

**UNIDAD DE APOYO TÉCNICO
PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL**

**GUÍA PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA
PARA CONSUMO EN SISTEMAS RURALES DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POR GRAVEDAD Y
BOMBEO**



**Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
División de Salud y Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana – Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud**

Guía para la Desinfección del Agua para Consumo en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua por Gravedad y Bombeo

Contenido

	Página
1. Objetivo	1
2. Definiciones	1
3. Aplicación	1
4. Desinfección y métodos de desinfección	1-2
4.1. Método Físico	1-2
4.2. Métodos Químicas	2
5. Características deseables de un desinfectante químico para el agua	2
6. Calidad y Normas bacteriológicas del agua potable	2-3
6.1. Calidad bacteriológica del agua potable	2-3
6.2. Normas Bacteriológicas	3
7. Desinfección con cloro	3-4
7.1. Parámetros que influyen en la eficacia de de la desinfección	3
7.2. Características de los derivados del cloro	4
8. Métodos de aplicación del cloro en abastecimientos de agua y determinaciones previas	4-6
8.1. Cantidad de cloro a que se va dosificar a la red	4
8.2. Calculo del porcentaje del cloro libre de los compuestos clorados	5
8.3. Residuales mínimos de cloro para la destrucción de los diferentes microorganismos	6
9. Preparación de soluciones para compuestos del cloro	6
10. Dosificadores	6-10
10.1. Principales dosificadores usados en zonas rurales	6-9
10.2. Ventajas y desventajas de los dosificadores	10
11. Monitoreo del cloro residual	10
12. Puntos de medición del cloro residual	10
13. Precauciones del uso de los derivados del cloro	11
13.1. Precauciones en el almacenamiento	11
13.2. Precauciones en la cloración en campo	11
14. Desinfección en caso de emergencia	11-13
14.1. Momentos en casos de emergencia	11
14.2. Parámetros de medición en casos de emergencia	12
14.3. Casos en que se pueden presentar en los sistemas de abastecimiento de agua en caso de emergencia	12
14.4. Métodos de desinfección	12-13
Bibliografía	14

Guía para la Desinfección del Agua para Consumo en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua por Gravedad y Bombeo

1. Objetivo

Establecer criterios para la desinfección del agua para consumo humano en sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad y bombeo.

2. Definiciones

- **Cloración.**-La aplicación del cloro o compuestos de cloro al agua, generalmente con el propósito de desinfección, pero frecuentemente para la oxidación química y el control del olor.
- **Cloro.**- Elemento normalmente encontrado como un gas amarillento verdoso aproximadamente 2.5 veces más pesado que el aire.
- **Cloro residual.**- Cantidad de cloro presente en el agua, luego de haber procedido a su desinfección de un periodo de contacto superior a los 30 minutos.
- **Coliformes.**- Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 ± 0.5 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 ± 0.2 °C en 24 horas, se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).
- **Contaminación.**- Deterioro específico de la calidad del agua causado por residuos domésticos, agrícolas o industriales (incluyendo residuos térmicos y nucleares) en un grado que tenga un efecto negativo sobre cualquier uso provechoso del agua.
- **Demanda de cloro.**- Cantidad de cloro que se consumiría en un periodo determinado de tiempo por la reacción con sustancia fácilmente oxidables presentes en el agua, si el abastecimiento de cloro fuera limitado; la demanda varía con el tiempo de contacto, temperatura y con la calidad del agua.
- **Desinfección.**- puede definirse como un proceso de destrucción o inactivación de agentes patógenos y otros microorganismos patógenos.
- **Desinfectante.**- Elemento químico que se utiliza para destruir o inactivar, dentro de un tiempo dado, las clases y números de microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua que se va a tratar.
- **Monitoreo.**- Observación rutinaria, recolección de muestras y ejecución de análisis basado en parámetros predeterminados, con el fin de determinar la eficiencia del tratamiento o el grado de cumplimiento de las normas.
- **Parte por millón (ppm).**- Se refiere el término más específico miligramos por litro (mg/l).
- **Planta de tratamiento.**- La parte central de un sistema de agua, que alberga diferentes procesos de tratamiento sin incluir la recolección ni la distribución del agua.
- **Remoción.**- Sinónimo de eliminación.
- **Turbiedad.**- Es la característica que hace aparecer el agua como sucia o barrosa.

3. Aplicación

La aplicación de la presente guía será en pequeños sistemas de abastecimiento de agua del ámbito rural.

4. Desinfección y métodos de desinfección

Actualmente, la desinfección del agua destinada al consumo humano puede definirse como un proceso de destrucción o inactivación de agentes patógenos y otros microorganismos indeseables.

La desinfección del agua para sistemas rurales, se puede conseguir por diversos métodos físicos y químicos, que se dan a continuación:

4.1. Métodos Físicos

Son procesos físicos a los cuales es sometida el agua, que permiten eliminar o inactivar los microorganismos presentes en la misma.

El método físico más empleado y aplicado a pequeña escala es:

Hervido.- Es el método más corriente de desinfección de agua a nivel domiciliario. Se trata de un método muy eficaz, ya que la exposición de los organismos patógenos transmitidos por el agua más comunes (bacterias, virus y parásitos) a temperaturas del agua de 90 a 100 °C durante un corto tiempo los eliminará o inactivará. El agua tiene que calentarse hasta que hierva "burbujeando" durante tres minutos. Se recomienda almacenar el agua en el mismo recipiente que se hirvió.

4.2. Métodos Químicas

Consiste, en la aplicación de un compuesto químico en el agua para destruir o inactivar las clases y números de microorganismos.

Los productos químicos más conocidos son:

- Compuestos del cloro, que son los desinfectantes de uso corriente a nivel comunal.
- Yodo, solo para uso casero.

En general para el área rural, la desinfección se realizara a través del empleo del cloro en sus diversas formas o sustancia químicas como ser: hipoclorito de sodio (lavandina), hipoclorito de calcio y cal clorada. Se descarta el cloro gas ya que su manejo requiere de personal más aplicado.

5. Características deseables de un desinfectante químico para el agua

Para que sea idóneo, un desinfectante de agua para consumo humano, debe satisfacer ciertos criterios generales entre los cuales se encuentran los siguientes:

- a). Debe poder destruir o inactivar, dentro de un tiempo dado, las clases y números de microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua que se va a tratar.
- b). El análisis para determinar la concentración de desinfectante en el agua debe ser exacto, sencillo, rápido y apropiado para hacerlo tanto en el terreno como en el laboratorio.
- c). El desinfectante debe ser fiable para usarse dentro del rango de condiciones que podrían encontrarse en el abastecimiento de agua.
- d). Debe poder mantener una concentración residual adecuada en el sistema de distribución de agua para evitar la recontaminación o que los microorganismos se reproduzcan,
- e). De ser posible no debe introducir ni producir sustancias tóxicas, o en caso contrario estas deben mantenerse bajo los valores guía, o las normas, ni cambiar en ninguna otra forma las características del agua de modo que esta no sea apta para el consumo humano, o sea estéticamente inaceptable para el consumidor.
- f). El desinfectante debe ser razonablemente seguro y conveniente de manejar y aplicar en las situaciones en que se preve su uso.
- g). El costo del equipo, su instalación, operación, mantenimiento y reparación, así como la adquisición y el manejo de los materiales requeridos para sustentar permanentemente una dosificación eficaz, debe ser razonable.

Uno de los desinfectantes químicos que cumple todas las características es el cloro, por ello se da su mayor uso en la desinfección del agua.

6. Calidad y Normas bacteriológicas del agua potable

6.1. Calidad bacteriológica del agua potable

Entre los múltiples casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la calidad microbiológica del agua para consumo humano se destaca los brotes por *Cryptosporidium* vinculados a defectos en el proceso de tratamiento y por *E. Coli* Entero-Hemorrágico relacionados con la roturas de la red de distribución, entre otros. La contaminación fecal del agua potable, puede incorporar una variedad de diversos organismos patógenos intestinales:

bacterias, virus y nemátodos, cuya presencia esta relacionada con enfermedades y también con portadores de tipo microbiano que pueden existir en ese momento en la comunidad.

Sí bien existe un número vasto de organismos microbiológicos, que van desde los nemátodos hasta los protozoarios, desde las bacterias hasta los virus, y dado que sería casi imposible controlar todos, normalmente se seleccionan uno o dos "indicadores". Estos indicadores tienen características tales que su presencia implica una probabilidad muy alta de que otros microbios estén presentes, mientras que su ausencia es una evidencia de la seguridad microbiológica del agua sometida a prueba.

Las guías microbiológicas de la OMS han sido adoptadas en todo el mundo. Estas recomiendan como indicadores de la calidad microbiológica los siguientes parámetros: Escherichia coli o bacterias coliformes (fecales) termotolerantes: No se deben detectar en ninguna muestra de 100 ml de agua destinada al consumo humano.

Bacterias coliformes totales: No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml de agua tratada que ingrese al sistema de distribución. Puede darse una tolerancia de hasta 5% para la ocurrencia ocasional de organismos coliformes en muestras del sistema de distribución tomadas en un período de 12 meses, siempre que no haya presencia de E. coli.

6.2. Normas Bacteriológicas

Las Normas Bacteriológicas de la calidad del agua para consumo se dan considerando la presencia del grupo Coliforme como mejor índice de contaminación fecal de las aguas dadas por la OMS (Organización Mundial de la Salud) y la del Perú a través de DIGESA (Dirección General de Saneamiento Ambiental). Los valores son:

PARÁMETRO	UNID.	OMS	PERU
Año		1995	1946
Origen		Valores guía	DIGESA
Microbiológicos			
Coli fecales o E. Coli	UFC/100ml	0	0
Coliformes totales	UFC/100ml	0	0

7. Desinfección con cloro

El método casi universal de desinfección del agua en abastecimientos rurales es la utilización del cloro, el cual se utiliza en dos formas: gaseoso, solo en abastecimientos medianos o grandes; y en los pequeños sistemas de abastecimiento rurales se emplean el cloro en compuesto.

7.1. Parámetros que influyen en la eficacia de de la desinfección

Turbiedad	< 5 UNT
pH	<8
Tiempo de retención	> 30 min.

Es primordial que el tratamiento anterior al desinfección final produzca una agua cuya turbiedad media no exceda de 1 UNT y en ningún caso una muestra presente una turbiedad superior a 5 UNT. Esta exigencia es tanto más necesaria por cuanto algunos parásitos clásicos (Giardia, gusano de Guinea o Cryosporidium) no se destruyen en la desinfección. Su eliminación sólo se consigue por medio de una filtración eficaz, ya sea natural o insertada en una cadena de tratamientos.

La acidez o la alcalinidad del agua afecta a la desinfección con cloro. Hay que recordar que un agua con pH básico (pH > 8) sólo podrá ser desinfectada eficazmente con una sobredosis de cloro.

El efecto desinfectante del cloro no es inmediato. Se requiere un tiempo de contacto mínimo de treinta minutos entre agua y desinfectante antes de su consumo.

7.2. Características de los derivados del cloro

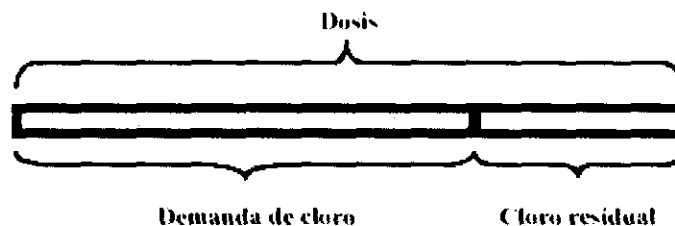
Nombre y formula	Nombre comercial o común	Características	% Cloro activo	Estabilidad en el tiempo	Seguridad	Envase usual
Cal clorada $CaO_2CaCl_2O.3H_2O$	Cal clorada, polvo blanqueador, hipoclorito de cal, cloruro de cal	Polvo blanco seco	15 a 35%	Se deteriora rápidamente cuando se expone a temperatura alta, humedad y/o luz solar. Pérdida de 1 al 10% por mes.	Corrosivo	Bolsas plásticas de 25 a 40 Kg., otros.
Hipoclorito de sodio $NaClO$	Hipoclorito de sodio, blanqueador líquido, lejía, agua lavandina, agua sanitaria	Solución líquida amarillenta	Se comercializa al 10%.	Pérdida de 10 a 20% por mes; mayor si la temperatura excede los 30°C.	Corrosivo	Botellas de plástico y vidrio, garrafones y bidones de plástico de 250 Kg. debidamente sellados
	Hipoclorito de sodio por electrólisis in situ	Solución líquida amarillenta	0.1 – 0.6 %	Depende del pH.	Corrosivo	Baldes de plástico
Hipoclorito de calcio $Ca(ClO)_2.4H_2O$	HTH, Perclorón	Polvo, gránulos y tabletas. Sólido blanco	Polvo: de 30 al 33%. Granulado: 65 a 70% Tabletas: 65 a 70%	Pérdida de 2 a 2.5% por año.	Corrosivo. Inflamación posible al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.	-Sacos de polipropileno amarillo. -Polietileno blanco.

Para la aplicación de compuestos de cloro en sólido (Cal clorada, Hipoclorito de calcio, etc.) se requiere normalmente un recipiente tipo "caja de agua" de cemento u otro material resistente al producto (PVC, fibra de vidrio, cemento amianto con una protección de resina epoxi) para la preparación de la solución y posterior aplicación a la tubería de agua a desinfectar. Para la aplicación del hipoclorito de sodio exceptúa la utilización de un recipiente para su preparación, debiendo transferir la solución directamente al tanque listo para su aplicación.

8. Métodos de aplicación del cloro en abastecimientos de agua y determinaciones previas

8.1. Cantidad de cloro a que se va dosificar a la red

La cantidad de cloro que se va a dosificar equivale a la demanda de cloro (la cual está estrechamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua) a la que debe adicionarse la cantidad de cloro residual esperada en el extremo de la red de abastecimiento de agua. Por tanto, antes de llevar a cabo el proceso de desinfección es conveniente realizar ensayos de consumo instantáneo de cloro. Este ensayo se denomina "ensayo de demanda de cloro".



8.2. Cálculo del porcentaje del cloro libre de los compuestos clorados

Los compuestos más usados en las zonas rurales son el hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio, por deficiencias en su almacenamiento pueden hacer perder rápidamente, apreciables cantidades de cloro que contienen. Pero también ocurren que estos compuestos pueden ser fácilmente adulterables, razón por la que es conveniente constatar el porcentaje de cloro libre mediante métodos de laboratorio o con métodos prácticos que a continuación se describen.

A. Cálculo práctico del cloro libre en el hipoclorito de calcio (polvo)

- Medir 2 litros de agua destilada o agua de lluvia (captada luego de algunos minutos de su caída a los tejados) y llenar en dos recipientes limpios con tapa, de un litro de capacidad (botella de suero).
- Medir 0.2 gramos de hipoclorito de calcio (homogenizado); puede utilizarse cucharita calibrada.
- Vaciar el hipoclorito de calcio medido (0.2 gr.) en uno de los frascos con agua destilada, agitar por espacio de un minuto y dejar reposar por cinco minutos. Repetir la agitación por dos veces consecutivas.
- Retirar 25 ml de agua destilada del segundo frasco y añadirle 25 ml de la solución preparada anteriormente (inciso d).
- Agitar la nueva muestra (975 ml de agua destilada y 25 ml de la solución), procediendo a medir con el comparador el contenido de cloro libre.
- Para hallar el porcentaje de cloro libre de hipoclorito de calcio que se está empleando, se utiliza la siguiente fórmula general:

$$\% \text{ de cloro libre} = \frac{A \times 100}{B \times C} \dots\dots\dots (1)$$

A = mgr/lt (ppm) de cloro de solución, medida con el comparador.

B = Volumen en ml de la solución de cloro añadido al segundo frasco (25 ml).

C = Peso en gramos del hipoclorito de calcio (0.2).

Así entonces, la fórmula (1) se simplifica:

$$\% \text{ de cloro libre} = A \times 20$$

B. Cálculo práctico del cloro libre en el hipoclorito de sodio (solución líquida)

- Medir un litro de agua destilada o agua de lluvia (captada luego de unos minutos de caída a los tejados). A falta de ellos, se puede tomar un litro y medio de agua a ser desinfectada, echarle una gota (gotero medicinal) de hipoclorito de sodio, agitar bien y luego de 30 minutos de tiempo de contacto, hacerlo hervir durante tres minutos; enfriarlo, chequear con el comparador que no presente cloro residual y luego medir un litro de un recipiente limpio con tapa (botella de suero).
- Echar a la botella con el litro de agua, una gota del hipoclorito de sodio (gotero medicinal), tapar y agitar durante un minuto.
- Medir con el comparador, la cantidad de cloro libre existente y con este valor encontrar el porcentaje de cloro libre del compuesto, tal como se señala a continuación:

Por ejemplo, si la lectura en el comparador fue de 2.5 mg/lt de cloro residual; teniendo en cuenta que 16 gotas de un gotero medicinal equivalen a un mililitro, entonces en un mililitro de compuesto habrá $16 \times 2.5 = 40$ miligramos de cloro y en 1000 mililitros, es decir en un litro, habrá:

$40 \times 1000 = 40,000$ miligramos, como 10,000 miligramos/lt, equivale a una concentración de 1% entonces 40,000 miligramos por litro será igual 4%. Es decir, el hipoclorito de sodio que se va usar, tiene 4% de cloro libre.

8.3. Residuales mínimos de cloro para la destrucción de los diferentes microorganismos

Las dosis seguras de cloro residual oscilan entre 0.20 y 1.0 ppm. El empleo de mayores cantidades no es económico y puede ser perjudicial para la salud.

9. Preparación de soluciones para compuestos del cloro

Cuando se trata de productos de cloro que se comercializan en forma de sólidos o se encuentran en concentraciones que no se adaptan a los requerimientos necesarios, se debe proceder a su disolución, de acuerdo con el mecanismo de dosificación del equipo que se va a emplear.

Las fórmulas que rigen la cantidad de agua de disolución requerida para obtener una solución de hipoclorito con una concentración de cloro activo que permita su fácil manejo y control por el dosificador, son las siguientes:

A partir de:	hipoclorito de sodio	hipoclorito de calcio
Descripción	Es comercializado en forma líquida en concentraciones variables de cloro activo, la presentación de 10% la más común.	Se comercializa en forma de sólido. El contenido de cloro activo es variable según su presentación, siendo la de 30% una de las más comunes.
Agua de disolución requerida	Definida la concentración final de la solución de cloro (Cf) a ser empleada por el dosificador, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución (Vd) que será agregada a la solución matriz: $Vd = (Co.Vo / Cf) - Vo$ Donde: Co = Concentración inicial de la sol. Matriz (g/L) Vo = Volumen de la sol. Matriz (L) Cf = Concentración esperada de la sol. Diluida (g/L)	Definida la concentración final (Cf) a ser empleada por el dosificador, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución (Vd) en litros que será agregada a la masa de hipoclorito de calcio sólido: $Vd = \% \times P / Cf$ Donde: % = Porcentaje de cloro activo en el producto P = Peso del sólido de hipoclorito de calcio (Kg) Cf = Concentración esperada en la sol. diluida (g/L)
Ejemplo	Se tienen 40 litros de una solución de hipoclorito de sodio al 10% (0.1) y se quiere preparar con ella otra solución de concentración 2% (0.02), ¿cuánta agua se debe agregar? $Vd = \frac{0.1 \times 40}{0.02} - 40 = 160 \text{ L}$	Si se dispone de 1,2 kg de hipoclorito de calcio de concentración 30% (0,3) y se desea obtener una solución para dosificar de concentración 2% (0,02), ¿cuánta agua se deberá usar? $Vd = \frac{0.3 \times 1.2}{0.02} = 18 \text{ L}$

10. Dosificadores

La aplicación de los equipos dosificadores mencionados abajo, utiliza como producto desinfectantes a los compuestos del cloro como la cal clorada, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio. Como la aplicación es para el ámbito rural o pequeñas comunidades, se descartó la aplicación del producto de cloro gaseoso (instalación costosa para pueblos pequeños).

10.1. Principales dosificadores usados en zonas rurales

Los principales dosificadores como Sistema Dosificador por goteo o flujo constante, Hipoclorador por difusión y Dosificador por erosión de tabletas, que se emplean principalmente en la zona rural, que a continuación se describen:

A. Sistema Dosificador por goteo o flujo constante

- a) **Descripción.-** Se ha usado ampliamente con arreglos diferentes. El elemento básico es un tubo de PVC con uno o más orificios. El tubo se fija a un dispositivo flotante y el orificio debe colocarse algunos centímetros debajo del nivel de la solución. La solución ingresa al tubo y fluye a la tasa deseada de alimentación hacia el punto de aplicación. La tasa de dosificación se puede ajustar fácilmente con tan solo cambiar la profundidad de inmersión de los orificios. (Ver Figura N° 01).
- b) **Instalación.-** Estos sistemas deben construirse con materiales que resistan la corrosión de una solución fuerte de hipoclorito. El tanque de solución puede ser de polietileno de alta densidad, fibra de vidrio. El flotador puede hacerse con PVC o madera. No deben usarse aluminio, acero, cobre ni acero inoxidable porque se destruyen rápidamente. Este equipo es sencillo de instalar, como todos los equipos de carga constante. Su aplicación está limitada a aquellos casos en que la solución de hipoclorito puede fluir por gravedad hacia el sitio de mezcla, ya sea un canal, una cámara de contacto de cloro o directamente hacia un tanque de almacenamiento. La instalación debe incorporar un intervalo de aire en la tubería de descarga para evitar la posibilidad de sifonaje. También debe estar diseñado de modo que se excluya la posibilidad de que el contenido del tanque de solución se descargue todo de una vez accidentalmente en el canal de mezcla o la cámara de contacto si se rompe un accesorio o tubería o si ocurre otro tipo de derrame. El diseño de la instalación debe facilitar el manejo de los compuestos de cloro, la mezcla de soluciones y el ajuste de la dosificación.
- c) **Operación y mantenimiento.-** Estos equipos son fáciles de operar, mantener y reparar, y no requieren operadores especializados. Sin embargo, se requiere vigilancia constante para cerciorarse de que el equipo, en particular el de orificio sumergido, se mantenga limpio, que la dosificación sea la adecuada, que la solución del tanque no se haya agotado o debilitado su concentración, que no haya cambio de caudal, etc. La preparación de la solución de hipoclorito se tiene que hacer con mucho cuidado. Cuando se usa hipoclorito de calcio, la concentración de la solución debe ser entre 1% y 3% de cloro disponible para impedir la formación excesiva de depósitos y sedimentos de calcio. Las soluciones de hipoclorito de sodio pueden ser hasta de 10%. Las concentraciones mayores no son aconsejables porque pierden potencia rápidamente y si son muy altas se pueden cristalizar.

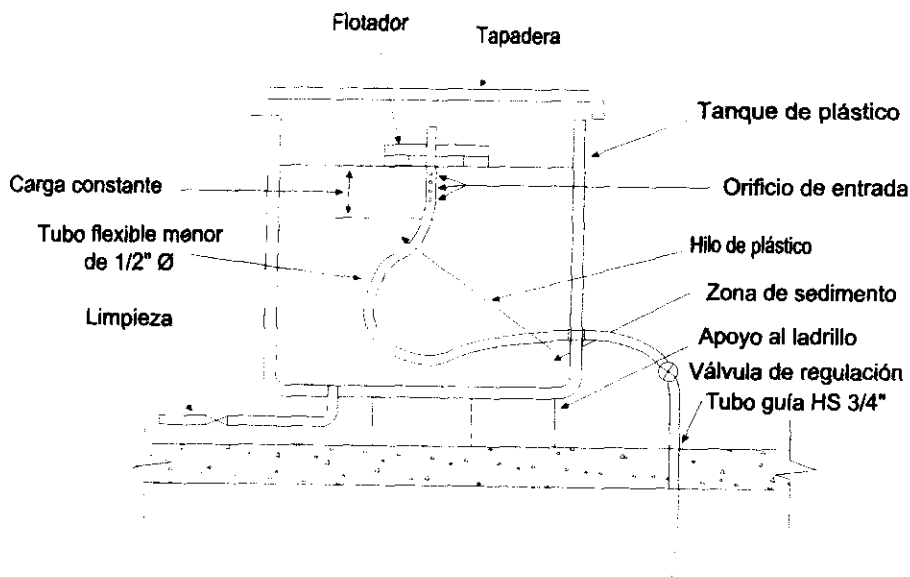


Figura N° 01: Dosificador por Goteo o Flujo Constante

B. Hipocloradores por difusión

- a) **Descripción.-** Los hipocloradores de flujo difusión, que son unidades relativamente sencillas, construidas con tubería de PVC de agua y desagüe, y son fácilmente desmontable. Trabajan con hipoclorito de calcio de 30%. Estos se instalan principalmente en los reservorios de almacenamiento.

La altura efectiva del hipoclorador y la distancia entre los agujeros se determinan a partir de la dosis a aplicar, el cloro residual deseado, el caudal y el número de días de operación del hipoclorador

La cámara del hipoclorador esta formada por dos tubos de diferente diámetro (1-1/4" y 4") colocadas de forma concéntrica; la longitud efectiva se obtiene dimensionando el equipo. La difusión se da por los agujeros realizados en ambos tubos, estos tienen un diámetro de 1/4" y pueden estar distanciados 1.5 ò 3 cm.; trabajan con caudales comprendidos entre 0,2 a 0,3 L/s y una altura máxima de 60 cm. En la practica se recomienda trabajar con distancia de agujeros de 1.5 cm. ya que la mayor densidad de estas demuestran mayor efectividad.

b) **Instalación.**- Los procedimientos para su instalación:

- Desarme el hipoclorador.
- Limpiarlos de impregnaciones calcáreas y armarlo (si no es nuevo).
- En un recipiente echar el hipoclorito de calcio al 30% y agua en una relación de 2 a 1 para formar la masa.
- Llenar la masa en el hipoclorador, apisonar con una varilla hasta el borde superior y tapar.
- Sumergir el hipoclorador en un balde de 80 litros, dejarlo reposar 5 minutos, después de este lapso colocarlos en el reservorio (en posición vertical mediante una cuerda o hilo totalmente sumergido) cerca al tubo de entrada a 20 a 30 cm. del piso.

c) **Operación y mantenimiento.**- Su operación es sencilla. Cambiar cada mes o cada que se compruebe que no hay cloro residual en el agua.

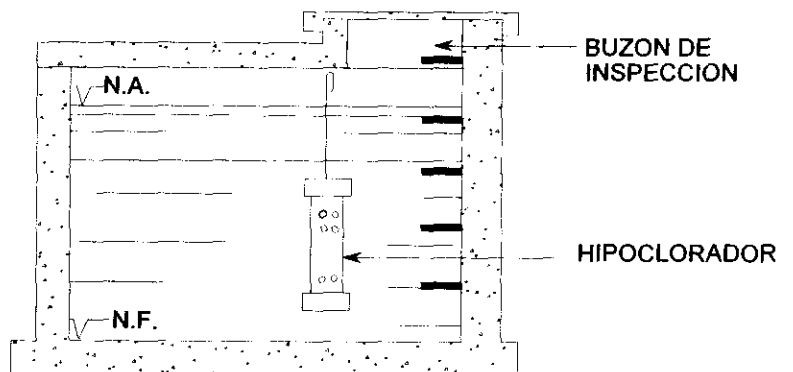
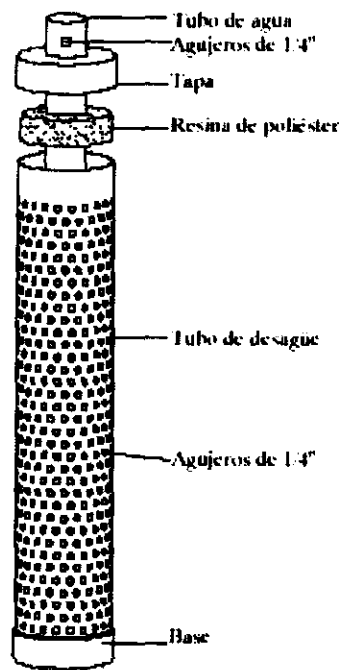


Figura N° 02: Hipoclorador por difusión y su ubicación en el reservorio

C. Dosificador por erosión de tabletas

a) **Descripción.**- Los dosificadores que trabajan bajo el sistema por erosión utilizan tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración, las que se pueden obtener de distribuidores o pueden prepararse localmente comprimiendo mecánicamente polvo de hipoclorito de calcio. Este sistema ha encontrado un lugar importante en la desinfección de abastecimientos de agua para comunidades pequeñas y familiares. Los equipos son muy fáciles de manipular y mantener, además de ser baratos y duraderos.

Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada (solo requieren de energía hidráulica) mientras fluye una corriente de agua

alrededor de ellas. Este mecanismo proporciona la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. A medida que las tabletas se van diluyendo, se reemplazan con otras nuevas que caen por gravedad en la cámara. La solución de cloro concentrada alimenta un tanque, un canal abierto o un reservorio, según sea el caso.

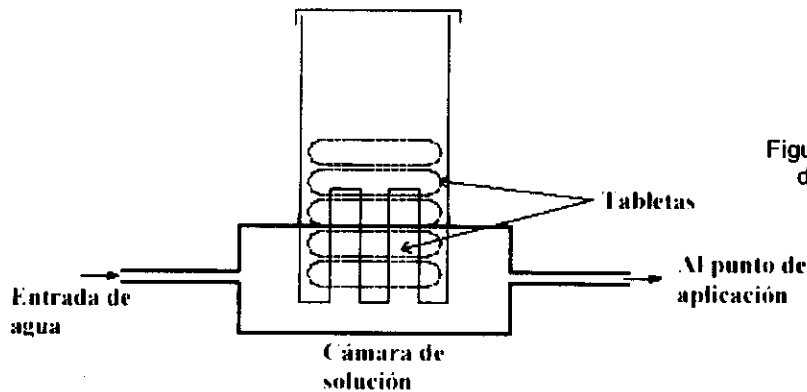


Figura N° 03: Se muestra el dosificador de erosión

b) **Instalación:** La instalación de esta clase de dosificadores requiere una capacitación especializada mínima. En la mayoría de los casos se puede capacitar a un operador y ofrecerle conocimientos básicos de plomería y tuberías. Sin embargo, aunque los dispositivos de dosificación están hechos de materiales no corrosivos y no tienen partes móviles, es preciso prestar atención a las instrucciones del fabricante para asegurar la durabilidad y una operación adecuada de acuerdo con las especificaciones. También se debe prestar atención a la temperatura del agua, ya que de ella depende la solubilidad de las tabletas.

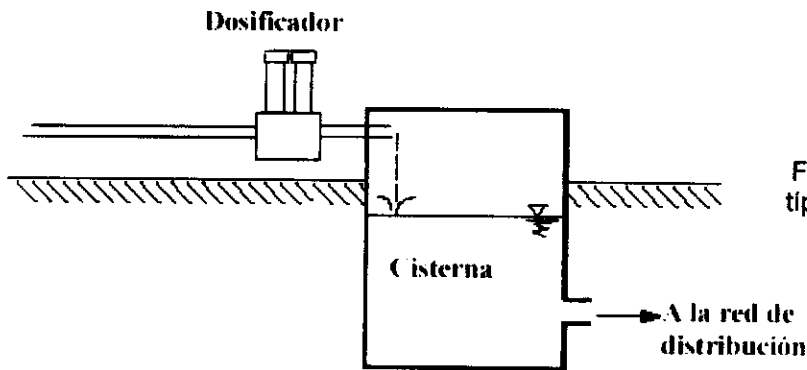


Figura N° 04: Instalación típica para cloradores por erosión

Instalación típica de un clorador por erosión de Tabletillas de hipoclorito de calcio

Este tipo de dosificador de cloro ofrece mucha flexibilidad, tanto en la cantidad de cloro como en la ubicación de los puntos de aplicación.

c) **Operación y mantenimiento:** Los dosificadores por erosión de tabletas son sencillos de operar. El equipo se calibra de manera sencilla pero no muy precisa por medio de un ajuste de la profundidad de inmersión de la columna de tabletas o de la velocidad o caudal que se hace pasar por la cámara de disolución. Una vez calibrado el equipo, si no hay grandes variaciones en el flujo, normalmente requieren de poca atención, excepto para cerciorarse de que el depósito esté lleno de tabletas para asegurar la dosificación continua. El mecanismo del dosificador de tabletas se debe inspeccionar con regularidad para detectar obstrucciones; se tendrá cuidado de limpiarlo bien, volver a ponerlo en la posición correcta y calibrarlo. La inspección y el relleno de tabletas dependerán de la instalación específica, de la dosificación de cloro y del volumen de agua tratada.

En cuanto a la seguridad, en general, las tabletas de hipoclorito son más fáciles y seguras de manejar y almacenar que otros compuestos de cloro; sin embargo, es necesario observar precauciones de seguridad mínimas.

10.2. Ventajas y desventajas de los dosificadores

CLASIFICACIÓN	DOSIFICADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cloro en solución	Sistema Dosificador por goteo o flujo constante	Carga constante. Sumamente sencillo. Muy barato. Pueden construirse localmente. Confiable. No necesita energía eléctrica.	Según la manera en que el sistema fue construido, puede llegar a tener un error de dosificación de hasta un 20%.
Cloro sólido	Dosificador de erosión y Hipocloradores por difusión	Sumamente sencillo. Ideal para pequeñas comunidades. Una de las mejores soluciones para dosificación a la entrada de un tanque. No necesita energía eléctrica.	Costo intermedio. Alrededor de 10% de errores en la dosificación. En algunos dosificadores las tabletas (si se producen localmente) tienen a adherirse o a formar cavemas y no caen en la cámara de disolución.

11. Monitoreo del cloro residual

La medición regular de la cantidad de cloro residual permite controlar el funcionamiento del equipo y la ausencia de contaminación en la red de distribución. Por ello, esta medición resulta imprescindible. Existen varios métodos para medir el cloro residual en el agua. Uno de los más sencillos se presentan a continuación:

La determinación del cloro residual es fácil y rápidamente utilizando pastillas DPD, por medio de comparadores del cloro. El procedimiento para la determinación es la siguiente:

- Primero se llena el tubo con la muestra del agua.
- Agregue la pastilla de DPD y vea el color formado.
- Luego de 60 seg. Compare el color producido con la escala de valores y obtenga el cloro residual de la mezcla.

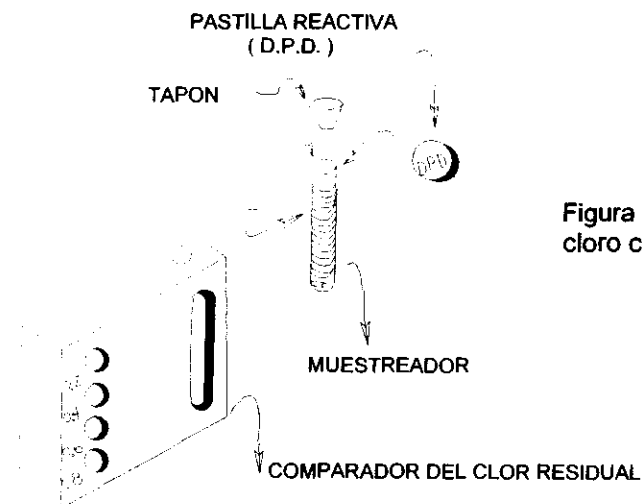


Figura N° 05: Comparador de cloro con el método de DPD.

12. Puntos de medición del cloro residual

Los puntos para la determinación deben ser elegidos de manera que ellos indiquen un cloración de todo el sistema y permitan detectar posibles contaminaciones o mal estado de mantenimiento de la red.

Los puntos de medición son los siguientes:

- El reservorio, la lectura en este punto nos hace conocer la concentración de cloro al inicio del sistema y al referir a ella las lecturas de los otros puntos, con lo cual se podrá determinar la presencia de contaminación.
- Puntos extremos de la red, la lectura en estos puntos nos indica si existe cloro en la red y además por comparación con la lectura en el reservorio, es posible detectar contaminación o mal estado de la red de distribución.

13. Precauciones del uso de los derivados del cloro

El cloro, en todas sus formas, es una sustancia que debe manejarse con sumo cuidado, ya que es altamente tóxico.

13.1. Precauciones en el almacenamiento

Hipoclorito de calcio que puede venir en polvo o en tabletas. Se deben tener las siguientes precauciones:

- Estos compuestos, absorben fácilmente la humedad del ambiente, convirtiéndose en una pasta muy corrosiva, de ahí que deben almacenarse en envases de cerámica, vidrio, caucho, polipropileno, polietileno o plástico, pero no debe usarse envases de cartón u hojalata.
- Estos envases se deben mantenerse en ambientes frescos y secos, herméticamente cerrados para evitar la pérdida del cloro gaseoso.
- Deben llevar etiqueta visible, ya que en muchas oportunidades, las personas abren el envase y acercan la nariz para saber de qué sustancia se trata, recibiendo una fuerte descarga de cloro gaseoso, que produce quemaduras en las mucosas.
- Al manipularlos, evitar hacerlo con las manos descubiertas porque produce igualmente quemaduras.
- Al transportar los envases, no golpearlos ni exponerlos a los rayos del sol.

El **hipoclorito de sodio**, es un líquido amarillento que es vendido en envases de plástico tipo galonera, cojines pastitos, o en botellas de vidrio. Los envases totalmente cerrados, deben mantenerse en lugares secos y frescos, lejos del alcance de los niños o animales, también aislarlos de la luz.

13.2. Precauciones en la cloración en campo

Cuando se realice cloración en campo, con hipocloritos de alta concentración para solución de alimentación usar guantes y mandiles de hule, mascarar antipolvos y gafas o protectores faciales.

Manejar con precaución los hipocloritos de alta concentración, bien sea en estado seco o en solución. Proteger los ojos y no inhalar el polvo de hipoclorito. Si la ropa llega a contaminarse con estos materiales, quitársela inmediatamente y lavarla.

Instalar señales de advertencia, para mantener alejadas de la zona a las personas no autorizadas a estar en ellas.

14. Desinfección en caso de emergencia

En una situación de emergencia, si la cantidad es importante, la calidad es obligatoria, para lograr la seguridad bacteriológica se debe asegurar una desinfección adecuada. No hacerlo puede significar el desarrollo de las temidas pandemias que no solo enferman física, sino espiritualmente a una población, que por el mismo desastre sufrido está en estado de choque psicológico.

14.1. Momentos en casos de emergencia

Luego de un desastre hay dos momentos. Uno "absolutamente inmediato" y otro "inmediato mediato", que tiene lugar después del segundo o tercer día de ocurrido el evento. En el primero, cuando aún está demasiado fresco el impacto del evento (sea un terremoto, un ciclón, etc.) hay mucho desorden y una falta de medios de todo tipo. En esos casos solo queda recomendar hervir el agua como método de tratamiento.

En el segundo momento, esto es, cuando han transcurrido dos o tres días después del impacto del siniestro. Después de que un fenómeno azota un área, debido a las donaciones, ésta queda inundada con una gran variedad de desinfectantes; normalmente, compuestos basados en cloro, pero de diferentes composiciones y concentraciones. Es entonces útil tener el conocimiento indispensable para manejarlos adecuadamente.

14.2. Parámetros de medición en casos de emergencia

Debe efectuarse determinaciones de escherichia coli, de nitratos y cloro residual en el agua en caso de emergencia. La presencia de escherichia coli indicara la contaminación fecal; alta concentración de nitratos resulta muy peligrosa para los lactantes; y la determinación de cloro residual, porque en casos de desastres, hay que aumentar la concentración del residual en las redes de distribución, para reducir los contaminantes que hallan pasado al sistema, debido a un tratamiento insuficiente, y para reducir los riesgos en el acarreo y almacenamiento en malas condiciones de higiene.

14.3. Casos en que se pueden presentar en los sistemas de abastecimiento de agua en caso de emergencia

Si la fuente de suministro de agua no ha sido dañada y las instalaciones de tratamiento siguen funcionando; y la red de distribución sigue funcionando y no se han afectado las tuberías matrices, puede aumentarse la dosificación de cloro residual hasta 1mg/lit y también la presión en las redes, para contrarrestar la contaminación por algunas roturas menores en las tuberías de distribución. En la fuente de agua superficial, debe esperarse aumento en su turbidez por efectos del desastre.

Si la fuente de suministro no ha sido dañada, pero la planta de tratamiento no funciona; entonces el suministro, es agua superficial, se trata de agua contaminada, debe considerarse la posibilidad de efectuarse la cloración de emergencia del agua cruda, siempre que su turbidez no sobrepase de 5 UNT. Si la red de distribución funciona, hiervan el agua o empleen sustancias químicas cuyo uso debe ser bien explicado. Si la red no funciona, tendrá que recurrirse, además de los camiones-cisterna, a las fuentes particulares previamente inspeccionadas y evaluadas por las autoridades de salud.

Después de las inundaciones, cuando el sistema de distribución del abastecimiento de agua permanece intacto, se debe elevar la presión en las líneas de tuberías de tal forma que se evite que el agua contaminada ingrese en ellas. Como medida adicional se puede elevar temporalmente la cloración del agua en las plantas de tratamiento a una escala mayor.

14.4. Métodos de desinfección

A. Métodos Físicos

Ebullición: si el agua es de la red pública, es decir poca turbidez, el tiempo de hervido deberá ser de 2 minutos en la costa, contados desde el momento en que entra en ebullición y de 4 minutos en la sierra. Si se sospecha que el agua puede contener bacterias esporuladas, el tiempo de hervido recomendable tendrá que ser de 5 minutos para aguas suficientemente claras. Si las aguas presentan cierta turbiedad, el tiempo de contacto de hervido, deberá ser de 7 minutos.

B. Métodos Químicos

En general, el uso de tabletas o polvos de cloro, compuesto de cloro en solución, yodo, en caso de emergencia debe considerarse como una medida para que cada individuo dentro de un grupo limitados de la población pueda desinfectar pequeñas cantidades de agua potable, por un tiempo determinado (de una a dos semanas).

a. Métodos del cloro

1) **Lejía (compuesto en solución de cloro, blanqueador):** La lejía normal que se utiliza en el hogar contiene al cloro que desinfecta el agua, busque en la etiqueta del fabricante de la lejía el porcentaje de cloro que contiene y utilice la información en la siguiente tabla como guía para la desinfección del agua.

Contenido de Cloro	Gotas por Litro de Agua Limpia
1%	10
4-6%	2
7-10%	1

Si no se conoce la concentración del contenido de cloro, añada diez gotas por litro de agua. Doble la cantidad de cloro para agua turbia o con color)

El agua tratada se deberá mezclar bien y dejarla reposar durante 30 minutos. El agua deberá tener un ligero olor a cloro, si no es así, repita la dosis y permita al agua reposar otros 15 minutos. Si el agua tratada tiene un fuerte sabor a cloro, deje el agua reposar expuesta al aire durante varias horas o cámbiela de un envase a otro repetidamente.

2) **Hipoclorito de Calcio Granular:** Este compuesto en gránulos, denominado HTH o percloron contiene de un 60 a 70% de cloro. Durante el uso debe de evitarse que los gránulos entren en contacto con petróleo u otros combustibles orgánicos ya que en este caso resultan inflamables. Las dosis de empleo es una cucharita de HTH (unos gr.) disuelta en 8 litros de agua, con lo que se obtiene una solución de 500 mg/litro. Esta solución se incorporará a razón de una parte por cada 100 partes de agua que haya que desinfectar. Una vez hecha la mezcla se la deja reposar durante 30 minutos. Si el sabor a cloro es demasiado fuerte, se le puede airear dejándola en reposo unas horas más o transportarla varias veces de un recipiente limpio a otro. La solución concentrada se debe utilizar en las dos semanas a su preparación.

3) **Tabletas de Cloro:** Las tabletas de cloro con la dosis necesaria para desinfectar el agua potable se pueden conseguir ya preparadas para su venta. Se deben utilizar según se indique en sus instrucciones. Cuando no haya instrucciones disponibles, utilice una tableta por cada litro de agua que se quiera purificar.

b. Métodos del Yodo

1) **Tintura de yodo:** El yodo es un desinfectante excelente para el agua. Es eficaz contra las bacterias, los virus, los quistes de amibas y otros microorganismos de enfermedades transmitidas por el agua. Sin embargo, su disponibilidad y uso han sido limitados. Su costo es de 6 hasta 10 veces mayor que el cloro. El empleo de una solución de 2 por ciento de tintura de yodo es un medio práctico para desinfectar agua en pequeñas cantidades. Una dosificación de dos gotas por litro puede ser suficiente para el agua clara. Al igual que en el caso del cloro, la turbiedad puede interferir y, si hay partículas presentes, éstas pueden proteger a los microorganismos. De lo contrario, el agua turbia o muy contaminada podría requerir dosis mayores y tiempos de contacto de mayor duración. Después de la aplicación del yodo, el agua debe mezclarse y dejarse reposar durante unos 15 a 20 minutos. Para desinfección del agua se recomiendan residuos de 0,5 mg/l a 0,8 mg/l.

2) **Tabletas de Yodo:** Las formas farmacéuticas más convenientes y seguras de yodo en tabletas. Estas tabletas tardan en disolverse, menos de un minuto a 20 °C aproximadamente, liberando 8 mg de yodo elemental por tableta. Esta cantidad basta para tratar un litro de casi cualquier tipo de agua natural en 10 minutos.

Bibliografía

- Principios básicos de la desinfección del agua. Publicaciones CEPIS. Tomado de: Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y El Caribe / OPS. CEPIS-2004
- Operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua. Manual de Capacitación para Operadores. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; División de Salud y Ambiente; Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Lima 2002. 862 páginas.
- Desinfección del agua. Felipe Solsona, Juan Pablo Méndez. Auspiciados por Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Lima-Perú 2002.
- Desinfección de Emergencia del Agua Potable. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos Oficina de Agua (4606) EPA 815-F-00-006 Abril de 2000.
- Reglamento técnico de diseño de proyectos de agua potable para poblaciones menores de 5000 habitantes. Diciembre 1999. Ministerio de Vivienda y Servicios General de Saneamiento Básico de Bolivia. 203 páginas.
- Simposio regional sobre calidad del agua: desinfección efectiva: CLORO. Keith A. Christman. Consejo de Química del Cloro. Arlington, VA, EUA. Original: inglés. Lima. Perú del 27 al 29 de Octubre de 1998.
- AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES-Sistema de Abastecimiento por Gravedad-Roger Agüero Pittman-Asociación de Servicios Rurales (SER) 1997.
- Desinfección del agua. Oscar Cáceres López. Ministerio de Salud. Auspiciados por Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Lima -Perú 1990.
- Sistema de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades. Tecnología de pequeños sistemas de abastecimiento de agua en países en desarrollo. CIR Centro Internacional de Agua y Saneamiento, centro colaboradores de la OMS La Haya, Países Bajos. Autores: L. Huisman (Holanda); J.M. de Azevedo Netto (Brasil); B.B.Sundaresan (India); J.N. Lanoix (Ginebra). Traducido al español y publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Programa de Salud Ambiental OPS/OMS. Documento Técnico 18 Noviembre 1988. 344 paginas.
- Desinfección. Seminario de saneamiento en situaciones de desastres. Material institucional organizado por ingeniero Sonia Maria Tavares de Oliveira. UNV/OPS; Lima, febrero 1986. 27 paginas.
- Manual de Orientación para Sistemas de Abastecimiento de Agua en pequeñas comunidades: Desinfección. Autor: Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental. Conferencia: Simposio investigación sobre Desinfección de Abastecimiento Rural. Lima, 4 al 8 de Julio 1983. Paginas 69 al 71.