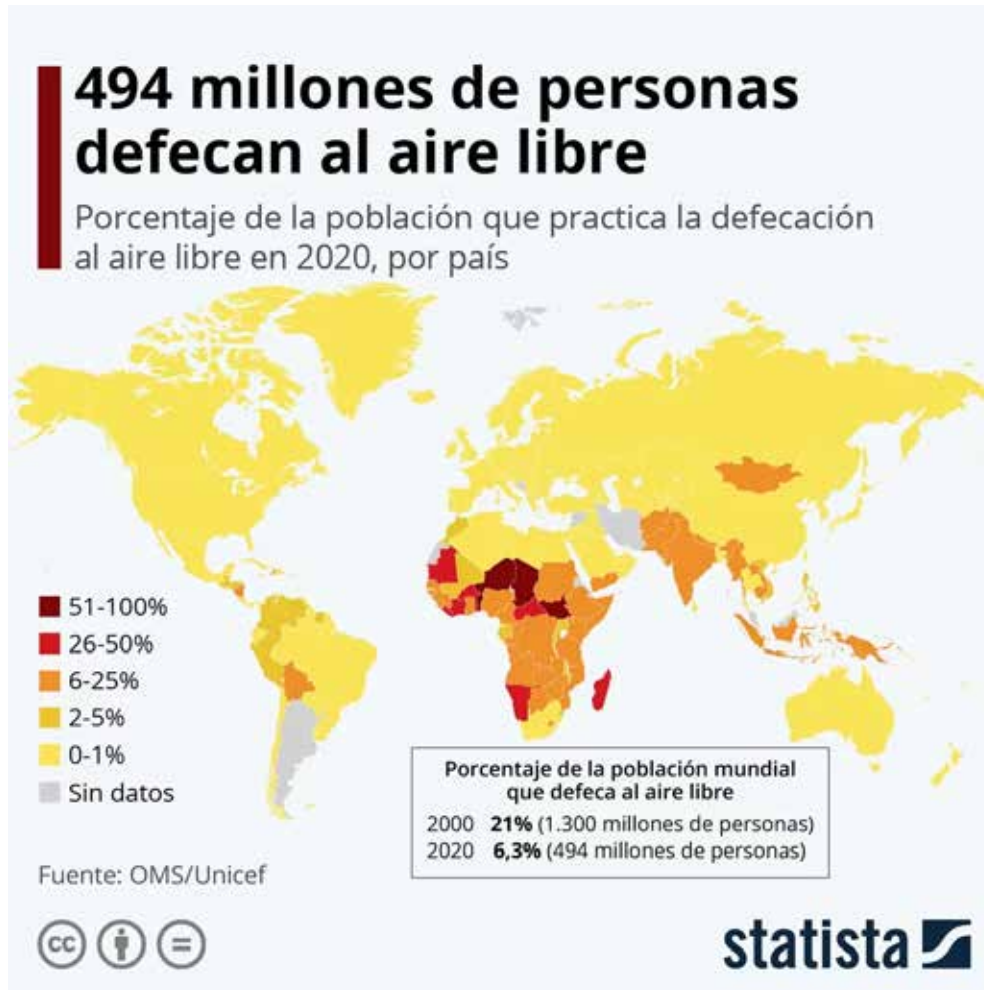
7. Energía asequible y no contaminante.

Figura 1.



Todos los ODS son fundamentales, crean un efecto dominó, es decir, cada uno de estos 17 objetivos están interconectados y crean una reacción en cadena positiva o negativa.

Figura 2. Porcentaje de la población que practica la defecación al aire libre, 2020. ODS 6: erradicar la defecación al aire libre y proporcionar acceso a saneamiento e higiene



Nota. OMS/UNICEF (s.f.)

Estrategias para cumplir las metas en medio ambiente y saneamiento básico

- Aumentar la cobertura de acueducto y alcantarillado a nivel rural y urbano.
- Aumentar el número de personas que cuentan con servicios de abastecimiento de agua y saneamiento básico, incluyendo soluciones alternativas para las zonas rurales.
- Construir plantas de tratamiento de agua potable (PTAP).
- Construir plantas de tratamiento de agua residual (PTAR).
- Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación.
- Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos en los territorios.

TEMA 2. MARCO NORMATIVO AMBIENTAL APLICABLE AL SANEAMIENTO BÁSICO EN COLOMBIA

Tabla 1. Normas

| Tema | Norma |
|--|---|
| Agua | Decreto 1594 de 1984. Vertimientos/ usos del agua. Derogado por el Art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los Arts. 20 y 21 |
| | Ley 373 de 1997. Se establece el programa ahorro y uso eficiente del agua. |
| | Decreto 901 de 1997. Se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de estas. |
| | Decreto 475 de 1998. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. |
| | Resolución 1096 de 2000. Se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Modificado por: Resolución 668 de 2003, Resolución 1447 de 2005, Resolución 1459 de 2005 y Resolución 2320 de 2009. |
| | CONPES 3177 de 2002. Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales. |
| | Decreto 1575 de 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. |
| | Decreto 3939 de 2010. Usos del agua, residuos líquidos y ordenamiento del territorio/ vertimientos. Modificado por: Decreto 4728 de 2010. |
| | Resolución 631 de 2015. Se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales a los sistemas de alcantarillado público. |
| | Decreto 1076 de 2015. Se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. |
| | Resolución 622 de 2020. Se adopta el protocolo de inspección, vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano suministrada por personas prestadoras del servicio público domiciliario de acueducto en la zona rural. |
| | Resolución 0699/2021. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de ARD tratadas al suelo y se dictan otras disposiciones. |
| Resolución 1256/2021. Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones. | |

| | |
|-------------------------|---|
| Residuos sólidos | Decreto 1713 de 2002. Se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos, modificado por el Decreto Nacional 838 de 2005, Derogado por el Art. 120, Decreto Nacional 2981 de 2013. |
| | Decreto 0838 de 2005. Se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos. En este se reglamenta el procedimiento a seguir por parte de las entidades territoriales para la definición de las áreas potenciales susceptibles para la ubicación de rellenos sanitarios. |
| | Resolución 754 de 2014. Se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS. |
| OTRAS | Decreto 2811 de 1974, por el cual se establece el código de recursos naturales renovables y se dictan disposiciones sobre el manejo de residuos sólidos. |
| | Ley 9/79 Código Sanitario Nacional, por el cual se dictan medidas sanitarias. |
| | Constitución Nacional de 1991 |
| | Resolución 2309 de 1986 del Ministerio de Salud. Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del Título III de la Parte 4 del Libro 1 del Decreto - Ley número 2811 de 1974 y de los títulos I, III, XI de la ley 9 de 1979, en cuanto a residuos peligrosos. |
| | Ley 142 de 1994. Por la cual se establece la regulación de los servicios públicos domiciliarios. |
| | RAS 2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento Básico. |
| | RAS TÍTULO B. Acueductos. |
| | RAS TÍTULO C. Potabilización. |
| | RAS TÍTULO D. Alcantarillados. |
| | RAS TÍTULO E. Tratamiento de aguas residuales. |
| | RAS TÍTULO F. Sistemas de aseo urbano. |
| | CONPES 3550 de 2008. Política integral de salud ambiental. |
| | CONPES 4004 de 2020. Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales. |

Nota. Adaptado del RAS 2000 (Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico)

Términos y conceptos sobre saneamiento

Tabla 2. Términos

| Término | Definición |
|----------------------------------|--|
| Saneamiento | Se refiere a las condiciones de salud pública relacionadas con el agua potable, el tratamiento y eliminación de excrementos humanos y aguas residuales para el mejoramiento de las condiciones sanitarias. |
| Entornos saludables | Son aquellos entornos que apoyan la salud y ofrecen a las personas protección frente a las amenazas para la salud, permitiéndoles ampliar sus capacidades y desarrollar autonomía respecto a la salud. Comprenden los lugares donde viven las personas, su comunidad local, el hogar, los sitios de estudio, los lugares de trabajo y el esparcimiento, incluyendo el acceso a los recursos sanitarios y las oportunidades para su empoderamiento (OMS). |
| Agua cruda | Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento. |
| Agua potable | Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 475 de 1998, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud. |
| Desinfección | Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua. |
| Cloro residual | Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado. |
| Contaminación del agua | Alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radioactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor. |
| Fuente de abastecimiento de agua | Depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua. |

| | |
|---|---|
| Aguas residuales | Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria. |
| Aguas servidas | Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales. |
| Planta de tratamiento de agua residual | Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales. |
| Tanque séptico | Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas, combina la sedimentación y la digestión. Los sólidos sedimentados acumulados se remueven periódicamente y se descargan normalmente en una instalación de tratamiento. |
| Compostaje | Proceso controlado e irreversible de transformación biológica aeróbica que ocurre mediante organismos descomponedores endémicos (artrópodos y microorganismos, enzimas presentes en el medio natural), que conduce a una etapa de maduración, caracterizada por su estabilidad química y microbiológica. |
| Disposición final de residuos sólidos | 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 medio ambiente. |
| Sistema de aseo urbano | Es el conjunto ordenado y sistemático de equipos, elementos y maquinaria, que se utilizan para el desarrollo de los diferentes componentes que hacen parte del servicio público de aseo y que proporciona información sobre el estado, calidad y comportamiento de las actividades en la gestión de los residuos sólidos. |
| Paca digestora | Método que consiste en elaborar un bloque de residuos orgánicos prensada en un metro cúbico, cuya finalidad es descomponer la materia orgánica de forma natural y generar un bioabono. |
| Aguas lluvias | Aguas provenientes de la precipitación pluvial. |
| Alcantarillado | Conjunto de obras para la recolección, conducción, tratamiento y disposición final de las aguas residuales o de las aguas lluvias. |
| Red local de alcantarillado | Conjunto de tuberías y canales que conforman el sistema de evacuación de las aguas residuales, pluviales o combinadas de una comunidad, y al cual desembocan las acometidas del alcantarillado de los inmuebles. |
| Planes de saneamiento y manejo de vertimientos -PSMV | Conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos (Resolución 1433 de 2004). |
| Vertimiento | Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido. |
| Letrina | Conjunto de elementos destinada a la disposición adecuada de las excretas o deposiciones humanas con la finalidad de proteger la salud y evitar la contaminación del medioambiente. |

Nota. Adaptado del RAS 2000 (Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico)

Cobertura y predios con acceso a los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en Colombia

Se entiende por cobertura el porcentaje de servicios públicos en este caso de acueducto, alcantarillado y aseo, a los cuales tienen acceso las personas ya sea en el área rural y urbana.

Cobertura municipal y nacional

Tabla 3. Cobertura municipal nacional 2020

| Servicio | Predios con acceso al servicio | Porcentaje de cobertura |
|----------------|--------------------------------|-------------------------|
| Acueducto | 9.698.822 | 71% |
| Alcantarillado | 8.578.432 | 63% |
| Aseo | 8.759.791 | 64% |

Nota. SUI (2020)

En relación a lo anterior, la cobertura municipal de los servicios de alcantarillado (63%) y aseo (64%), presenta todavía un bajo porcentaje, esto indica que hay municipios donde el saneamiento ambiental se debe mejorar; sin dejar de lado que la cobertura de agua, aunque ha venido aumentando en los municipios del país, aún hay personas que carecen de este líquido vital.

Cobertura urbana nacional

Tabla 4. Cobertura urbana nacional 2020

| Servicio | Predios con acceso al servicio | Porcentaje de cobertura |
|----------------|--------------------------------|-------------------------|
| Acueducto | 8.262.464 | 85% |
| Alcantarillado | 7.957.755 | 81% |
| Aseo | 7.973.852 | 81% |

Nota. SUI (2020)

Cobertura rural nacional

Tabla 5. Cobertura rural nacional 2020

| Servicio | Predios con acceso al servicio | Porcentaje de cobertura |
|----------------|--------------------------------|-------------------------|
| Acueducto | 1.436.358 | 37% |
| Alcantarillado | 620.677 | 16% |
| Aseo | 785.939 | 20% |

Nota. SUI (2020)

Sin duda alguna la brecha tan amplia que existe en lo rural y urbano en cuanto a la cobertura de servicios públicos es amplia, por esta razón los municipios deben trabajar para asegurar el acceso a toda la población al agua potable y saneamiento básico en términos de cobertura, calidad y continuidad.

Aunque se ha venido mejorando en la ampliación de la cobertura de estos servicios públicos, aún falta aumentar la cobertura y cerrar las brechas de acceso a los servicios públicos.

Importancia del saneamiento ambiental en datos y cifras:

Figura 3. Datos y cifras



En todo el mundo, al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces.



El agua contaminada puede transmitir enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. También se presentan enfermedades en la piel. Se calcula que la contaminación del agua potable provoca más de 502 000 muertes por diarrea al año.



De aquí a 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua.



La disponibilidad de agua se enfrenta a las presiones de la contaminación. Se espera que la eutrofización de las aguas superficiales y las zonas costeras aumente en casi todas partes hasta 2030. A nivel mundial, el número de lagos con floraciones de algas nocivas aumentará un 20% por lo menos hasta 2050.



Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego (FAO, 2010). A nivel mundial, 2.500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua (UNESCO, 2012)

Enfermedades transmitidas por el agua contaminada

Tabla 6. Principales enfermedades transmitidas por el agua

| Enfermedades | Causa y vía de transmisión | Extensión geográfica | Número de casos | Defunciones por año |
|--|--|--|------------------------------|---------------------|
| Disentería amebiana | Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra. | Todo el mundo | 500 millones por año | * |
| Disentería bacilar | Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra. | Todo el mundo | * | * |
| Enfermedades diarreicas (inclusive la disentería amebiana y bacilar) | Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra. | Todo el mundo | 4.000 millones actualmente | 3-4 millones |
| Cólera | Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra. | Sudamérica, África, Asia | 384.000 por año | 20.000 |
| Hepatitis A | El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra. | Todo el mundo | 600.000 a 3 millones por año | 2.400 a 12.000 |
| Fiebre paratifoidea y tifoidea | Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra. | 80% en Asia, 20% en América Latina, África | 16 millones actualmente | 600.000 |
| Poliomielitis | El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra. | 66% en la India, 34% en el Cercano Oriente, Asia, África | 82.000 actualmente | 9.000 |
| <p>^a El número de casos se presenta como incidencia ("por año") - el número de nuevos casos ocurridos en un año - o como prevalencia ("actualmente") - el número de casos existentes en un momento dado. [*]Incluidas las enfermedades diarreicas. ^{**}No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente. ND= no disponible. Fuente: WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR de WHO 1998.</p> | | | | |

Nota. Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas.
http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_13.pdf

Figura 4. Mujeres indígenas lavando ropa a orillas del río Amazonas en Colombia



A continuación, se presentan algunos ejemplos de grupos e individuos desfavorecidos o en situaciones de vulnerabilidad, en términos de acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene (WASH):

Figura 5. Grupos e individuos desfavorecidos

- **Las personas que viven en la pobreza** enfrentan costos proporcionales más elevados para acceder a los servicios de WASH que los más acomodados, mientras que, generalmente, tienen acceso a un servicio más bajo nivel.
- **Los habitantes de los barrios marginales** tienden a recibir servicios WASH de proveedores informales y a precios muy altos, mientras que los niveles de servicio más altos con frecuencia son inaccesibles, o la inversión inicial de capital en infraestructura es inalcanzable.
- Los grupos poblacionales que viven en **lugares remotos y aislados** tienden a pagar precios más altos, dado que los costos unitarios de la prestación de servicios generalmente aumentan con la distancia.
 - Muchos **pueblos indígenas y grupos étnicos** tienden a vivir en lugares remotos y aislados (lo que puede aumentar los costos de la prestación de servicios).
- Es probable que los **hogares monoparentales**, especialmente aquellos encabezados por mujeres solteras tengan ingresos más bajos que los hogares con dos o más adultos y, por lo tanto, no puedan pagar los servicios de WASH.
- Los **niños** pueden enfrentar un servicio de más bajo nivel, dado que las costumbres pueden priorizar a los adultos en el uso del baño de un hogar y las escuelas pueden proporcionar servicios de WASH deficientes. El acceso también puede disminuir en una familia numerosa con muchos dependientes.
- **Los ancianos, los enfermos y las personas con discapacidad física** a menudo requieren el apoyo de tecnologías con características específicas, que pueden tener un alto costo. Al mismo tiempo, sus recursos financieros pueden ser limitados, dado que a menudo no perciben ingresos (y las redes de seguridad o las pensiones apenas existen en muchas naciones).
 - Las opciones limitadas de WASH están disponibles para **personas que enfrentan emergencias** (como desastres naturales), especialmente cuando están ubicadas lejos de los centros de población.
- **Los refugiados** en el mundo en desarrollo usualmente reciben soluciones temporales a sus necesidades de WASH y su grado de acceso a los servicios de WASH se deja, en gran medida, a merced de los donantes y las organizaciones no gubernamentales (ONG).
- **Los presos** con frecuencia están sujetos a un acceso deficiente de WASH, lo que lleva a humillaciones y sufrimientos.

Contribuido por el Banco Mundial

TEMA 3. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES

La finalidad de un acueducto es captar el agua, conducirla a un sistema o planta de tratamiento para convertir el agua cruda en agua potable y distribuir el agua hasta los puntos de consumo cumpliendo con aspectos importantes relacionados con la calidad, cantidad y cobertura.

Importancia de un acueducto

El agua en su estado natural casi nunca es apta para el consumo humano, se encuentra contaminada, por eso dentro de las funciones importantes que debe cumplir un acueducto están:

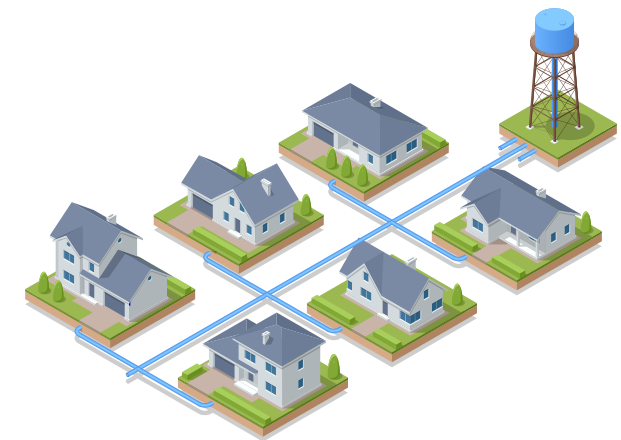


Potabilizar el agua y mantener su calidad hasta su entrega al usuario.



Shutterstock/2023

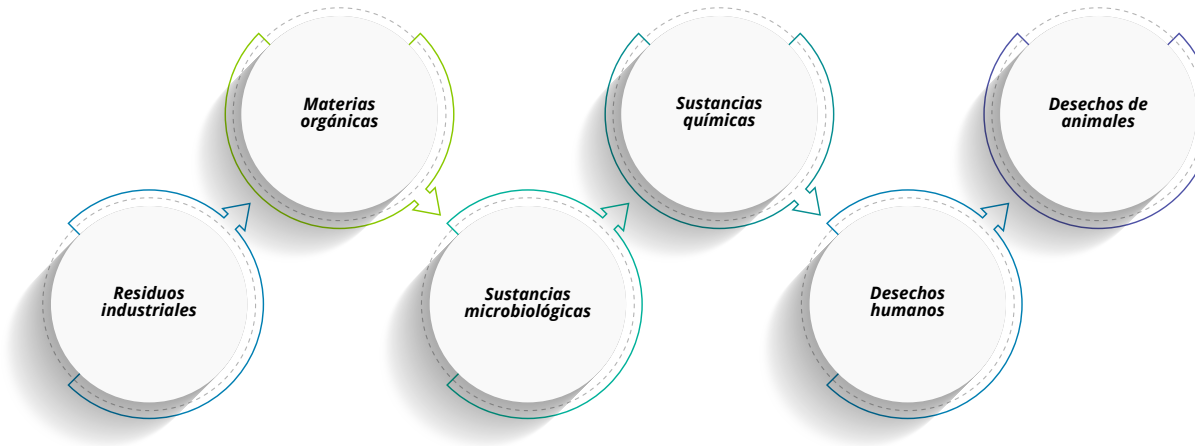
Suministrar agua en los sitios requeridos en cantidad y presión suficientes en forma permanentes.



Shutterstock/2023

Contribuir al bienestar de la población presentando un buen servicio a un costo razonable.

Figura 6. Contaminantes presentes en el agua



Características de las fuentes de agua superficial y subterránea

Algunas de las principales características de las fuentes de agua superficial y subterránea se presentan a continuación:

Figura 7. Características de las fuentes de agua superficial

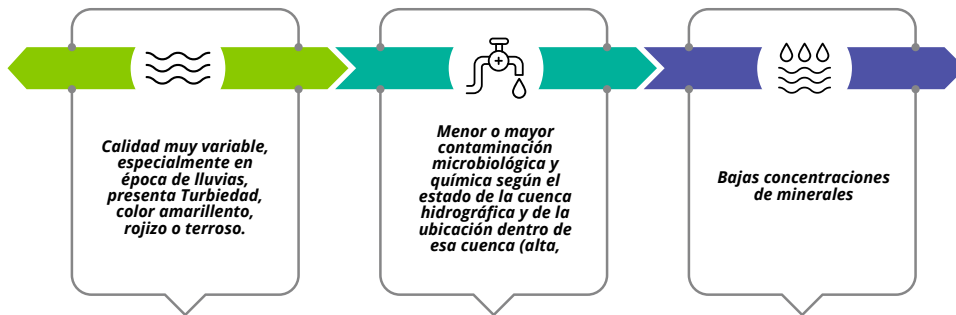
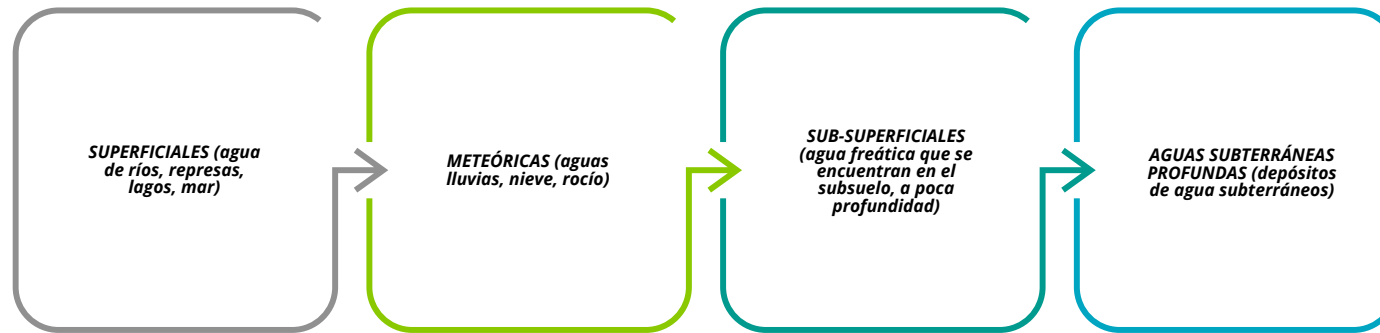


Figura 8. Características de las fuentes de agua subterránea

- 1** *Calidad uniforme*
- 2** *Microbiológicamente libres, si son profundas*
- 3** *Libres de turbiedad y color*
- 4** *Muy mineralizadas (hierro, manganeso, calcio, también pueden contener gas sulfhídrico)*
- 5** *Presentan mayor temperatura que las aguas superficiales*

En conclusión, estos son los diferentes tipos de agua que se pueden usar para el tratamiento de las aguas para consumo humano y depende de la disponibilidad que tenga la zona o comunidad donde se vaya a realizar el acueducto:

Figura 9. Tipos de agua para potabilización



Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

Los componentes de un sistema de acueducto son el conjunto de obras civiles, tuberías, bombas, equipos e instalaciones que permiten captar el agua en los cuerpos de agua superficial o subterránea y transportarla a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), donde es tratada para potabilizarla y distribuirla a las comunidades, usuarios o puntos de consumo. A continuación, se listan los componentes:

- **Fuente de abastecimiento - captación:**

La fuente de abastecimiento son los cuerpos de agua lénticos o lóticos de donde se va a captar el agua para conducirla a la planta de potabilización, también se puede considerar el agua lluvia y el agua de los mares, como aguas que se pueden usar.

La captación son estructuras civiles que se diseñan para captar el agua y su diseño depende del caudal del agua a captar, la cantidad de agua y la disponibilidad de la fuente hídrica con las que cuentan las comunidades donde se realizará este tipo de proyectos.

- **Línea de aducción:**

Es la manera como el agua cruda que ha sido captada es transportada a través de conductos cerrados (tuberías) o conductos abiertos (canales).

- **Desarenador:**

Es una estructura hidráulica complementaria en el sistema de acueducto, cuya función es hacer que las arenas que están inmersas en las aguas captadas, al entrar a esta estructura se precipiten de manera física (gravedad) y el agua quede más clarificada.

- **Planta de tratamiento de agua potable (PTAP):**

Es el conjunto de estructuras hidráulicas y procesos de tratamiento que buscan potabilizar el agua y hacerla apta para el consumo humano.

- **Línea de conducción (agua tratada):**

Es la manera como el agua tratada que ha sido descontaminada en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) es transportada a través de conductos cerrados (tuberías) a los tanques de almacenamiento de agua y transportada a la red de distribución.

- **Tanque de almacenamiento:**

Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es suplir las necesidades de demanda en los momentos pico, permitiendo una recuperación del volumen en las horas de bajo consumo, para poder suministrar sin problemas en las máximas demandas (RAS título B).

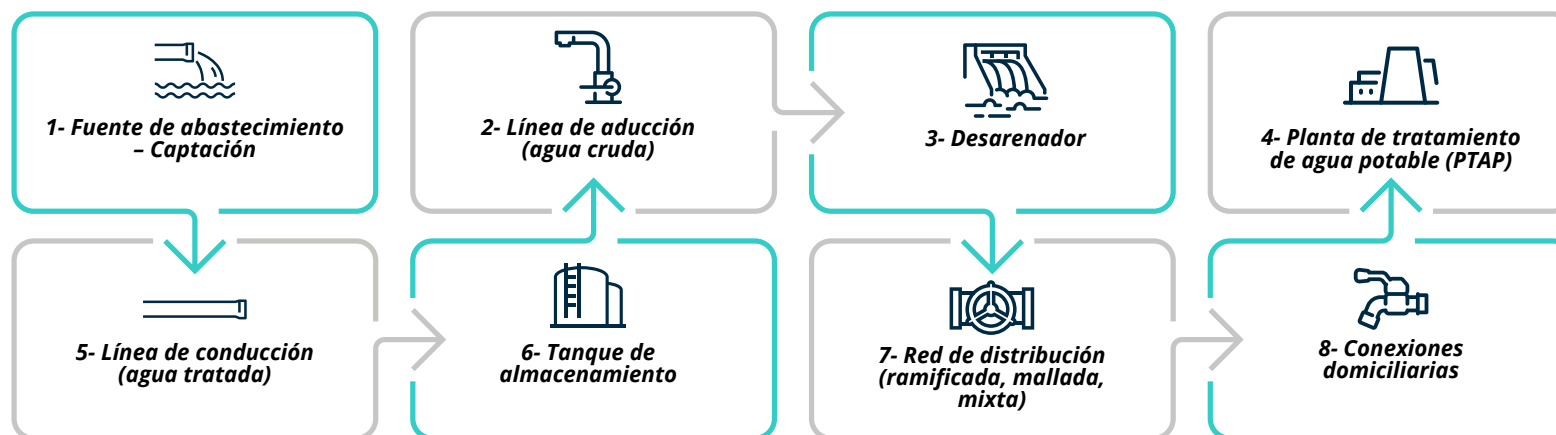
- **Red de distribución (ramificada, mallada, mixta):**

Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo (RAS título B).

- **Conexiones domiciliarias:**

Tubería que transporta el agua potable desde la red de distribución hasta la red interna (RAS título B).

Figura 10. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable



Procedimiento general de diseño de los sistemas de acueducto

A continuación, se presentan las etapas a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el diseño y puesta en marcha de un sistema de acueducto:

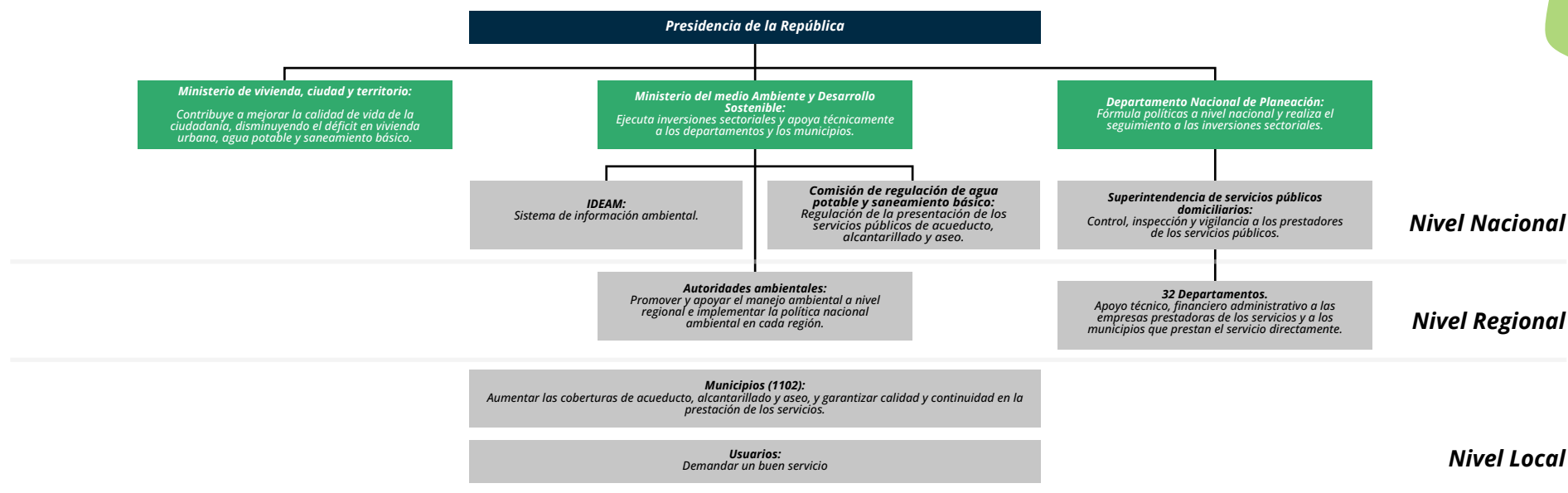
Tabla 7. Diseño de un acueducto

| Etapa | Explicación |
|---|---|
| Definición del tamaño del sistema | Indicador que depende de tres variables: |
| | N.º de habitantes. |
| | Capacidad Socio económica de los habitantes. |
| | Complejidad técnica del sistema. |
| Justificación del proyecto y definición del alcance | Todo componente de un sistema de acueducto debe justificarse con la identificación de un problema de salud pública, del medio ambiente o de bienestar social. |
| | El alcance es hasta donde se pretende desarrollar el proyecto (implementación, infraestructura, entre otros). |
| Conocimiento del marco institucional | El diseñador del sistema debe conocer las diferentes entidades relacionadas con la prestación del servicio público de suministro de agua potable, estableciendo responsabilidades y las funciones de cada una. Las entidades que deben identificarse son: |
| | 1.Entidad responsable del proyecto |
| | 2.Diseñador |
| | 3.Constructor |
| | 4.Rol del municipio, ya sea como prestador del servicio o como administrador del sistema |
| | 5.Empresa de servicios públicos y su carácter (oficial, mixto o privado) |
| | 6.Entidades territoriales competentes |
| | 7.Entidades de planeación (DNP, Ministerio del Medio Ambiente y DS) |
| | 8.Entidad reguladora (CRA u otra) "Comisión Reguladora de Agua Potable" |
| | 9.Entidad de vigilancia y control (SSPD u otra) |
| | 10.10.Operador |
| | 11.11.Interventor |
| | 12.12.Autoridad ambiental competente. (Ministerio del Medio Ambiente y DS, corporaciones autónomas |
| | 13.regionales) |
| 14.13.Fuentes de financiación | |

| | |
|---|---|
| Acciones legales | El diseñador debe conocer todas las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización, diseño, operación, construcción, mantenimiento, supervisión técnica y operación de un sistema de acueducto o cada uno de sus componentes en particular. |
| Aspectos ambientales | Debe presentarse un estudio sobre el impacto ambiental generado por el proyecto, ya sea negativo o positivo, en el cual se incluya una descripción de las obras y acciones de mitigación de los efectos en el medio ambiente propios del proyecto. |
| Ubicación dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano previsto (Ley 388/97) | El diseño de un sistema acueducto, o cualquiera de sus componentes, debe contemplar la dinámica de desarrollo urbano prevista en el corto, mediano y largo plazo de las áreas habitadas y las proyectadas en los próximos años. |
| Estudios de Factibilidad y Estudios Previos | Estudios de climatología, suelos, geología, topografía, recursos hídricos, descripción de la infraestructura existente, características socioeconómicas, comunicaciones, vías de acceso, disponibilidad de mano de obra, disponibilidad de materiales de construcción, disponibilidad de energía eléctrica. |
| Construcción y supervisión técnica | Tipos de materiales |
| | Interventoría |
| Puesta en marcha, operación y mantenimiento | Arranque (inicio del sistema), funcionamiento de la planta (insumos, disponibilidad del agua, mano de obra calificada) y monitoreo (cumplimiento de la norma de calidad de agua potables, lodos). |

Nota. Adaptado del RAS, título B

Figura 11. Entidades que gestionan el componente agua en Colombia



Nota. Adaptado del DNP- DDU

Procedimiento particular de diseño de los sistemas de potabilización

A continuación, se presentan los pasos a desarrollar para el procedimiento particular del diseño de los sistemas de potabilización:

- **PASO 0.** Definición del nivel de complejidad
- **PASO 1.** Definición del tamaño del sistema

Indicador que depende de tres variables:

- N° de habitantes.
- Capacidad socio económica de los habitantes.
- Complejidad técnica del sistema.

Tabla 8. Asignación del nivel de complejidad

Asignación del nivel de complejidad

| Nivel de complejidad | Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (habitantes) | Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾ |
|----------------------|--|--|
| Bajo | <2500 | Baja |
| Medio | 2501 a 12500 | Baja |
| Medio Alto | 12501 a 60000 | Media |
| Alto | >60000 | Alta |

Notas: (1) Proyecta al periodo de diseño, incluida la población flotante.
(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

Nota. RAS, título B

- **PASO 2.** Determinar la dotación

Dotación

Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para la satisfacción de necesidades básicas; se expresa en términos de litro /habitante por día (L/hab-día).

Tipos de dotación:

- **Dotación Neta:**
Mínima cantidad de agua asignada a un habitante o a una comunidad para la satisfacción de necesidades básicas.
- **Dotación Bruta:**
Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

¿Cómo se determinan las dotaciones?

Dotación Bruta

La dotación bruta debe establecerse según la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Donde:

d bruta= Dotación Bruta.

d neta= Dotación Neta.

%p= Pérdidas técnicas en el sistema.

Dotación Neta

Puede ser ajustada:

Por temperatura.

Términos socio económicos.

Tabla 9. Variación a la dotación neta según el clima y nivel de complejidad del sistema

Variación a la dotación neta según el clima y el nivel de complejidad del sistema

| Nivel de complejidad del sistema | Clima cálido (más de 28° C) | Clima templado (entre 20° C y 28°C) | Clima frío (menos de 20° C) |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Bajo | +15% | +10% | No se admite corrección por clima |
| Medio | +15% | +10% | |
| Medio Alto | +20% | +15% | |
| Alto | +20% | +15% | |

Nota. RAS, título B

Dotación Neta

Puede ser ajustada:

Términos socioeconómicos (nivel de complejidad).

Tabla 10. Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema

Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema

| Nivel de complejidad del sistema | Dotación neta mínima (L/hab-día) | Dotación neta máxima (L/hab-día) |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Bajo | 100 | 150 |
| Medio | 120 | 175 |
| Medio Alto | 120 | - |
| Alto | 150 | - |

Nota. RAS, título B

Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas

Las pérdidas técnicas corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de la (s) planta (s) potabilizadora (s) y el volumen entregado a la población medido en las acometidas domiciliarias del municipio.

Tabla 11. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas

Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas

| Nivel de complejidad del sistema | Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta |
|----------------------------------|--|
| Bajo | 40% |
| Medio | 30% |
| Medio Alto | 25% |
| Alto | 20% |

Nota. RAS, título B

Determinar el caudal de diseño (l/s)

Con el fin de diseñar las diferentes estructuras hidráulicas del sistema de acueducto, es necesario calcular el caudal apropiado, el cual debe combinar las necesidades de la población de diseño y los costos de la construcción de un acueducto para un caudal excesivo. Normalmente se trabaja con tres tipos de caudales:

- Caudal medio diario (Qmd).
- Caudal máximo diario (QMD).
- Caudal máximo horario (QMH).

Caudal de diseño (L/S)

Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Caudal medio diario (Qmd)

Es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

Donde:

p= N° habitantes (hab)

dbruta = Dotación bruta (L/hab*día)

Caudal máximo diario (QMD)

Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

$$QMD = Q_{md} K_1$$

Donde:

QMD= Caudal máximo diario.

Qmd= Caudal medio diario (L/s).

K1= coeficiente de consumo máximo diario (1,2 – 1,5); se asumen en ausencia de datos.

(K1, K2) llamados coeficientes de mayoración, los cuales sirven como factor de seguridad para el diseño de este.

Caudal máximo horario (QMH)

Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

$$QMD = QMD \cdot K_2$$

Donde:

QMH= Caudal máximo horario.

QMD= Caudal máximo diario (L/s).

K2= Coeficiente de consumo máximo horario (1,5 – 1,8); se asumen en ausencia de datos.

Tabla 12. Coeficiente de consumo máximo horario K2, según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución

Coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución

| Nivel de complejidad del sistema | Red menor de distribución | Red secundaria | Red matriz |
|----------------------------------|---------------------------|----------------|------------|
| Bajo | 1.60 | - | - |
| Medio | 1.60 | 1.50 | - |
| Medio Alto | 1.50 | 1.45 | 1.40 |
| Alto | 1.50 | 1.45 | 1.40 |

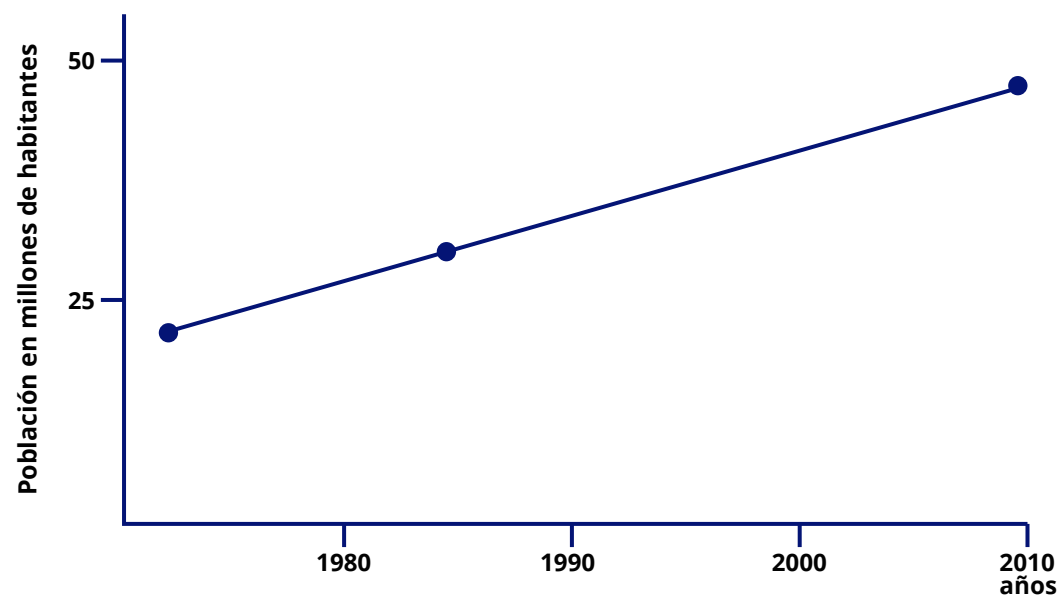
Nota. RAS, título B

Proyección mediante modelos

Modelo aritmético (rural): constante

Asume que la variación de la población con respecto al tiempo es una constante (K).

Figura 12.



Nota. Acueducto: teoría y diseño (Romero, s.f.)

$$\frac{dP}{dT} = K$$

$$\int_{P_0}^{P_f} dP = k \int_{T_0}^{T_f} dT$$

$$P_f - P_0 = K * (T_f - T_0) \quad (T_f - T_0) = \Delta T$$

$$\frac{P_f - P_0}{\Delta T} = K$$

$$P_f = P_0 + k * \Delta T$$

Donde:

Pf=Población futura o proyectada (Hab)

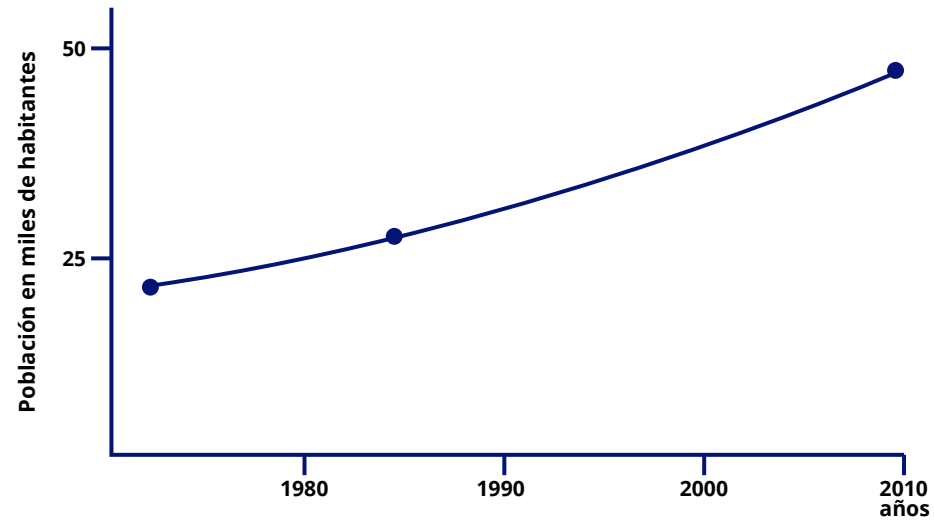
Po=Población inicial (Hab)

ΔT=Periodo de diseño

Modelo geométrico (urbano) y exponencial

Asume a la población con respecto al tiempo afectado por una tasa de crecimiento

Figura 13.



Nota. Acueducto: teoría y diseño (Romero, s.f.)

$$\frac{dP}{dT} = r * P$$

$$\int_{P_0}^{P_f} \frac{dP}{P} = r \int_{T_0}^{T_f} dt$$

$$\ln P_f - \ln P_0 = r * (T_f - T_0)$$

$$\frac{\ln P_f - \ln P_0}{T_f - T_0} = r$$

$$\ln P_f - \ln P_0 = r * \Delta T$$

$$\frac{P_f}{P_0} = e^{r * \Delta T}$$

$$P_f = P_0 * (1 + r)^{\Delta T}$$

Dónde:

Pf=Población futura o proyectada (hab)

Po=Población inicial (hab)

ΔT=Periodo de diseño

Tf=Tiempo final de diseño

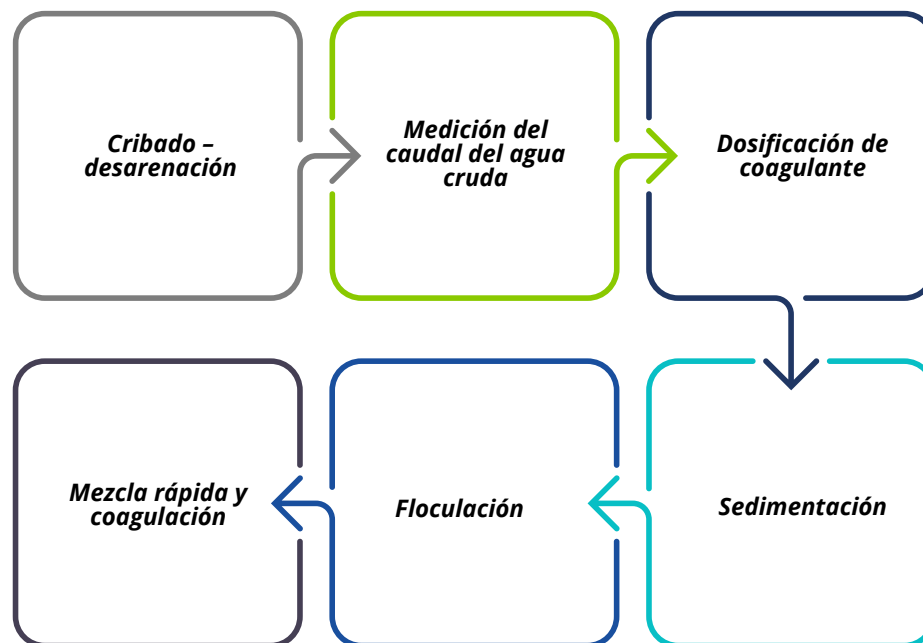
To=Tiempo inicial de diseño

Tecnologías de tratamiento del agua para consumo humano

Tratamiento con químicos y tratamiento biológico

El tratamiento con químicos involucra las siguientes operaciones y procesos:

Figura 14.



- Filtración
- Cloración
- Acondicionamiento del pH
- Almacenamiento
- Distribución

A continuación, se describen las etapas anteriores:

- **Cribado:** consiste en limpiar el agua a través de rejillas o cribas, ya que el agua contiene residuos gruesos (residuos sólidos o basuras), para acondicionar el agua y tratar al máximo de retener sustancias gruesas y se puedan optimizar los procesos subsecuentes.
- **Medición del caudal del agua cruda:** sistema destinado a registrar o totalizar la cantidad de agua captada, en este caso el caudal de diseño a tratar puede ser a través de un conducto (tubería) o un canal.
- **Dosificación de coagulante:** es la cantidad óptima de coagulante que se determina a través de la prueba de jarras o de tratabilidad que consiste en la simulación en vasos de precipitado el proceso de coagulación floculación que se producirá en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento.
- **Mezcla rápida y coagulación:**
Consiste en la aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.
- **Floculación:**
Es la aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.
- **Sedimentación:**
Es el proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.

- **Filtración:**

Es el proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

- **Cloración:**

Consiste en la aplicación de cloro al agua, generalmente para desinfectar o para oxidar compuestos indeseables.

- **Acondicionamiento del pH:**

Es el proceso en el agua ya filtrada que consiste en la adición de químicos, por tanto, es un indicador esencial, que nos permite determinar la idoneidad o no del agua para el consumo humano.

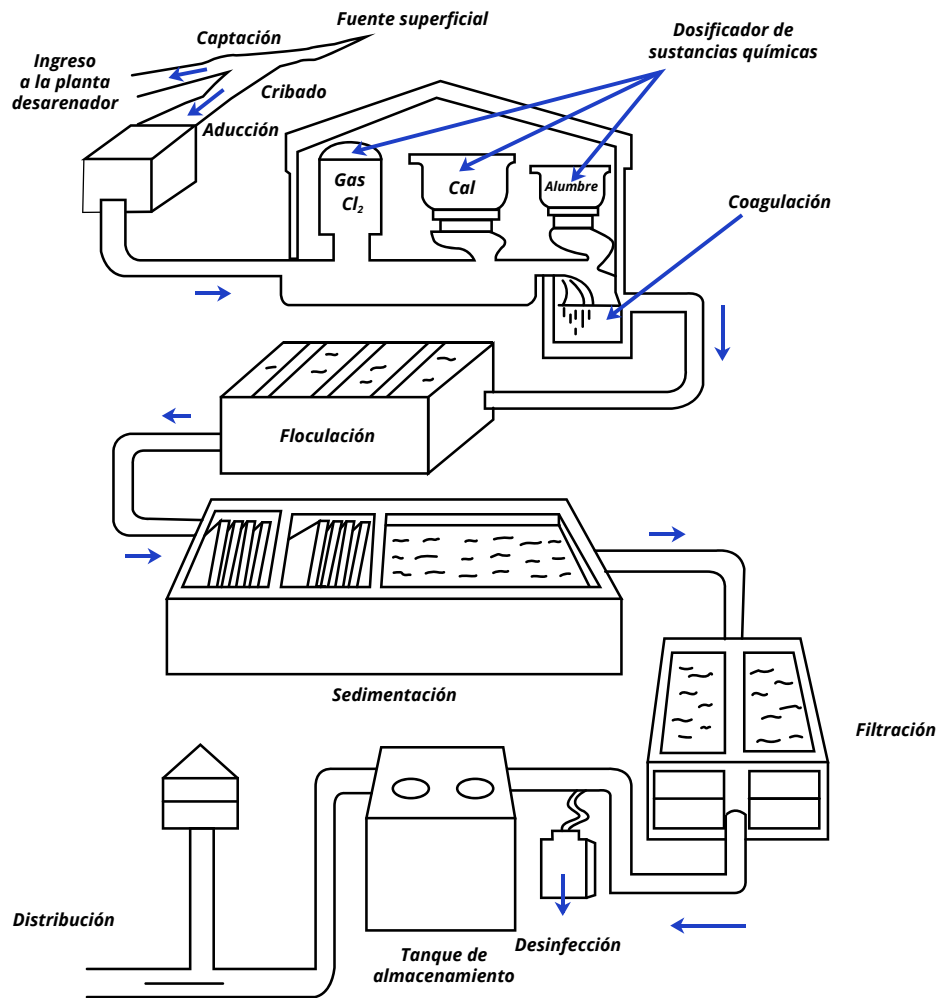
- **Almacenamiento:**

Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior.

- **Distribución:**

Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

Figura 15. Esquema planta de tratamiento de agua con químicos



El tratamiento biológico involucra (acueductos rurales):

- Cribado – desarenación
- Filtración dinámica
- Filtración en medios gruesos
- Filtración lenta en arena
- Cloración
- Almacenamiento
- Distribución

Filtración en múltiples etapas (FIME)

- Filtración dinámica:

Sirve para quitar parte de la turbiedad que trae el agua. Cuando el agua llega muy sucia, el filtro grueso dinámico se tapa en la parte de encima y evita que el lodo pase a los otros componentes.

- Filtración en medios gruesos o filtros ascendentes:

Eliminan esas partículas de lodos más disueltas que pasaron de la filtración anterior.

- Filtración lenta en arena:

Realiza descontaminación biológica, consiste en quitarle al agua los microorganismos que causan enfermedades y la turbiedad que aún tiene después de pasar por los otros filtros. Cuando el filtro se opera bien y está funcionando normalmente, el agua que sale está libre de microorganismos y puede ser consumida sin riesgo para la salud. Proceso de filtración a baja velocidad (porque el medio filtrante es arena).

Figura 14. Planta de tratamiento Filtración en Múltiples Etapas (FIME) en acueductos rurales



Nota. Corregimiento de Mondomo, municipio de Santander de Quilichao




RESUMEN

Unidad 1

El saneamiento ambiental es una necesidad básica indispensable para mejorar la calidad de vida de las personas, el entorno y el medio ambiente y es un tema para considerar de manera global, por esta razón, es necesario comenzar a analizar desde esta perspectiva y dar esa mirada hacia afuera, sobre cómo en otros países identifican la necesidad de que sus acciones, desde la gobernanza de sus naciones, empresas, entidades y comunidades contribuyan a un mundo mejor pensando en la sostenibilidad y así poder aportar al cumplimiento de los objetivos y metas de desarrollo sostenible.

Teniendo claridad de que el saneamiento lo que busca es brindar a los territorios ese equilibrio entre el medio ambiente y la salud pública, surge la necesidad de contar con servicios públicos bien gestionados como lo es el acceso al agua potable, los sistemas de alcantarillado diseñados de manera eficiente y la capacidad de contar con el servicio de aseo, Si se tienen estas condiciones en buen funcionamiento y salubridad, ya se está gozando de ese derecho constitucional encaminado a vivir en un ambiente sano.

Por último, se requiere conocer algunas alternativas de saneamiento convencionales y no convencionales que contribuyen a mejorar la calidad del agua al ser consumida por las comunidades, por eso se requiere identificar los componentes de un sistema de acueducto, como funciona y como este servicio ayuda a la salud pública.



GLOSARIO


Unidad 1

- **Agua potable:** agua que, por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 475 de 1998, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.
- **Calidad de agua:** es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.
- **Caudal de diseño:** caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.
- **Desinfección:** proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.
- **Dotación:** cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en una unidad de tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.
- **Saneamiento:** se refiere a las condiciones de salud pública relacionadas con el agua potable y el tratamiento y eliminación de excrementos humanos y aguas residuales para el mejoramiento de las condiciones sanitarias.
- **Sedimentación:** proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.
- **Sostenibilidad:** la sostenibilidad se refiere al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno. Por extensión se aplica a la explotación de un recurso por debajo del límite de renovabilidad del mismo; la sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.



LECTURAS SUGERIDAS

Unidad 1

- Así vamos en salud. (2022). Indicadores de salud. <https://www.asivamosensalud.org/indicadores/salud-ambiental/-cobertura-acueducto-porcentaje>
 - AGUACOL. (2015). Asociación de Acueductos Comunitarios. Acueducto Mondomo. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=p-FuKR1jObU>
 - Acueducto metropolitano de Bucaramanga (2018). Proceso de tratamiento planta la flora- Ing Javier Quiroga. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=tkb2B0B60tw>
 - Orta, M. (2018). La gobernabilidad de los servicios de agua y saneamiento y los conflictos por el agua en américa latina. [Governability of Water and Sanitation Services and Conflicts Over Water in Latin America] Journal De Ciencias Sociales, 6(11) doi:<https://doi.org/10.18682/jcs.v0i11.793>
- 

REFERENCIAS

Unidad 1

- Corcho, R. F. y Duque, J.I. (2005). Acueductos, teoría y diseño. Sello Editorial.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística Colombia (DANE), 2020. Proyecciones y retroproyecciones de población municipal para el periodo 1985-2017 y 2018-2035 con base en el CNPV 2018. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Díaz, C. (2003). Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua-CYTED.
- González Reino, A y Pinedo Espitia, T. (2021-07-12.). Sistema de tratamiento de agua para consumo Humano en pequeñas comunidades. Facultad de Ciencias Básicas. [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Universidad de caldas. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/4314/gonzalezreinoangela-pinedoespitiathalia.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2020). Informe Nacional de calidad del agua para consumo humano. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/inca-2020.pdf>
- Murillo, S. E. P., Castro, Sandra Mirella del Consuelo Ronquillo, Manosalva, G. V., & Nevárez, E., Manuel Zambrano. (2022). Sistema de potabilización de agua en zonas rurales. [Water Purification System in Rural Areas] Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologias De Informação. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/sistema-de-potabilización-agua-en-zonas-rurales/docview/2695093479/se-2>
- Sistemas de Acueducto. (2010). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico–RAS Titulo B.
- Saldarriaga, J. (1994). Hidrología aplicada. McGraw Hill. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/permalink/57MD-N_INST/19u7a5o/alma990000717950107231
- Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. (2020). Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado. https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inlinefiles/informe_sectorial_aa_30-12-21_vf%20%281%29.pdf



CRÉDITOS

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

2022

Versión 4.1

