

# Suministro de Agua

## 1.1 Cualidades del agua

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido; compone 88.89 partes de hidrógeno y 11.11 partes de hidrógeno todo esto en peso. A la presión normal hierve a 100° C y 0°C se solidifica cristalizándose en formas hexagonales. Se evapora a la temperatura ambiente.

El agua es uno de los elementos mas abundantes en la naturaleza, pudiéndose hallar en estado sólido (hielo, nieve), en estado líquido, estado líquido y en estado gaseoso (vapor de agua de la atmósfera).

Además de hidrógeno y oxígeno, el agua contiene una proporción variable de determinados cuerpos tales como: anhídrido carbónico, nitrógeno, cal, potasio, magnesio, ácidos sulfúrico, nítrico y silicio, óxido de hierro, alúmina, cloruros, bromuros y yoduros de diferentes metales, sales, materias orgánicas, etc.

Un agua puede considerarse potable (propia para la alimentación humana y sus domésticos), cuando reúne las siguientes propiedades: ser inodora, fresca, limpia, incolora en poca cantidad y azulada en grandes masas, de sabor agradable, poseer pocas sustancias extrañas y encerrar suficiente aire en disolución, cocer bien las verduras en especial las legumbres, disolver fácilmente el jabón formando espuma, estar comprendida entre los 5 y 16°C, pues a menos de 5°C es fría y desagradable, y por encima de los 16°C es tibia y nauseabunda, además para el agua de bebida el color debe estar eliminado casi por completo, siendo imperfecta la planta de tratamiento que no consiga dejar el agua por debajo de 5 mg/l (método platino-cobalto, 1mg de platino por litro).

El exceso de sales hace del agua impropia para el uso doméstico, disuelve mal el jabón y no cuecen bien las legumbres, este tipo de aguas son llamadas aguas duras.

## 1.2 Abastecimientos de agua ó fuentes de agua

El agua de lluvia en general es blanda y ligeramente ácida debido a la absorción de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al entrar en contacto con la atmósfera. Ahora bien el agua que este presente en la tierra incluyendo la atmósfera, esta regido por lo que se ha venido a llamar ciclo hidrológico.

Al caer en ciénagas con materia vegetal, el agua disuelve más CO<sub>2</sub> y se vuelve claramente ácida, aunque dicha acidez sigue siendo débil. Este agua disuelve el plomo y por eso se denomina plumbosolvente. Debido a que los efectos del envenenamiento por plomo son acumulativos y muy dañinos para la salud, el agua jamás debe ser transportada en tubería de plomo.

A continuación mencionaremos las fuentes de agua mas comunes de abastecimiento las cuales, claro está , ameritan mayor profundidad en su estudio antes de su uso como tal, en la **tabla 1.1** se describe la clasificación según su proveniencia.

**Tabla 1.1 CLASIFICACIÓN DEL AGUA**

<b>POTABLE</b>	1 Agua de manantial 2 Agua de pozos poco profundos 3 Agua superficial	Muy aceptable al paladar
<b>SOSPECHOSA</b>	4 Agua de lluvia almacenada 5 Agua superficial de terrenos cultivados	Moderadamente aceptable al paladar
<b>PELIGROSA</b>	6 Agua de río que tiene acceso al drenaje 7 Agua de pozos poco profundos	Aceptable al paladar

Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

### 1.2.1 Pozos poco profundos

El agua de pozos poco profundos se obtiene de fuentes existentes en los estratos acuíferos superiores de la tierra. Este agua debe tratarse con reserva, ya que puede contaminarse debido a drenajes o pozos negros con fugas ó fuentes de contaminación que en muchas veces es generada por el mismo hombre, de este último mencionaremos mas adelante.

### 1.2.2 Pozos profundos

Son fuentes situadas abajo de los primeros estratos impermeables. Mientras que el pozo o el pozo de sondeo impida el ingreso de agua del subsuelo, casi siempre es posible considerar que el agua es potable.

Si el agua pasa a través de estratos que contienen carbonato de calcio o magnesio, parte de estas sales se disuelve en el agua, dependiendo de la cantidad de bióxido de carbono presente en la misma. En este caso se considera que el agua es temporalmente dura; esta dureza se elimina al hervir el agua, pero produce formación de incrustaciones en tuberías de agua caliente y calentadores, pero para lo cual hay controles y tratamientos.

Si el agua atraviesa estratos que contienen sulfato de calcio, cloruro de calcio o cloruro de magnesio, cierta cantidad de estas sales se disuelve en el agua sin que haya bióxido de carbono. Este tipo de dureza no se elimina al hervir el agua y se denomina dureza permanente. No produce formación de incrustaciones en tuberías y calentadores, aunque puede provocar corrosión.

Casi todas las aguas presentan dureza temporal y permanente. En la **tabla 1.2** se presenta la clasificación generalmente aceptada de dureza.

**Tabla 1.2 DUREZA DEL AGUA**

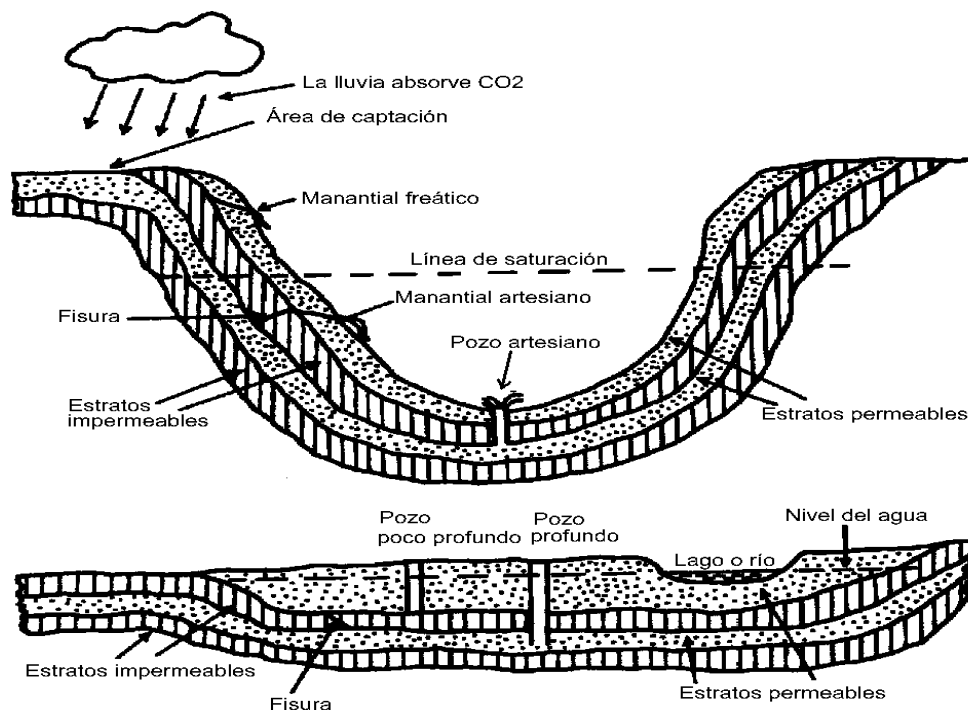
<b>TIPO DE AGUA</b>	<b>DUREZA EN PARTES POR MILLÓN</b>
Blanda	0-50
Moderadamente blanda	50-100
Ligeramente blanda	100-150
Moderadamente dura	150-200
Dura	200-300
Muy dura	más de 300

Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

### 1.2.3 Manantiales intermitentes ó terrestres

Debido a que en este caso el agua se obtiene de la misma fuente que el agua de pozos poco profundos, debe tratarse con la misma reserva, para este tipo de fuente se tomarán decisiones respecto a los demás componentes de la obra.

Para este tipo de fuente las obras han sido desarrolladas sobre la base de estudios hidráulicos, principalmente en aquellos aplicados a cursos de agua con transporte de sedimentos. Cabe mencionar que es usual la derivación directa de los volúmenes de agua y conducirlos mediante canales, galerías y tuberías, para atender la demanda que se presenta en el sistema de recepción, en nuestro caso: agua potable.



Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

**Figura 1.1** Fuentes de suministro de agua

### 1.2.4 Ríos y lagos

Se forman principalmente por la captación de agua superficial y del subsuelo.

El agua de los lagos proveniente de las tierras altas es blanda y suele ser potable.

El agua de ríos es blanda y generalmente turbia, especialmente después de una tormenta; puede volverse insalubre por descargas de fabricas y de aguas negras.

Las obras de toma para este tipo de tipo de fuente tienen por objeto desviar las aguas que escurren sobre la solera hacia el mismo sistema de conducción.

Considerando al río como parte del sistema ecológico la obra de toma se constituirá en un obstáculo para el libre escurrimiento del agua o en una intervención sobre un medio natural, que dará lugar a modificaciones del estado de equilibrio.

Para la toma, el curso natural es un medio que satisfecerá las necesidades de agua del sistema receptor. El primer concepto se limita únicamente a la naturaleza y sus leyes el segundo presenta al hombre y sus objetivos.

Esto significa, que la utilización del agua a través de la obra toma tendrá consecuencias sobre el curso natural en cuanto a su morfología, régimen de escurrimiento y sobre el área de influencia en cuanto al equilibrio de sus suelos, nivel de aguas subterráneas, etc. Por lo tanto, es necesario tener conocimiento previo de las características y condiciones que ofrece el río, quebrada o lago que se piensa aprovechar.

---

### 1.2.5 Red de agua potable

Es el suministro de agua potable a los puntos de consumo (aparatos sanitarios) directamente por la presión de la red pública, este tipo de sistema tiene ventajas y desventajas; *las ventajas*: es económico por que evita la contaminación del abastecimiento interno, *las desventajas*: se puede quedar sin el servicio, cuando el suministro es cortado.

---

## 1.3 Fuentes de contaminación

La actividad continua del hombre sobre el medio ambiente, es el elemento fundamental que origina la contaminación, tal como se ha señalado, aunque el tipo de actividad determinará la forma de contaminación, el tipo de elementos contaminantes y la persistencia de su acción. Partiendo de lo propuesto por varios autores, las fuentes de contaminación se pueden clasificar, según el tipo de actividad humana, agrupándolas como sigue:

- Contaminación por la vida del hombre en comunidad.
- Contaminación ocasionada por actividades agrícolas (pesticidas, abonos y otros contaminantes).
- Contaminación causada por actividades pecuarias.
- Contaminación originada por la extracción, procesamiento y distribución de hidrocarburos.
- Contaminación producida por actividades mineras.
- Contaminación ocasionada por actividades industriales.

---

## 1.4 Evacuación de las aguas residuales

El principio básico para el diseño de un sistema de evacuación, es lograr un servicio eficiente, seguro y económico, maximizando los aspectos técnicos y minimizando los costos. En los países en desarrollo como el nuestro, la premisa de la optimización debe merecer la mayor atención al efectuar el planeamiento del diseño de un sistema de evacuación, debido a que en este tipo de proyectos se maneja por una parte, aspectos relacionados con las mejoras de la salud poblacional y por otra, aspectos de tipo económico que generan gravámenes a la economía familiar.

Bajo las anteriores consideraciones y tomando en cuenta la metodología más adecuada en el proceso de diseño de un sistema de evacuación, se considerarán los levantamientos de datos y elementos básicos siguientes: estudios de tuberías verticales y horizontales, que permiten

transportar las aguas residuales de los niveles superiores hasta el sistema de colector de la edificación.

## 1.5 Estadística de consumo

La estadística de consumo se deberá a un estudio de densidad de población para reflejar su distribución de manera zonificada, la densidad actual y la máxima densidad esperada. Según la Norma Técnica para Sistemas de Alcantarillado de Aguas Residuales NB 688 la dotación media diaria es como sigue en la **tabla 1.3**

**Tabla 1.3**

ZONAS	DOTACIÓN MEDIA (l/hab/día)					
	POBLACIÓN					
	Hasta 500 hab	De 500 a 2000	De 2000 A 5000	De 5000 A 20000	De 2000 a 100000	Mas de 100000 hab
ALTIPLÁNICA	30-50	30-70	50-80	80-100	100-150	150-250
DE LOS VALLES	50-70	50-90	70-100	100-140	150-200	200-300
DE LOS LLANOS	70-90	70-100	90-120	120-180	200-250	250-350

Fuente: NB 688, 2001

## 1.6 Características físico - químico del agua

Las características físicas son en muchos casos relativamente fáciles de medir, algunas de las cuales se las puede observar fácilmente, a continuación dichas características:

1. *Temperatura.* Básicamente importante por su efecto en otras propiedades, por ejemplo, aceleración de reacciones químicas, reducción en la solubilidad de los gases, intensificación de sabores y olores, etc.
2. *Sabor y olor.* Debido a las impurezas disueltas, frecuentemente de naturaleza orgánica, por ejemplo, fenoles y clorofenoles. Son propiedades subjetivas que son difíciles de medir.
3. *Color.* Aun el agua pura no es incolora; tiene un tinte azul verdoso pálido en grandes volúmenes. Es necesario diferenciar entre el color verdadero debido al material en solución y el color aparente debido a la materia suspendida. El color amarillo natural en el agua de las cuencas altas se debe a ácidos orgánicos que no son de ninguna manera dañinos y que son similares al ácido tánico del té. Sin embargo, los consumidores rechazan el agua cuando está muy coloreada por razones estéticas y para ciertos usos industriales puede ser inaceptable, por ejemplo, la producción de papel artístico de alta calidad.
4. *Temperatura.* Básicamente importante por su efecto en otras propiedades, por ejemplo, aceleración de reacciones químicas, reducción en la solubilidad de los gases, intensificación de sabores y olores, etc.
5. *Sabor y olor.* Debido a las impurezas disueltas, frecuentemente de naturaleza orgánica, por ejemplo, fenoles y clorofenoles. Son propiedades subjetivas que son difíciles de medir.

6. *Color.* Aun el agua pura no es incolora; tiene un tinte azul verdoso pálido en grandes volúmenes. Es necesario diferenciar entre el color verdadero debido al material en solución y el color aparente debido a la materia suspendida. El color amarillo natural en el agua de las cuencas altas se debe a ácidos orgánicos que no son de ninguna manera dañinos y que son similares al ácido tánico del té. Sin embargo, los consumidores rechazan el agua cuando está muy coloreada por razones estéticas y para ciertos usos industriales puede ser inaceptable, por ejemplo, la producción de papel artístico de alta calidad.
7. *Turbidez.* La presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractiva y puede ser dañina. La turbiedad en el agua pueden causarla partículas de arcilla y limo, descargas de agua residual, desechos industriales o a la presencia de numerosos microorganismos.
8. *Sólidos.* Éstos pueden estar presentes en suspensión, en solución o ambos y se dividen en materia orgánica y materia inorgánica. Los sólidos disueltos totales (SDT) se deben a materiales solubles, mientras que los sólidos en suspensión (SS) son partículas discretas que se pueden medir al filtrar una muestra a través de un papel fino. Los sólidos sedimentables son aquellos removidos en un procedimiento estándar de sedimentación con el uso de un cilindro de 1 litro. Se determinan como la diferencia entre los SS en el sobrenadante y los SS originales en la muestra.
9. *Conductividad eléctrica (K).* La conductividad de una solución depende de la cantidad de sales disueltas presentes y para soluciones diluidas es aproximadamente proporcional al contenido de SDT.

En cuanto a las características químicas tienden a ser más específicas en su naturaleza que algunos de los parámetros físicos y por eso son más útiles para evaluar las propiedades de una muestra de inmediato.

En este punto es conveniente establecer algunas definiciones químicas básicas:

1. *pH.* La intensidad de acidez o alcalinidad se mide en la escala de pH, que en realidad mide la concentración de iones de hidrógeno presentes.
2. *Potencial oxido - reducción.* En cualquier sistema que experimenta oxidación hay un cambio continuo entre los materiales en la forma reducida y aquellos en la forma oxidada.
3. *Alcalinidad.* Es debida a la presencia de bicarbonato  $\text{HCO}_3^-$ , carbonato  $\text{CO}_3^{2-}$ , o hidróxido  $\text{OH}^-$ . La mayoría de la alcalinidad natural en las aguas la causa el  $\text{HCO}_3^-$  producido por la acción del agua subterránea en piedra caliza o yeso. La alcalinidad es útil en el agua natural y en las aguas residuales porque proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios en el pH. Normalmente se divide en alcalinidad cáustica, por encima del pH 8.2 y alcalinidad total, por encima del pH 4.5. La alcalinidad puede existir hasta un pH de 4.5 debido a que el  $\text{HCO}_3^-$  no se neutraliza completamente sino hasta que se alcanza este pH. La cantidad de alcalinidad presente se expresa en términos de  $\text{CaCO}_3$ .
4. *Acidez.* La mayoría de las aguas naturales y el agua residual doméstica son amortiguadas por un sistema de  $\text{CO}_2$  -  $\text{HCO}_3^-$ . El ácido carbónico  $\text{H}_2\text{CO}_3$  no se neutraliza totalmente hasta un pH de 8.2 y no disminuye el pH por debajo de 4.5. Así, la acidez del  $\text{CO}_2$  ocurre dentro de un pH de 8.2 a 4.5, la acidez mineral (casi siempre debida a desechos industriales) se presenta por debajo de un pH de 4.5. La acidez se expresa en términos de  $\text{CaCO}_3$ .
5. *Dureza.* Es la propiedad del agua que evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua caliente. Es debida principalmente a los iones metálicos  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  aunque también son responsables  $\text{Fe}^{++}$  y  $\text{Sr}^{++}$ . No representa riesgo para la salud, pero las desventajas económicas del agua dura incluyen un consumo excesivo de jabón y costos más altos de combustible. La dureza se expresa en términos de  $\text{CaCO}_3$ .

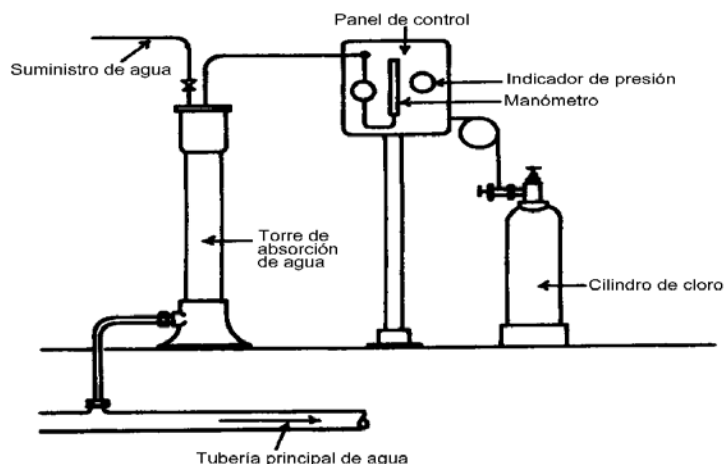
6. **Demanda de oxígeno.** Los compuestos orgánicos por lo regular son inestables y pueden oxidarse biológica o químicamente para obtener productos finales estables, relativamente inertes, tales como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . La indicación del contenido orgánico de un desecho se obtiene al medir la cantidad de que se requiere para su estabilización.
- a) **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).** Mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos mientras descomponen la materia orgánica.
  - b) **Valor de permanganato (VP).** Es la oxidación química que usa una solución de permanganato de potasio.
  - c) **Demanda química de oxígeno (DQO).** La oxidación química que usa una mezcla hirviendo de dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado.
7. **Cloruro.** Responsable por el sabor salobre en el agua, es un indicador de posible contaminación del agua residual debido al contenido de cloruro de la orina. El sabor del  $\text{Cl}^-$  se hace presente con 250-500 mg/l, aunque una concentración hasta de 1500 mg/l es poco probable que sea dañina para consumidores en buen estado de salud. Las aguas residuales industriales tienen también otras características químicas especializadas que se pueden evaluar, por ejemplo, la presencia de metales tóxicos, cianuro, fenoles, grasas y aceites, etcétera.

## 1.7 Esterilización del agua

A fin de obtener grandes cantidades de agua para consumo humano se requiere la esterilización para eliminar las bacterias dañinas.

El cloro, debido a su gran eficiencia cuando se usa en cantidades pequeñas, es el reactivo mas común para esterilizar el agua. Su acción germicida en pequeñas dosis se debe a la destrucción de enzimas necesarias para la existencia de microorganismos. También posee considerable poder oxidante, lo que favorece la destrucción de materia orgánica. La dosis de cloro está regulada estrictamente, de modo que haya suficiente cantidad para exterminar cualquier bacteria presente sin que el agua adquiera un sabor desagradable.

El cloro se almacena en forma de gas en cilindros de acero desde los cuales se inyecta al agua mediante equipo automático. En la **figura 1.2** se muestran detalles de una planta de cloración que inyecta automáticamente la cantidad correcta de cloro a una tubería principal de agua.



Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

**Fig. 1.2** Esquema de una planta de cloración

## 1.8 Ablandamiento del agua

Las aguas duras no son adecuadas para instalaciones domésticas porque para producir espuma se requiere más jabón que cuando se usa agua blanda.

El término "dureza" se refiere a la dificultad de obtener espuma con jabón.

El agua de dureza permanente puede ablandarse con carbonato de sodio, que produce la precipitación del carbonato de calcio, dejando una solución de sulfato de sodio soluble.

El agua temporalmente dura se ablanda usando cal apagada, que absorbe el bióxido de carbono del bicarbonato presente en el agua y provoca la precipitación de carbonato insoluble y la eliminación de la dureza temporal. La cal apagada se usa junto con carbonato de sodio en lo que se denomina *método de ablandamiento del agua* por el proceso cal - sosa.

---

## 1.9 Otras impurezas

El amoníaco albuminoide indica la existencia de materia orgánica sin descomponer y proporciona al agua un sabor y olor desagradables. Los nitritos constituyen un peligro especial, ya que indican la presencia de contaminación orgánica. En el proceso de oxidación de la materia orgánica, los nitritos representan la etapa de transición entre amoníaco y nitratos.

Los nitratos significan contaminación pasada y su presencia sin nitritos indica que la materia orgánica se ha oxidado por completo.

En determinadas cuentas la calidad del agua para consumo humano debe estar libre de bacterias dañinas y materia en suspensión; debe ser incolora, de sabor agradable y, por razones de salud, moderadamente dura.

---

## 1.10 Filtración del agua

El objetivo básico de la filtración es separar las partículas y microorganismos objetables, que no han quedado retenidos en los procesos de coagulación y sedimentación. En consecuencia el trabajo que los filtros desempeñan, depende directamente de la mayor o menor eficiencia de los procesos preparatorios.

Aquí describiremos tres tipos de filtración: filtros de arena de acción lenta, filtros a presión y filtros domésticos.

---

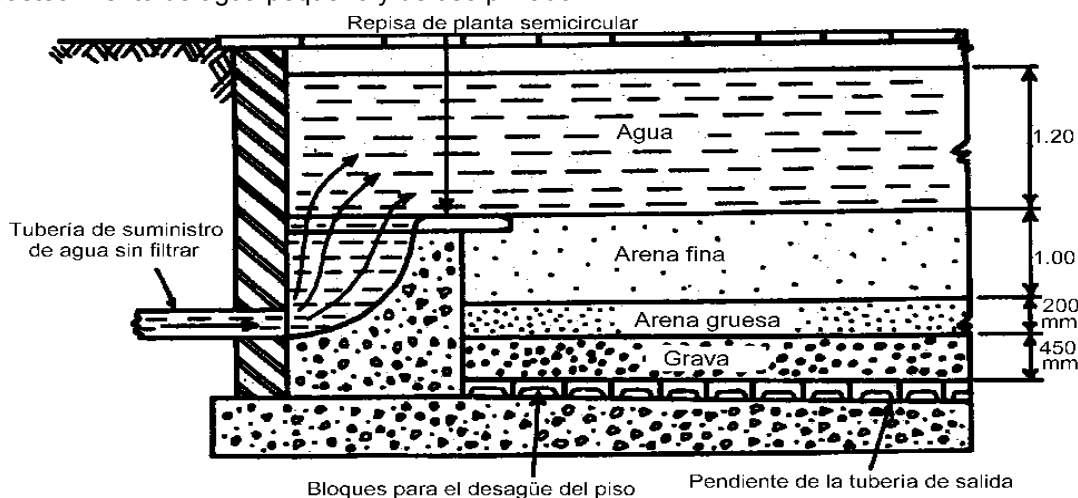
### 1.10.1 Filtros de arena de acción lenta

La forma más simple de filtro es aquella en que el agua pasa por efecto de la fuerza de gravedad a través de capas de arena y grava (véase la **figura 1.3**). Cuando el filtro se usa por primera vez, actúa como un colador al retirar la materia suspendida, pero sin eliminar las bacterias dañinas. Sin embargo, con el tiempo se forma materia coloidal en los intersticios de los granos de arena.

Esta película gelatinosa impide el paso de bacterias dañinas, pero gradualmente reduce el paso de agua hasta un punto en que se vuelve necesario retirar los sedimentos acumulados. En el proceso se elimina cierta cantidad de arena, por lo que es indispensable colocar más.

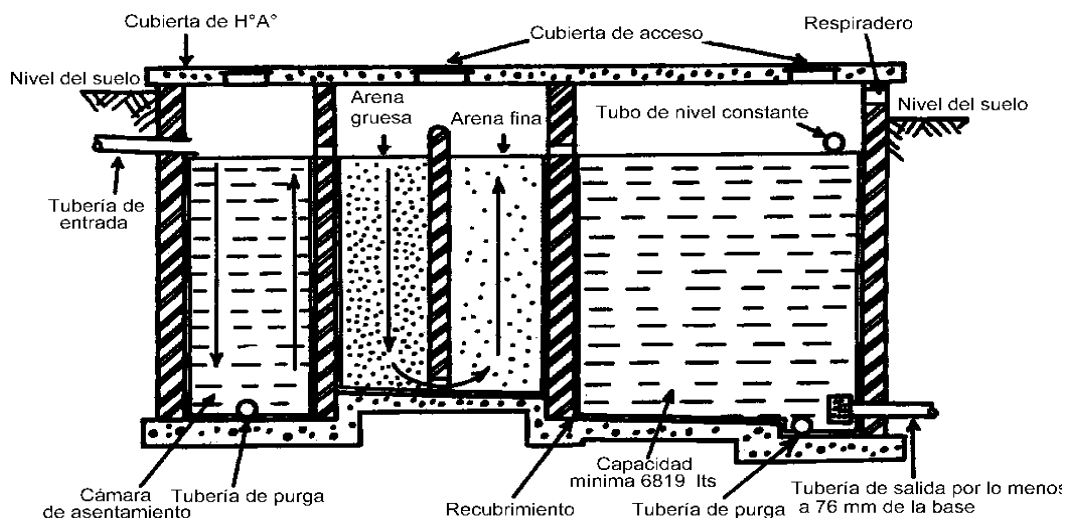


En la **figura 1.4** se muestran un filtro y una cisterna de almacenamiento idóneos para un sistema de abastecimiento de agua pequeño y de uso privado.



Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

**Fig.1.3** Corte longitudinal de un filtro de acción lenta.



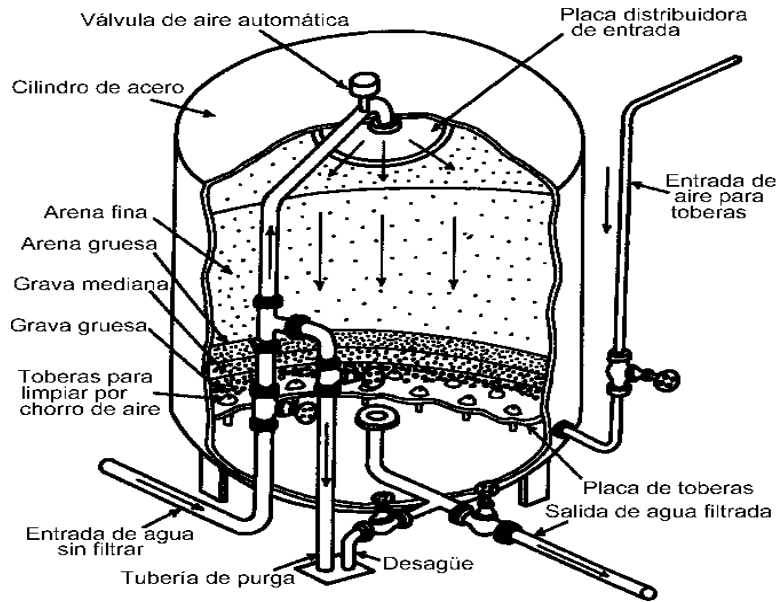
Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

**Fig. 1.4** Filtro de arena de acción lenta de un pequeño sistema de suministro de agua de uso privado, para una capacidad mínima de 6820 lts.

### 1.10.2 Filtros a presión

Se componen de cilindros de acero con el fondo lleno de grava y el resto de arena (véase la **figura 1.5**). El agua entra por la parte superior y es captada en una placa perforada en el fondo, la cual cuenta con un tubo de salida. El principio de operación es el mismo que el filtro por gravedad o de arena de acción lenta, pero como el agua que entra lo hace a presión, el proceso de filtración es mucho más rápido. La eficiencia del filtro aumenta al agregar una pequeña dosis de sulfato de aluminio al agua de entrada, el cual forma una película gelatinosa en la parte superior de la arena. La arena es limpiada por corrientes de agua limpia y lavada con aire comprimido.

El cilindro puede medir hasta 2.7 m de diámetro y la razón de filtración puede alcanzar hasta 12 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> de superficie horizontal por hora.



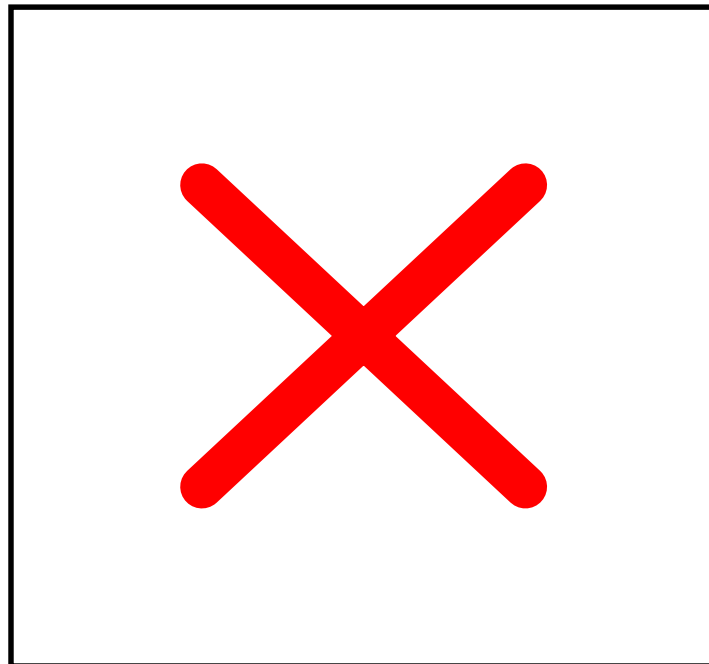
Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 1.5 Filtro a presión de tipo vertical

### 1.10.3 Filtros domésticos

El filtro consta de un cilindro de porcelana porosa sin vitrificar (o granalla de carbón activado) a través del cual fluye el agua por filtrar. El filtro se limpia periódicamente con agua hirviendo y se impregna con una solución de nitrato de plata, que tiene un efecto esterilizador sobre el agua. Para pasar volúmenes mayores de agua es posible obtener filtros en baterías contenidas en un cilindro.

Los tipos que se muestran en la **figura 1.6** se pueden conectar a cualquier grifo de salida de agua potable.



Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 1.6 Filtros domésticos.