

## ¿Qué producto elegir?

Cuando se pueda disponer fácilmente de los tres productos, la elección se hará entre el cloro gaseoso (el más económico, aunque también el más peligroso) y la lejía (la más fácil de utilizar en pequeñas instalaciones).

Cuando el producto sea importado, la elección recaerá en el cloro gaseoso, cuando la reglamentación sobre el transporte así lo permita; o sobre el hipoclorito de calcio.

Debido a la pequeña concentración de producto activo, el transporte de lejía a largas distancias no resulta económicamente rentable.

## Ejemplos de la puesta en marcha de una desinfección con cloro

La desinfección con cloro se realiza en tres etapas sucesivas que difieren según el producto utilizado.

- valoración de la dosis de cloro que se va a inyectar en la red,
- preparación de las soluciones para los productos no gaseosos,
- ajuste de los aparatos de inyección.

### Dosis de cloro que se va a inyectar en la red

La dosis de cloro que se va a inyectar en la red corresponde a la cantidad de la demanda de cloro, íntimamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua, y a la tasa residual deseada en el extremo de la red.

Por ello, es conveniente que antes de iniciar la desinfección, se efectúen pruebas para determinar el consumo de cloro.

Cuando la desinfección no tiene carácter de urgencia (caso de una cloración preventiva), la dosis que hay que introducir se puede

ajustar agregando directamente cantidades cada vez mayores de cloro en la red, hasta obtener la concentración residual deseada en el extremo de la red. Pueden ser necesarios varios días para ajustar las dosis de cloro. En efecto, entre dos dosificaciones sucesivas se deben prever plazos apropiados, debido al tiempo que tarda el agua en llegar desde el punto de aplicación hasta el extremo de la red.

En situaciones de emergencia, se recurrirá a una primera aproximación efectuada en laboratorio. Este método consiste en introducir cantidades crecientes de cloro (por ejemplo, de 1 a 10 mg/l) en las muestras de agua que se van a tratar. Al cabo de media hora, las tasas de cloro que hay que inyectar las indicará la muestra que contiene la tasa de cloro residual que más se aproxime a la deseada. Por supuesto, será necesario un ajuste de las dosis en el transcurso de la desinfección real en la red de distribución.

### Preparación de las soluciones para los productos no gaseosos

No todos los productos desinfectantes pueden utilizarse directamente tal como existen, bien porque se comercializan en forma de polvo, o debido a que su concentración de cloro no se adapta a ajustes precisos. Por ello, es conveniente disolverlos o diluirlos en función del caudal de la bomba dosificadora.

### Ejemplo de preparación de solución clorada

Preparación de una solución con 20 g de cloro/litro:  
**a partir de una solución de hipoclorito de sodio (lejía):**  
La lejía se vende líquida, en una concentración de 152g/l (48<sup>o</sup> clorométrico) o de 38 g/l. Un litro de lejía concentrada, de 152 g/l, permite obtener unos 7.5 litros de solución con 20 g/l. Un litro de lejía concentrada de 38 g/l, permite obtener unos 1.9 litros de solución con 20 g/l.

**A partir de hipoclorito de calcio:**  
se vende en forma de polvo. El contenido de cloro de este producto es de aproximadamente el 60%. Un kilogramo de hipoclorito de calcio permite obtener unos 30 litros de solución conteniendo 20 g/l de cloro.

**Se prestará especial atención a la completa disolución del producto en el agua. El empleo de un agitador eléctrico puede facilitar la tarea.**

### Ajuste de los aparatos de inyección

El ajuste depende:

- de la concentración de cloro residual deseado en el extremo de la red (ver párrafo anterior),
- del caudal de agua que se va a tratar. En caso de variaciones de caudal no controladas (casos de manantiales), se considerará el caudal máximo.

#### Clorador de cloro gaseoso:

El caudal de cloro a inyectar se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$D = C \times Q$$

siendo  
**D** (g de cloro/h): caudal de cloro indicado en el indicador volumétrico del clorómetro

**C** (mg de cloro/litro de agua o g de cloro/m<sup>3</sup> de agua): dosis de cloro a inyectar

**Q** (m<sup>3</sup>/h): caudal de agua que se va a tratar

#### ejemplo:

dosis de cloro a inyectar:

1 mg/l o 1 g/m<sup>3</sup>

caudal de agua a tratar: 100 m<sup>3</sup>/h

dosis de cloro indicada en el indicador volumétrico del clorómetro:

1 x 100 = 100 g de cloro/h

#### Bomba dosificadora para solución líquida:

la dosis de solución clorada a inyectar se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$D = (C \times Q) / S$$

siendo  
**D** (l de solución / h): caudal de la bomba dosificadora

**C** (mg de cloro/litro de agua o g de cloro/m<sup>3</sup> de agua): dosis de cloro a inyectar

**Q** (m<sup>3</sup>/h): caudal de agua a tratar

**S** (g de cloro/litro de solución): concentración de la solución expulsada por la bomba dosificadora

#### ejemplo:

dosis de cloro a inyectar:

1 mg/l o g/m<sup>3</sup>

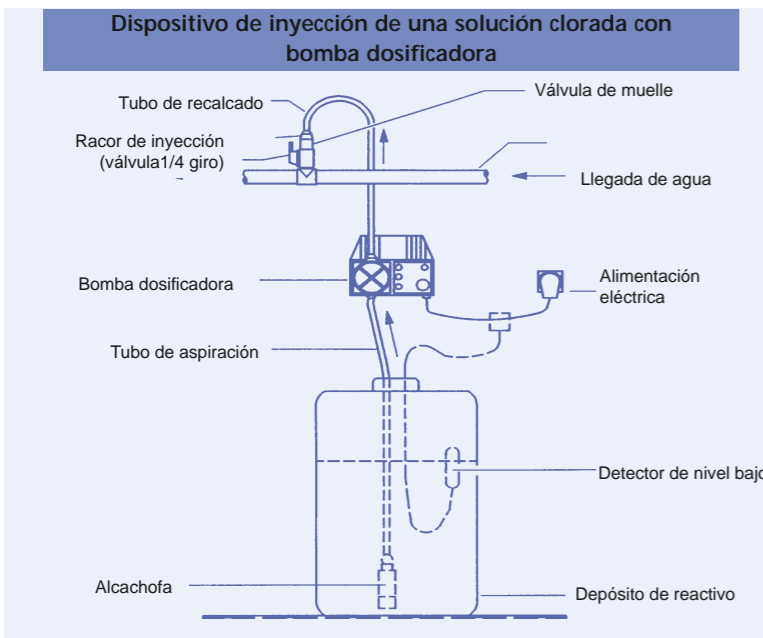
caudal de agua a tratar: 100 m<sup>3</sup>/h

concentración de la solución:

20 g/l

caudal de la solución expulsada por la bomba dosificadora:

(1 x 100) / 20 = 5 l/h



## Anexo técnico

## Método de dosificación del cloro residual

La medición regular del contenido de cloro residual permite controlar el funcionamiento de las instalaciones y la ausencia de contaminaciones en la red. Dicha medición revisite, por tanto, un carácter indispensable.

Hoy en día existen en el mercado kits analíticos de campo que permiten efectuar, de forma simple, la dosificación del cloro. Únicamente se debe utilizar el método de medición con el DPD<sup>9</sup>.

¡Atención! Respetar las fechas límites de utilización de los reactivos.

El cloro debe medirse en los siguientes lugares:

- tras la cloración, a **la salida de la planta de tratamiento** para verificar que las cantidades de desinfectante inyectadas son correctas.

**Atención:** si no hay depósito de almacenamiento en la planta, el tiempo de contacto entre el cloro y el agua en el momento de la medición puede haber sido muy corto para haber satisfecho la demanda de cloro. La medición puede, en dicho caso, indicar la presencia de

cloro "activo", mientras que unos minutos después, éste habrá sido consumido por la materia orgánica. Es por ello conveniente esperar un mínimo de media hora entre la introducción del cloro en el agua y la medición de la tasa residual de desinfectante.

- **en el grifo del usuario** más alejado de la planta de tratamiento. Dicha medición permite verificar que no se ha producido contaminación en la red.

Estas mediciones se deben realizar varias veces al día, todos los días del año.

(9) Dietil - fernilen-diamina.

## Anexo técnico

En el volumen III de las Guías de la O.M.S. sobre Calidad del Agua Potable, se proporciona información práctica sobre este aspecto.

### Niveles guía para los subproductos de desinfección

Las Guías sobre "Calidad del Agua Potable" publicadas en 1994 por la

O.M.S., fijan valores guía para diversos subproductos de la desinfección.

Para algunos compuestos, el nivel guía de la O.M.S. se ha calculado a partir de la siguiente probabilidad:

El riesgo de obtener solo un caso adicional de cáncer, en un grupo de población de 100.000 indivi-

duos que beben 2 litros de agua diarios por persona durante 70 años. Este riesgo es extremadamente pequeño.

Niveles guía de la O.M.S. relativos a los subproductos de desinfección		
Productos secundarios	Nivel guía (µg/l)	Observaciones
Bromato <sup>(1)</sup>	25 <sup>(P)</sup>	para un riesgo 7 x 10 <sup>5</sup>
Clorito <sup>(2)</sup>	200 <sup>(P)</sup>	
2.4.6 Triclorofenol <sup>(3)</sup>	200	para un riesgo 10 <sup>5</sup>
Formaldehído <sup>(1)</sup>	900	
Bromoformo <sup>(3)</sup>	100	
Dibromoclorometano <sup>(3)</sup>	100	
Bromodichlorometano <sup>(3)</sup>	60	para un riesgo 10 <sup>5</sup>
Cloroformo <sup>(3)</sup>	200	para un riesgo 10 <sup>5</sup>
Acido dicloroacético <sup>(3)</sup>	50 <sup>(P)</sup>	
Acido tricloroacético <sup>(3)</sup>	100 <sup>(P)</sup>	
Hidrato de cloral <sup>(3)</sup> (tricloroacetaldehído)	10 <sup>(P)</sup>	
Dicloroacetnitrilo <sup>(3)</sup>	90 <sup>(P)</sup>	
Dibromoacetnitrilo <sup>(3)</sup>	100 <sup>(P)</sup>	
Tricloroacetnitrilo <sup>(3)</sup>	1 <sup>(P)</sup>	
Cloruro de cianógeno <sup>(3)</sup>	70	expresado en cianuro

(P): nivel guía provisional  
 (1): producto secundario debido a la ozonización  
 (2): producto secundario debido al bióxido de cloro  
 (3): producto secundario debido al cloro  
 Observación: estos niveles guía deben compararse a la media de los resultados analíticos de muestras tomadas en el grifo del consumidor.

© Organización Panamericana de la Salud, 1999

Las publicaciones de la Organización Panamericana de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Reservados todos los derechos.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Secretaría de la Organización Panamericana de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o de nombres comerciales de ciertos productos no implica que la Organización Panamericana de la Salud los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las denominaciones de productos patentados llevan en las publicaciones de la OPS letra inicial mayúscula.

La serie de fascículos "Autoridades locales, Medio Ambiente y Sanidad" ha sido originalmente publicada por la Oficina Regional para Europa de la OMS. La producción de la versión en español de esta serie, es un esfuerzo conjunto de dicha Oficina y de la Oficina Regional para las Américas, la cual ha traducido al español los textos y los ha adaptado a esta Región.

**Agradecimientos:**

La Oficina Regional para Europa de la OMS y la Oficina Regional para las Américas agradece a los Sres. Fawell, Potelon, Deltour, Gergonne, la Dra. Hend Galal Gorchev, Ing. Horst Otterstetter (OPS), Ing. Rosario Castro (OPS) y Sra. Janet Khoddami (OPS) por sus contribuciones en la redacción de este documento. Al Laboratorio de Higiene y de Investigación de Salud Pública de Nancy (Francia), a la D.D.A.S.S. Saboya (Francia), la Sociedad CIFEC y al Laboratorio de bacteriología del CHU de Grenoble (Francia) por las fotografías.

Fotografía de la página 14- Armando Waak/OPS

Diseño: Oficina de Información Pública, Organización Panamericana de la Salud

### Anexo técnico

## Notas

### Lista de fascículos - Estado actual, marzo 1996

---

#### Aire

- ▶ Aire y salud
- ▶ La contaminación del aire en el interior de locales
- ▶ La contaminación atmosférica por la industria
- ▶ La contaminación atmosférica provocada por residuos y disolventes
- ▶ La contaminación del aire y la producción de energía
- ▶ El control de la calidad del aire
- ▶ El asma
- ▶ El aire y los problemas generales

---

#### Agua

- ▶ Agua y salud
- ▶ El seguimiento de la calidad del agua
- ▶ El plomo en el agua
- ▶ Los nitratos
- ▶ La eutrofización
- ▶ La protección de las tomas
- ▶ La desinfección del agua
- ▶ Tratamientos I
- ▶ Tratamientos II
- ▶ Mantenimiento y gestión de las redes de agua potable
- ▶ La seguridad de la distribución del agua
- ▶ Las aguas pluviales
- ▶ El saneamiento autónomo
- ▶ Estaciones depuradoras de las aguas residuales
- ▶ Mantenimiento y gestión de las redes de desagüe
- ▶ Las aguas para el tiempo libre

---

#### Residuos

- ▶ Residuos y salud
- ▶ Los vertidos
- ▶ La incineración de los residuos
- ▶ Los residuos de actividades sanitarias
- ▶ Tratamiento biológico
- ▶ Reciclaje de los residuos
- ▶ La reducción de la producción de residuos
- ▶ Los residuos tóxicos en las ciudades

---

#### Urbanismo

- ▶ Urbanismo y salud
- ▶ Suelos contaminados
- ▶ Ciudad verde, ciudad azul
- ▶ Urbanismo y aspecto socio-culturales
- ▶ Las redes urbanas
- ▶ Una visión de futuro
- ▶ Transportes y circulación
- ▶ Indicadores urbanos
- ▶ Las herramientas del urbanismo
- ▶ Administración y gestión
- ▶ Los equipamientos de proximidad
- ▶ La ciudad en bici o a pie

---

#### Ruido

- ▶ El ruido y la salud
- ▶ El ruido en la escuela
- ▶ Las discotecas
- ▶ El ruido y la circulación
- ▶ El ruido y los aeropuertos
- ▶ La insonorización de las viviendas
- ▶ Un entorno sonoro sano

---

#### Seguridad

- ▶ Estrategia local para la prevención de accidentes
- ▶ Prevención de accidentes infantiles
- ▶ Los accidentes de las personas mayores
- ▶ La seguridad de las viviendas
- ▶ La seguridad vial
- ▶ Prevención de incendios
- ▶ Prevención de inundaciones
- ▶ Las zonas de juego y ocio
- ▶ La seguridad en guarderías y colegios

---

#### Edificios

- ▶ Síndrome del edificio enfermo
- ▶ El plomo en el hábitat
- ▶ El hábitat y las energías
- ▶ Cocina y salud

---

#### Radiación

- ▶ Radón
- ▶ Los rayos ultravioleta
- ▶ Antes, durante y después de las situaciones de emergencia radiológica
- ▶ Los campos electromagnéticos
- ▶ Los residuos radioactivos

---

#### Toxicología

- ▶ El plomo y salud
- ▶ Las alergias
- ▶ Las intoxicaciones y la salud
- ▶ Los pesticidas y la salud
- ▶ El amianto y la salud

---

#### Higiene

- ▶ Los roedores
- ▶ Los mosquitos
- ▶ Los pájaros
- ▶ Los animales domésticos
- ▶ Las cucarachas
- ▶ La limpieza en la ciudad

---

Para mayor información, consulte la página en la Web:  
<http://www.who.dk/tech/eh/ehs02e.htm>  
<http://www.paho.org>

## Promoción del desarrollo y/o conservación de ambientes saludables:

- Saneamiento básico,
- Residuos sólidos,
- Identificación y control  
de riesgos ambientales,
- Promoción de la seguridad química,
- Salud de los trabajadores.

<http://www.paho.org>

Programas de Calidad Ambiental y Saneamiento Básico



División de Salud Ambiente  
Organización Panamericana de la Salud  
Oficina Regional para las Américas  
Organización Mundial de la Salud