

La limpieza, por sí sola, no elimina las bacterias nocivas; se requiere por tanto de la desinfección, que se efectúa introduciendo en la tubería por su extremo superior y mediante bombas de diafragma o émbolo, una solución de cloro (hipoclorito cálcico, cal clorada o hipoclorito sódico). La cantidad que se vierta debe ser suficiente para que la solución de cloro y agua presente un residuo de por lo menos 10 mg de cloro/litro después de 24 horas de contacto entre la solución y el interior de la tubería. Si el agua tiene un pH elevado o la tubería presenta excesiva suciedad, se requieren tiempos mayores, es decir, de 48 a 72 horas, o concentraciones de cloro superiores (50 a 100 mg/l).

Para obtener en el tubo un residuo de cloro de 10 mg/l (10 ppm), después de un tiempo de contacto de 24 horas, es necesaria una dosis de cloro de 25 mg/l (25 ppm). Las cantidades de hipoclorito o cal clorada y agua, necesarias para preparar una solución de cloro al 1%, (10 000 ppm) se indican en el cuadro 3.10.

La desinfección debe realizarse en los siguientes casos:

- Instalación de tuberías nuevas, extensiones o ampliaciones de la red de distribución interna de la industria.
- Después de una reparación o corte en una tubería ya existente.

La tubería debe llenarse completamente con la solución de cloro, de tal manera que se garantice que todas las partes de los tubos, válvulas y conexiones estén en contacto con el desinfectante durante 24 horas o más. Al término de este tiempo, las muestras de agua tomadas en el extremo final de la tubería deben contener un residuo mínimo de cloro de 10 mg/l (10 ppm).

Cuadro 3.10

Proporciones para preparar una solución de cloro al 1%

Sustancia	Cantidad de la sustancia	Cantidad de agua, m ³
Hipoclorito de calcio (60% de Cl)	1 kg	0.060
Hipoclorito de sodio (10% de Cl)	0.001 m ³	0.009
Cal clorada (30% de Cl)	1 kg	0.030

Fuente: *Higiene del medio*. Tomo I. Instituto Cubano del Libro.

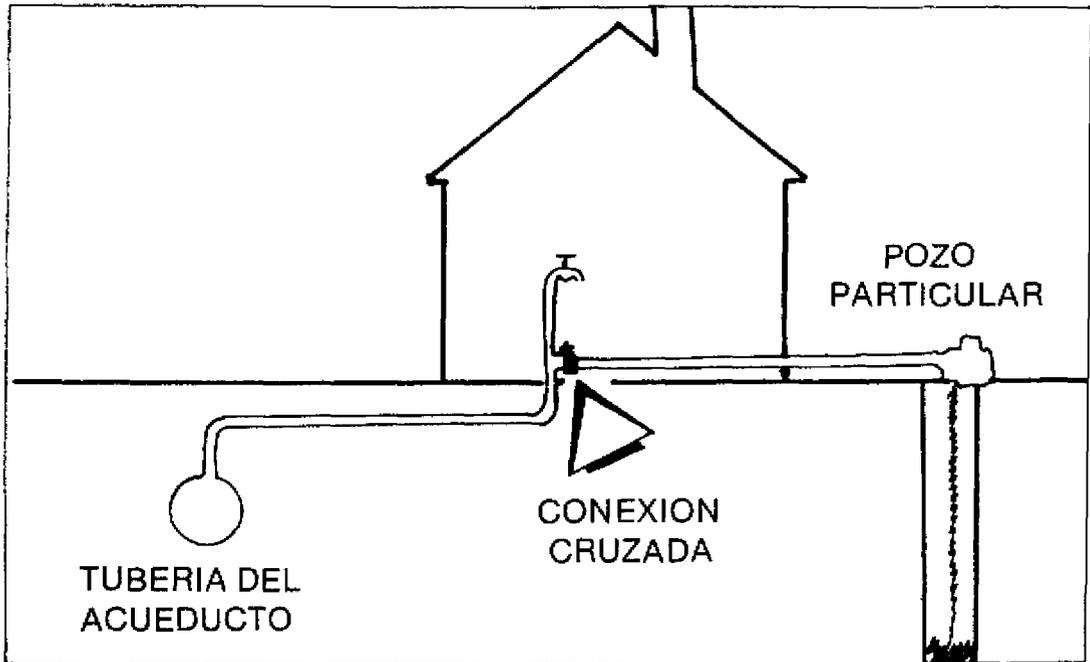
Conexiones cruzadas

Uno de los mayores defectos en la red de distribución, dentro de los predios de una industria, lo constituyen las conexiones físicas a corrientes de agua de potabilidad insegura, dudosa o nula; o una disposición tal que permita al agua sucia o a la de otras fuentes que se utilizan únicamente en casos de urgencia —como sistemas contra incendio, lagos, pozos o ríos, de los cuales se toma sin purificar— mezclarse con la destinada al consumo humano.

Enseguida se explican las formas de conexión más frecuentes:

- Conexiones defectuosas producidas por industrias que utilizan, tanto el sistema de abastecimiento público de agua, como el de una fuente privada, y hacen uso de este último cuando falla el primero o en casos de emergencia. Generalmente ambos sistemas están intercomunicados y la única separación consiste en una válvula de compuerta o de retención —a veces por ambas— para evitar que el líquido de suministro privado penetre en las tuberías para la distribución del agua de consumo. Es necesario advertir que con el tiempo estas válvulas se deterioran y no debe confiarse en ellas como método de protección, pues cuando la presión en las tuberías de agua potable es baja o inferior a las de la fuente privada, el agua de este sistema pasará a través de las válvulas defectuosas y puede presentarse contaminación (figura 3.1).

Figura 3.1 Conexión cruzada



- Conexión directa al sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, con objeto de cebar una bomba.
- Conexiones entre el sistema de alcantarillado y la red de distribución de agua potable. La disposición de alcantarillas por encima y demasiado próximas a las tuberías de agua potable, puede ocasionar situaciones de peligro, pues la presencia de escapes en las tuberías de agua potable, así como condiciones de presión baja o negativa en éstas, pueden permitir la introducción de las aguas residuales que se han infiltrado en el suelo.

Por ningún motivo debe permitirse la instalación de tuberías de agua potable y de aguas negras en la misma zanja, ya que, en caso de producirse un daño en la red de conducción, se haría necesario excavar, con lo cual podrían ocasionarse rupturas en el sistema de alcantarillado, inundación de la zanja y contaminación de la tubería y del agua para consumo humano.

Contraflujo (retrosifonaje)

El contraflujo consiste en la entrada, por contracorriente, de líquido no potable en un sistema de distribución de agua para consumo humano (para mayor detalle ver capítulo 5).

Almacenamiento de agua en la industria

El almacenamiento de agua tiene varios objetivos:

- Garantizar permanentemente y en todo momento la continuidad del suministro, en la cantidad necesaria para el consumo.
- Mejorar las condiciones de presión del agua en la red de distribución.
- Disponer de reservas, para atender demandas superiores al consumo promedio (diario o por hora) y de emergencia (casos de incendio).
- Compensar el suministro y la demanda de agua, durante los periodos prolongados de alto consumo.

Tanques de almacenamiento

Según la localización de los tanques de almacenamiento en el sistema de abastecimiento de agua, éstos pueden ser alimentadores o comprensadores y, por su ubicación en el terreno, se clasifican en tanques enterrados, semienterrados y elevados. Pueden construirse con ladrillo, madera, acero y hormigón, y presentan las siguientes características:

Tanques de alimentación

- Toda el agua que se conduce por la red de distribución, la suministra un tanque. Deben calcularse con precisión las tuberías principales que salen del tanque, a fin de satisfacer la máxima demanda por hora solicitada. Asimismo, es necesario determinar convenientemente las dimensiones de las tuberías de alimentación del tanque, para que esté en aptitud de cumplir la máxima demanda diaria.
- Pueden presentarse diariamente variaciones grandes de presión en la red de distribución.
- Cuando ocurren roturas e interrupciones en la red, la continuidad en la distribución de agua no está garantizada (una sola entrada).
- Permiten que las bombas trabajen contra una carga constante, en el caso de conducción del agua por bombeo.

Tanques de compensación

- El agua va directamente a la red de distribución y, los volúmenes no consumidos, al tanque.
- Las tuberías principales de la red son más pequeñas.
- En las horas de consumo mínimo pasan por las tuberías los volúmenes requeridos y los caudales destinados a su almacenamiento en el tanque.
- Las presiones en la red se mantienen más uniformes.
- Cuando ocurren roturas o interrupciones en la red, puede garantizarse la continuidad del flujo de agua (alimentación por los dos extremos) pero, en la práctica, dependiendo de la calidad de las válvulas de cierre empleadas, esta situación puede causar más daños que beneficios.

En muchos casos, la configuración clásica de una estación de bombeo que suministra flujo a un tanque elevado, el cual, a su vez, abastece a una red de distribución, puede sustituirse con grandes ventajas por una estación de bombeo cuyas bombas presenten curvas características (Q.H) planas y estén conectadas directamente a la red de distribución.

Capacidad del tanque

Todo establecimiento debe estar provisto de uno o varios tanques de almacenamiento, para asegurar el continuo suministro de agua en forma y condi-

ciones sanitarias aceptables. Los tanques pueden instalarse en la parte baja de la edificación, semienterrados, subterráneos, en los pisos intermedios, sobre el edificio o elevados.

La capacidad del tanque de almacenamiento corresponderá al mayor valor de las siguientes alternativas:

- El tope del consumo medio diario total.
- El caudal de la toma contra incendio durante dos horas, más 25% del caudal correspondiente al consumo total medio en el turno de trabajo.

En caso de emplear una combinación de tanque enterrado, bombas de elevación y tanque alto, la capacidad del primero no debe ser inferior a las tres cuartas partes del consumo diario total, y la del segundo no menor a la mitad de este consumo.

Requisitos que deben cubrir los tanques

Los tanques de almacenamiento de agua para consumo, deben reunir las siguientes condiciones:

- Estar elaborados en material inoxidable, no tóxico, de fácil limpieza, resistente e impermeable.
- Tener capacidad de almacenamiento y ubicación adecuada para suministrar el volumen de agua y la presión suficiente. Los centros de trabajo que no tengan conexión con los servicios públicos de agua potable, deberán contar con un depósito para almacenamiento diario en cantidad no menor de 100 litros por trabajador, el cual debe ser independiente de la reserva de agua contra incendio.
- Estar protegidos contra inundaciones, aguas del subsuelo y alcantarillas.
- Construirse, si son subterráneos o semienterrados, de concreto armado, la boca de inspección debe sobresalir 30 cm mínimo del nivel del suelo, y estar ubicada en un cuarto con cerradura, situándose lejos de muros medianeros y alcantarillas, a la distancia mínima de un metro.
- Tener, además de las tuberías de conducción de agua de entrada y de toma, una para rebosamiento, protegida contra la entrada de insectos, una de desagüe, una boca de inspección y un mecanismo automático de control. La abertura para la tubería de entrada del agua al tanque se situará a una distancia no inferior a 10 cm sobre la de rebosamiento, a fin de permitir la caída libre del líquido.
- Contar con la tubería de desagüe de un diámetro adecuado a la capacidad del tanque, según se indica en el cuadro 3.11.

Cuadro 3.11**Diámetro de tuberías de desagüe para diversas capacidades de tanque**

Capacidad del tanque (m ³)	Diámetro de la tubería de desagüe (cm)
Hasta 3	2.54
3.001 a 6	3.81
6.001 a 12	5.08
12.001 a 20	6.35
20.001 a 30	7.62
Mayor de 30	10.16

- Disponer, en la tubería de conducción y entrada de agua al tanque, de un diámetro tal que suministre el consumo total diario de agua en un tiempo no mayor de cuatro horas, y estar provista además, de una llave de paso.
- Contar con dos compartimientos que se puedan limpiar y reparar sin interrumpir el servicio, especialmente en tanques cuyo contenido útil sea superior a 80 m³. Los tanques elevados incluirán un pasillo alrededor, para su control, de 0.75 m de ancho, por lo menos.
- Estar provistos de salidas de fondo y una superior, en cada compartimiento.
- Mostrar un declive de 1:50 a 1:100 en el fondo del tanque, hacia el sumidero de desagüe.
- Estar cubiertos y provistos de registros de inspección.
- Guardar una distancia entre el nivel del tanque lleno y el borde de la estructura de la cubierta, de 30 cm como mínimo.
- Exhibir una pendiente en la cubierta, de aproximadamente 1:100, para la ventilación.
- Instalar la tubería para bombeo de agua desde un tanque enterrado hacia uno elevado, independientemente de la tubería para distribución, y del

diametro adecuado para llenar el tanque elevado en un máximo de dos horas.

- Efectuar el control de los niveles de agua en los tanques, mediante interruptores automáticos que aseguren:
 - El arranque de la bomba, cuando el nivel de agua en el tanque elevado descienda a la mitad de su altura.
 - La detención de la bomba, cuando el nivel del agua en el tanque elevado llegue al nivel máximo.
 - La detención de la bomba cuando el nivel de agua en el tanque enterrado descienda hasta 15 cm por encima de la parte más alta del fondo.
- Limpiar cada tanque periódicamente.
- Desinfectarlos después de su instalación, de su reparación o de su limpieza.

Procedimiento para la desinfección de tanques de almacenamiento de agua:

- Extraer el agua y limpiar los tanques.
- Aplicar, a las paredes y al fondo, una solución de hipoclorito de calcio o sodio de 100 mg/l de cloro.
- Llenar el tanque con agua y añadir cloro en la proporción de 50 mg/l.
- Dejar la solución en el tanque por espacio de doce horas.
- Derivar el agua proveniente del lavado, del desagüe o del rebosamiento de los tanques, al sistema de alcantarillado público.

CONTROL DE OPERACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

Es imprescindible que los sistemas de producción y distribución de agua sean controlados, con base en un sistema permanente que incluya medición de caudales, presiones y niveles de agua.

Los medidores de caudales deben instalarse en tal forma que midan, por lo menos, toda el agua suministrada internamente y abastecida por la red pública de distribución. En sistemas más complejos, puede requerirse medir caudales en tuberías de alimentación de tanques de almacenamiento de

agua y en otros puntos considerados de importancia para el control operacional y estadístico del sistema.

Los medidores de presión se colocan de acuerdo con los requisitos del sistema de abastecimiento, en puntos claves de la red de distribución, como son los de descarga y succión de bombas.

Finalmente, debe haber medidores de nivel de agua en todos los tanques de almacenamiento.

TRANSPORTE DE AGUA EN CARROS TANQUE

Los carros tanque para el transporte de agua pueden llevar una bomba manual, o una hidráulica, con capacidad aproximada de 250 litros.

Independientemente del modelo y tamaño de los carros tanque, se deben observar las siguientes condiciones de higiene:

- El tanque debe construirse de material inoxidable, no tóxico y liso.
- El diseño debe facilitar un desagüe completo, para evitar sedimentos, y las esquinas serán redondeadas.
- Los rebosaderos y los orificios de ventilación deben situar su extremo terminal de tal manera que sea imposible la aspiración o entrada directa al tanque de los gases de escape del vehículo.
- Las válvulas de entrada y de salida del tanque deben ser autoobturantes, sin retroceso posible, y provistas de tapones que las cierren cuando el vehículo no se encuentre en funcionamiento.
- Las mangueras se construirán de material no tóxico, impermeable y resistente, que no deje sabor alguno en el agua. Cuando no se empleen, se protegerán de la contaminación por medio de una cubierta o por inmersión en un depósito que contenga agua hipoclorada.
- Las tapas del tanque deben cerrar herméticamente, para impedir la entrada de polvo u otros contaminantes.
- El carro tanque no debe utilizarse para el transporte de otras sustancias (combustibles, plaguicidas, productos químicos y otros).
- Tampoco debe dejarse sin vigilancia, a fin de evitar que el agua pueda contaminarse accidental o intencionalmente.

- El tanque debe desinfectarse con cloro antes de iniciar su utilización en el transporte de agua y después, con una periodicidad mensual mínima. Conviene llenarlo una vez por semana con 50 mg/l de solución de cloro residual, que se deja en el depósito cuando menos durante 30 minutos. Posteriormente se vacía el depósito con la manguera y no por la válvula de desagüe, y después se enjuaga el tanque con agua potable.

Es asimismo conveniente fregar una vez al mes el interior del tanque, a fin de eliminar adherencias, para lo cual se emplea un cepillo de cerdas duras humedecido varias veces en una solución fuerte de hipoclorito. Después se lava el tanque con agua limpia y se repite el tratamiento con el cloro residual mencionando.

- El tanque se lava exteriormente todos los días.
- La fuente de la cual se obtiene el líquido debe contar con aprobación de la autoridad sanitaria y suministrar agua de calidad apta para consumo humano.
- El sistema de llenado y descarga de agua debe efectuarse por tuberías y de manera que no permita su contaminación.
- El personal que transporta agua está considerado como manipulador de alimentos, y estará sujeto a un control que incluya examen médico de ingreso al trabajo y periódicos posteriores, para detectar cualquier enfermedad transmisible. Debe contar, además, con instrucción básica sobre la manipulación adecuada del agua potable.
- La firma transportadora de agua para consumo, deberá obtener autorización especial de la autoridad sanitaria.

TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Aireación

Es el proceso por medio del cual:

- Se reducen el sabor y el olor desagradables provenientes de algas, de la descomposición de materias orgánicas y de compuestos de hierro y manganeso.
- Se reducen gases como anhídrido carbónico (CO_2), ácido sulfhídrico H_2S , anhídrido sulfuroso (SO_2), y parte de cloro.
- Se agrega oxígeno (O_2) para precipitar compuestos (óxidos).

Coagulación

Se practica cuando el agua contiene partículas finamente divididas (coloides), empleándose al efecto sustancias químicas que se le agregan para ocasionar una mayor remoción de las partículas suspendidas, con lo que se reducen los periodos de retención del agua en los tanques sedimentadores.

Los principales coagulantes empleados son el sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), las sales de hierro (sulfato ferroso — $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ —) y cloruro férrico (— FeCl_3 — y polielectrolitos, ayudantes de coagulación, generalmente de origen orgánico).

Entre los factores que regulan la coagulación destacan: la clase del coagulante, la cantidad del mismo, la concentración y las particularidades de color y turbiedad del agua, las características químicas de la misma, la concentración de ion hidrógeno en el agua, la velocidad de la agitación para incrementar el tamaño del flóculo y el tiempo de contacto entre éste y las partículas que contiene el agua.

La coagulación aumenta considerablemente el proceso de sedimentación y mejora la calidad del agua, al reducir la turbiedad, las bacterias, el color, las sustancias orgánicas y elementos como el hierro y el manganeso.

Sedimentación.

Consiste en el asentamiento, por gravedad, de las partículas sólidas contenidas en el agua. Se emplea para eliminar partículas sólidas pesadas, como arena y otros minerales en suspensión, de gran velocidad de sedimentación y se logra al disminuir la velocidad del agua o al mantenerla en reposo dentro de tanques de sedimentación o decantadores. La velocidad de sedimentación de las partículas depende de su tamaño, forma y peso, así como de la densidad y viscosidad del agua. Mientras mayor sea el tiempo de reposo, mayores serán los efectos de la sedimentación, con lo cual disminuye no sólo la turbiedad, sino también mejora la calidad del agua, por la acción del aire y de los rayos solares.

Filtración

Consiste en la separación de la materia suspendida en el agua, mediante el paso de ésta a través de un medio poroso, generalmente arena o antracita; comúnmente se aplica después de la sedimentación.

Existen dos tipos de filtración: lenta y rápida; en la primera, con una velocidad de circulación baja, el agua atraviesa una capa de arena en la que se han

desarrollado condiciones favorables para una acción biológica, la cual actúa a medida que se desarrollen alrededor de las partículas de arena colonias de organismos microscópicos y algunas bacterias del agua. Estos organismos remueven las impurezas orgánicas y las bacterias patógenas, y oxidan compuestos nitrogenados. El desarrollo de estos organismos se lleva a cabo en la superficie de la capa de arena y alcanza como máximo una profundidad de dos a tres centímetros.

Para este filtrado se utilizan unidades rectangulares compuestas de:

- Una capa de arena con espesor de 0.5 a un metro y un tamaño de grano de 0.25 a 0.35 mm.
- Una capa de piedra picada, como soporte, de 30 cm de espesor aproximadamente.
- Un sistema de drenaje.

Para la limpieza del filtro, éste se vacía, se retira la capa superior de arena y después se rellena el filtro con arena. Actualmente se utilizan dispositivos hidráulicos.

Para la filtración rápida se requiere de agua pretratada, especialmente mediante sedimentación y coagulación. Los filtros rápidos pueden estar compuestos de arena natural, carbón de antracita triturado y magnetita triturada. Las dimensiones de grano para arena filtrante son del orden de 0.45 mm en adelante.

La filtración rápida ofrece un superior rendimiento, ocupa un área menor en las instalaciones y permite un mayor aprovechamiento de aguas de calidades inferiores (véase cuadro 3.12).

Desinfección

Es el proceso para el tratamiento del agua, que tiene por objeto la destrucción selectiva y específica de los agentes patógenos capaces de difundir o transmitir infecciones, con la aplicación directa de medios químicos o físicos, aunque no todos los organismos se destruyan durante este proceso.

Los factores que influyen en la acción del desinfectante son:

- Naturaleza, condición y concentración de los organismos que deben eliminarse.

Cuadro 3.12

Comparación entre los filtros lentos y los filtros rápidos

Características	Filtros lentos	Filtros rápidos
Reducción de bacterias	Más del 50%	90% a 99.8%
Reducción del color	Poca (30%)	Grande
Reducción de turbiedad	Grande	Grande
Remoción del olor	Grande	Poca
Remoción del sabor	Grande	Poca

Fuente: *Higiene del Medio*. Tomo I. Instituto Cubano del Libro. La Habana, 1974.

- Naturaleza, distribución y concentración del agente desinfectante utilizado, y de los productos de reacción que se forman en el agua que se va a tratar.
- La temperatura a la cual se producirá la desinfección, pues, mientras más alta sea, más rápida será la destrucción.
- La acidez o alcalinidad del agua.
- El tiempo de contacto o de acción entre el desinfectante y los organismos.

El desinfectante debe reunir ciertas características:

- Producir una acción inmediata.
- Poseer una acción residual por determinado tiempo, que evite la posible recontramación del agua antes de que se utilice.
- No alterar las características del agua, especialmente sabor y olor.
- No ser tóxico para el hombre ni para los animales domésticos, en las concentraciones requeridas para la desinfección.
- Ser de costo razonable, así como seguro y fácil de almacenar, transportar, manipular y aplicar.
- Determinar fácil y rápidamente su concentración en el agua tratada.

Desinfectantes físicos

Calor

Se utiliza para desinfectar pequeñas cantidades del agua necesaria para usos de emergencia o domésticos, especialmente en el área rural. Este método constiuye una práctica segura y recomendable cuando hay dudas sobre su potabilidad, y se efectúa mediante la ebullición del agua durante 15 a 20 minutos. Posteriormente a la desinfección, es necesario su enfriamiento y aireación para mejorar su sabor, pero debe subrayarse que esto puede causar contaminación nuevamente.

Rayos ultravioleta

Son radiaciones con longitudes de onda comprendidas entre 900 a 3 800 Å que penetran en el agua y actúan directamente sobre los organismos. La fuente más común de luz ultravioleta es la lámpara de vapor de mercurio. Exposiciones a rayos ultravioleta con intensidad de 3 000, 1 500 y 750 mw/seg/cm² sobre *Escherichia coli*, producen una mortalidad en ésta situada entre 90 y 99.99%. Los rayos ultravioleta no alteran el sabor del agua, como en el caso de la ebullición, pero no proporcionan seguridad tan completa debido a que carecen de acción residual y hay dificultades para controlar su actividad.

Desinfectantes químicos

Productos oxidantes. Entre ellos se encuentran halógenos como cloro, bromo, yodo, ozono y otros oxidantes, por ejemplo permanganato de potasio y peróxido de hidrógeno. De los desinfectantes químicos, el cloro es el producto más utilizado para la desinfección del agua. Presenta las ventajas siguientes: acción efectiva, fácil aplicación bajo costo, efecto inocuo para el hombre en las dosis utilizadas para la desinfección y facilidad para mantener una cantidad residual en la red de distribución. El ozono es un desinfectante eficiente, pero es costoso y no lo suficientemente persistente.

Iones metálicos. Plata y cobre

Alcalis y ácidos. Empleo del cloro. Los productos utilizados son cloro gaseoso o líquido, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio. Las relaciones entre tiempo de contacto, concentración del desinfectante, pH y temperatura del agua bajo desinfección, sobre la mortalidad de gérmenes patógenos, se observa en el cuadro 3.13.

La aplicación del cloro se efectúa en las siguientes formas:

- Gas cloro, en cilindros bajo presión y mediante equipos especiales, como los cloradores de Wallace, Tiernan, Builders y Patterson.
- Hipoclorito de calcio o de sodio, los cuales contienen de 47 a 70% de cloro libre disponible.
- Cloraminas (monocloraminas $\text{—NH}_2\text{Cl—}$ dicloroammina NHCl_2 , tricloruro de nitrógeno —NCl_2 y cloroaminas orgánicas).

Las dosis de cloro que se aplique debe regularse para que deje un residuo mínimo de 0.2 a 1 ppm en cualquier punto de la red de distribución de agua potable. Por lo general, se aplica después de filtrada el agua. El cuadro 3.13 señala la cantidad de hipoclorito que es necesario añadir a un volumen determinado de agua, para obtener una concentración residual de 1 ppm de cloro.

Cuadro 3.13

Cantidad de hipoclorito necesaria para obtener 1 ppm de cloro

Volumen de agua a clorar m ³	Cantidad de hipoclorito necesario para obtener 1 ppm de cloro, g	
	Hipoclorito de 47%	Hipoclorito de 60%
1	2	1.7
2	4	3.3
3	6	5.0
3.7	7.5	6.2
7.5	15.0	12.5
9.4	18.7	15.7
11.3	22.5	18.8
13.2	26.2	22.0
15.1	30.0	25.2
18.8	37.5	31.3
37.6	75.0	62.7

Fuente: *Higiene del Medio*. Tomo I. Instituto Cubano del Libro. La Habana, 1974.

Cuadro 3.14

Cantidad de cloro y de solución al 1% requeridas para llevar 100 m de tubería con una solución de 15 mg/l (25 ppm) de cloro al 100%

Diámetro, mm	Volumen en 100 mm ³	Cantidad en cloro a 100% Kg	Cantidad de solución al 1% m ³
100	0.785	0.02	0.002
150	1.767	0.04	0.004
200	3.142	0.08	0.008
250	4.909	0.12	0.012
300	7,069	0.17	0.017

Fuente: *Higiene del Medio. Tomo I. Instituto Cubano del Libro.*

Cuadro 3.15

Dosis de cloro libre requerida para matar E. coli y E. typhosa en función del pH y la temperatura del agua

Organismo	PH	Dosis de cloro libre PPM	Temperatura °C	Tiempo para matar el 100% Minutos
E. coli	7	0.05	20 - 25	1
E. coli	7	0.04	2 - 5	3
E. coli	8.5	0.07	20 - 25	10
E. coli	8.5	0.07	2 - 5	20
E. coli	9.8	0.15	20 - 25	10 - 20
E. coli	9.8	0.72	2 - 5	10 - 20
Eberthella typhosa	7.0	0.06	20 - 25	10
Eberthella typhosa	7.0	0.08	2 - 5	10
Eberthella typhosa	9.8	0.16	20 - 25	10
Eberthella typhosa	9.8	0.4-0.74	2 - 5	10

Fuente: *Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. Francisco Unda Opazo, México, 1969.*

Cuadro 3.16

Materiales de las tuberías

Clase de material	Ventajas	Desventajas
Hierro fundido	Resistente a la corrosión	A veces la corrosión afecta la capacidad de conducción, lo que ocasiona pérdidas de presión y costosas labores de limpieza.
Hierro fundido recubierto con cemento Acero	Resistente a la corrosión Larga vida Empleado para redes de tubos, grandes conducciones y sifones invertidos. De gran resistencia a presiones altas. Más baratos, más fáciles de construir que los de hierro fundido.	Dificultad para hacer los empalmes. No apropiados para cargas externas altas. Mayor susceptibilidad a la corrosión. Elevados costos de mantenimiento.
Hormigón	No sufre tuberculización, o sea que el tubo permanece liso.	Permite filtración de agua hacia el interior o el exterior.
Asbesto cemento o fibrocemento	Resistente a la acción de los suelos ordinarios, ácidos, sales. No es conductor de electricidad. No le afecta la hidrólisis. No sufre tuberculizaciones. Menor costo de instalación y empalme. No se reduce su capacidad de transporte de agua con el tiempo	Posible contaminación del agua con fibras de asbesto.

(Continúa)

(Continuación)

Clase de material	Ventajas	Desventajas
Plástico	Empleado para suministro de agua pública y doméstico. Más económico que el cobre. Más fácil de instalar y de larga duración. Para agua fría: Resistente a los efectos de cloro residual y a los procesos de desinfección del agua, del aire y del suelo.	Sujeto al ataque de ratas. Se requiere procedimientos especiales para las uniones.
Plomo		No es recomendable para conducir agua para consumo humano, ya que ocasiona envenenamientos por plomo, debido a la contaminación de las aguas con este metal. Las que absorben más plomo son las blancas o ácidas.