

2 5 4 . 2

7 1 M A

MINISTERIO DE SALUD

FICINA DE NORMAS TECNICAS DE SALUD

**MANUAL PARA  
LA DESINFECCION DE  
AGUAS MEDIANTE  
LA CLORACION**

ING. OSCAR CACERES LOPEZ

1971

254.2-71MA

78  
254.2  
71MA

MINISTERIO DE SALUD

OFICINA DE NORMAS TECNICAS DE SALUD

**MANUAL PARA  
LA DESINFECCION DE  
AGUAS MEDIANTE  
LA CLORACION**

ING. OSCAR CACERES LOPEZ

1971



## Resolución Directoral

Lima, 28 de Junio de 1971.

Siendo conveniente difundir el material informativo sobre normas y técnicas en el campo de la salud,

Con opinión favorable del Director de la Oficina de Normas Técnicas de Salud.

SE RESUELVE :

Autorizar la impresión de 1,500 ejemplares del "MANUAL PARA LA DESINFECCION DE AGUAS MEDIANTE CLORACION", que se acompaña, preparado por el Ing<sup>o</sup> Oscar Cáceres López.

Regístrese y comuníquese

*H. Ulloa*



## PROLOGO

*La bibliografía sobre tratamiento de aguas y desinfección de las mismas, es muy grande, y una publicación más sobre el mismo tema, parece a simple vista una redundancia.*

*No deja de ser cierto, que la mayoría de las publicaciones existentes, no permiten en muchas oportunidades, ejecutar trabajos de desinfección de aguas en localidades rurales y más aún, en los casos de emergencia.*

*Cabe manifestar que por razones de carácter geofísico, nuestro país tiene que encarar con frecuencia, situaciones de emergencia provocadas por terremotos, aluviones, inundaciones, etc., donde inevitablemente el primer problema que debemos de enfrentar, es el evitar brotes epidémicos y restablecer el abastecimiento de agua de las poblaciones devastadas.*

*El terremoto del 31 de Mayo de 1970, que azotó a una gran parte del territorio nacional, zona a la que conjuntamente con muchos otros técnicos del sector salud, acudimos para atender los problemas de Saneamiento Ambiental, es un ejemplo típico del problema indicado.*

*De ahí, que este manual, procura responder a la necesidad de contar con una publicación que presente los aspectos de la desinfección de las aguas desde el punto de vista de su aplicación práctica, de modo que sirva no solamente a los profesionales que laboran en el sector Salud, sino también, a todos aquellos que en alguna ocasión, tuvieran la necesidad de efectuar un trabajo de desinfección de aguas.*

*Esta publicación, trata sobre los conceptos básicos de la cloración, a fin de que se entienda la razón de sus diferentes aplicaciones.*

*Se incluye el diseño de algunos hipocloradores de fácil construcción y manejo. Entre ellos se presenta un hipoclorador a usarse con sistema de bombeo, utilizando como dosador un equipo descartable de venoclisis (equipo para transfusiones de suero, plasma, etc.); aunque el uso de este tipo de dosador, no se ha encontrado en ninguna publicación técnica, el autor ha realizado experiencias con dicho equipo, obteniéndose resultados muy satisfactorios. Y no podía ser de otra manera, desde que estos equipos descartables de venoclisis, son muy exactos, ya que la transfusión de plasma, suero, etc., así lo requiere.*

*Asimismo, se incluye un capítulo dedicado a la intoxicación por cloro y maneras de combatirla en circunstancias donde no se pudieran contar con un hospital cercano, o con profesionales médicos que atendieran prístamente estos casos.*

*Podría parecer un tanto trágico el que se incluya la parte correspondiente a "muerte por la acción del cloro", pero es necesario recordar, que los compuestos clorados deben ser manejados con cuidado.*

*Se ha creído conveniente también, incluir algunos párrafos dedicados al uso de sustancias cloradas en la desinfección general de hospitales, escuelas, hoteles e instituciones, dado el hecho de que en muchos de estos locales, se utilizan estos compuestos, en forma indiscriminada.*

*Finalmente, deseamos agradecer la valiosa colaboración del Dr. Esteban Figueroa, en la redacción de la parte correspondiente a intoxicación por cloro.*

**Ing<sup>o</sup>. OSCAR CACERES LOPEZ**





## INDICE

	Página
GENERALIDADES SOBRE DESINFECCION.....	1
CONCEPTOS BASICOS SOBRE LA CLORACION .....	4
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACCION DEL CLORO .....	6
Naturaleza de los microorganismos a ser destruídos .....	6
Tiempo de contacto .....	7
Temperatura del agua .....	7
Concentración y composición del agente o agentes químicos liberados en el agua	7
Comportamiento químico del cloro en el agua .....	9
Potencial Hidrógeno o pH .....	10
Tipos de agua a tratar .....	10
Número de microorganismos .....	11
Consideraciones prácticas que hay que tener presente .....	12
USOS MAS FRECUENTES DE LOS COMPUESTOS CLORADOS EN LA DESINFECCION.....	15
Desinfección de pozos .....	15
Desinfección de manantiales y reservorios de agua .....	17

Desinfección de aguas de piscinas de natación .....	19
Control de infecciones por el uso de piscinas de natación .....	21
Desinfección de redes nuevas de abastecimiento de agua .....	22
Desinfección de redes en uso .....	24
Desinfección en locales públicos (Hospitales, Escuelas, Hoteles e Instituciones).	24
<b>PRECAUCIONES EN EL USO DE SUSTANCIAS CLORADAS .....</b>	<b>26</b>
Intoxicación por cloro .....	27
Penetración de cloro por vía respiratoria	27
Penetración de cloro por vía digestiva..	29
Intoxicación crónica .....	30
Muerte por intoxicación por cloro ....	30
<b>ANEXOS .....</b>	<b>31</b>
Tratamiento de aguas servidas .....	31
Determinación práctica de la demanda de cloro .....	33
Determinación práctica de cloro residual	35
Ejemplos prácticos .....	35
Ejemplo N° 1.- Preparación de una solución de cloro .....	35

Ejemplo N° 2.- Desinfección de un pozo excavado .....	36
Ejemplo N° 3.- Desinfección de un pozo perforado .....	37
Ejemplo N° 4.- Desinfección de un reservorio.....	39
Ejemplo N° 5.- Diseño de un hipoclorador de emergencia .....	39
Ejemplo N° 6.- Desinfección de una red de abastecimiento .....	42
Gráficos de eficiencia bacteriológica del cloro, en la desinfección de aguas.....	43

#### MODELOS DE HIPOCLORADORES

Hipoclorador para sistema de bombeo....	49
Instrucciones para su uso .....	50
Hipoclorador N° 2 .....	53
Hipoclorador N° 3 .....	57
Hipoclorador N° 4 .....	59

BIBLIOGRAFIA .....	61
--------------------	----



## GENERALIDADES SOBRE DESINFECCION

Desinfectar el agua es eliminar los microorganismos capaces de producir enfermedades.

La desinfección se logra aplicando sustancias químicas al agua o por medios físicos.

Existen formas microbianas que no son afectadas por los métodos corrientes de desinfección, como los organismos que forman esporas.

La mayor parte de las aguas en su estado natural, pueden ser contaminadas por microorganismos patógenos, así como las del grupo coliforme.

Las aguas consideradas potables desde el punto de vista microbiológico, son susceptibles de contaminación a través de sistemas de distribución, red de agua, acarreo por vehículos, almacenamiento de depósitos, etc.

Por principios elementales de seguridad sanitaria, es necesario que todos los sistemas de abastecimientos de agua para consumo humano, posean sus correspondientes instalaciones para desinfección, ya que si bien es cierto, una planta de tratamiento, que no tenga dichas instalaciones, por muy correctamente operada que esté, logra producir reducciones del 80 al 95%, del total de microorganismos en el agua, queda todavía suficiente número de éstos, como para que dicha agua no pueda ser bebida sin peligro.

La desinfección por cloro, es el método más empleado para aguas de consumo público.

Existen otros medios de desinfección tales como:

1) El calor

Someter el agua durante 15 a 20 minutos a temperatura de ebullición, es un buen sistema doméstico de desinfección, no aplicable a grandes cantidades de agua por su elevado costo.

Existen una serie de microorganismos, tales como las Shigellas, que son bastante resistentes al calor y que requieren de mayores tiempos de ebullición.

## 2) La luz

La exposición del agua a la acción de la luz solar, es un medio natural de desinfección. La luz ultravioleta de cierta longitud de onda, tiene también esta propiedad en una forma más intensa.

El inconveniente de este método de desinfección, es que no deja un efecto residual, además de no ser económico.

Se usa en piscinas de natación.

## 3) Permanganato de potasio

Considerado también, como un buen desinfectante, siendo todavía su uso muy restringido por su alto costo.

## 4) Yodo

Esta sustancia es tan eficiente como el cloro en la destrucción de coliformes, más efectivo para matar amebas y un poco menos para inactivar virus.

## 5) Ozono

Bastante empleado en Europa como desinfectante, su alto costo de obtención y

el hecho de no tener efecto residual en el agua, son sus principales inconvenientes.

## CONCEPTOS BASICOS SOBRE LA CLORACION

El cloro es un poderoso agente oxidante, su acción desinfectante probablemente es debido a su propiedad de penetración en la célula y la combinación con elementos vitales de ella, es decir, se produce la oxidación de los sistemas proteína-enzima, paralizándose en consecuencia, el metabolismo de la glucosa, provocando con ello, la muerte del organismo.

Las condiciones básicas que se pueden citar, para aconsejar el uso del cloro como desinfectante de las aguas son:

- a) Destruye los organismos causantes de las enfermedades.
- b) Esta acción la realiza a la temperatura del medio ambiente y en un tiempo corto.
- c) Es de fácil aplicación, manejo sencillo y bajo costo.
- d) Su grado de concentración en el agua es determinado fácilmente.
- e) Es inocuo para el hombre, en las dosis utilizadas en la desinfección de las aguas.
- f) Deja un efecto residual, que protege al agua de posteriores contaminaciones.

El cloro y sus compuestos, pueden suministrarse en forma gaseosa, en solución y en polvo según sean los casos.

El uso del cloro gaseoso es lo más frecuente en las plantas de tratamiento de agua de las gran



des ciudades, entre tanto el uso de las soluciones de compuestos clorados es utilizado en pequeñas plantas, en abastecimientos de aguas rurales o para casos de emergencia.

En este manual sólo habremos de ocuparnos de los usos de los compuestos clorados, dada la finalidad a la que nos hemos referido en el prólogo.

Los compuestos clorados de mayor uso son:

- 1.- Hipoclorito de calcio, cuyo nombre comercial es: "Percloron", "HTH", "Alcablanc" etc.; vienen en polvo, con una concentración de 70% de cloro libre los dos primeros, y 34% el "Alcablanc".
- 2.- Hipoclorito de sodio, que es un líquido amarillo claro y que contiene de 12 a 15% de cloro libre.
- 3.- "Lejía", que es una solución de hipoclorito de calcio cuyo uso es destinado al lavado de ropa, con un contenido de 1.5% de cloro libre los que se expenden embotellados y 10% los de "cojines" plásticos.

En caso de no contarse con hipoclorito de calcio en polvo, puede usarse la lejía para desinfectar las paredes de pozos, cisternas, reservorios, etc., donde la técnica recomienda que el proceso de desinfección se complete con el enjuague del compuesto clorado, hasta que no quede rastros de él. No se aconseja su uso directamente en el agua de bebida ya que esta solución pudiera contener otras sustancias químicas utilizadas para el blanqueo de la ropa y que sean tóxicas para el hombre.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACCION DEL CLORO

La acción desinfectante del cloro, depende de una serie de factores importantes que es menester tener presente. Estos factores son:

- 1.- Naturaleza de los microorganismos a ser destruidos.
- 2.- Tiempo de contacto.
- 3.- Temperatura del agua.
- 4.- Concentración y composición del agente o agentes químicos liberados en el agua.
- 5.- Potencial Hidrógeno o pH.
- 6.- Tipos de agua a tratar.
- 7.- Números de microorganismos

- 1.- Naturaleza de los microorganismos a ser destruidos. -

La reacción de los microorganismos con el agente desinfectante, parece estar determinada por la resistencia de sus membranas celulares a la penetración del desinfectante y por la relativa afinidad química entre las sustancias vitales de la célula y la sustancia química.

En términos generales las bacterias son destruidas más fácilmente que las amebas y las esporas, que requieren una mayor concentración del desinfectante.

Investigaciones recientes parecen indicar que la capacidad de destrucción de los agentes desinfectantes son aditivos, es decir, conocidas las constantes relativas del comportamiento de dos agentes químicos, se puede pre-determinar su acción combinada.

## 2.- Tiempo de contacto. -

La desinfección de las aguas mediante el uso de compuestos clorados, como cualquier otro tipo de reacción química requiere de cierto tiempo para llevarse a cabo. Este período de tiempo depende de la temperatura del agua y de la concentración del reactivo.

## 3.- Temperatura del agua. -

La destrucción de microorganismos mediante la desinfección es mucho más rápida con el aumento de la temperatura, es decir, cuanto más caliente esta el agua, más eficiente y rápida será la desinfección. Este hecho tiene singular importancia en nuestro país en donde el agua en la región de la Costa, es más caliente que en la Sierra.

## 4.- Concentración y composición del agente o agentes químicos liberados en el agua. -

La eficiencia de la desinfección de las aguas mediante el uso de compuestos clorados depende no solamente del tiempo de contacto y de la temperatura del agua, sino también de la cantidad de desinfectante utilizado, una concentración alta, lógicamente requerirá de menos tiempo para destruir todos los microorganismos, que una concentración más débil.

Asimismo, las sustancias existentes normalmente en las aguas, sobre todo materia orgánica, son responsables de las formaciones de reacciones secundarias, así:

### 1.- Una parte de la sustancia clorada se com

bina con el agua, formando Acido Hipocloroso y Ion Hipoclorito, a estos compuestos se les llama Cloro Residual Libre.

2. - Ante la presencia de amoníaco y nitrógeno orgánico en el agua, el cloro también reacciona con ellos y forma Monocloramina, Dicloramina, y en ciertas circunstancias Tricloruro de nitrógeno, a todos estos compuestos se les denomina Cloro Residual Combinado.

Las cloraminas como desinfectantes tienen un comportamiento diferente al del Acido Hipocloroso y al del Ion Hipoclorito; los residuales son muy estables pero de acción más lenta, la dicloramina es mucho más activa que la monocloramina.

3. - En el agua, además de la materia orgánica, existen diversas sustancias químicas que reaccionan con el cloro, la cantidad de cloro gastado para la oxidación de dichos compuestos, se le llama Demanda.

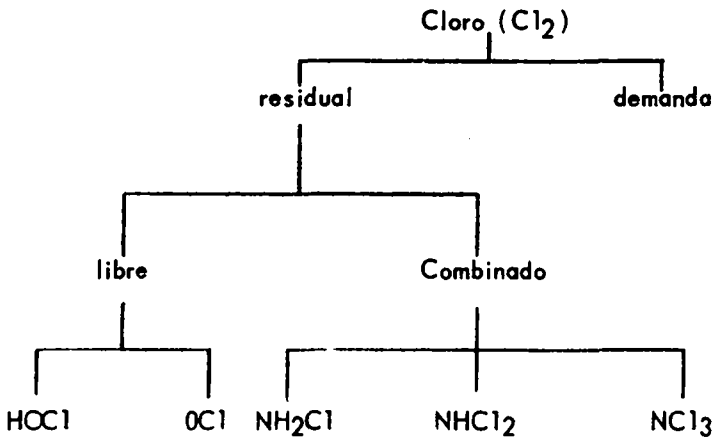
El diagrama que a continuación sigue, puede sintetizar lo antes mencionado, haciéndose presente que la cantidad del desinfectante, que debe considerarse para la eliminación de los microorganismos, no forma parte de la denominada Demanda, si no de lo que en el diagrama se menciona como residual, esto quiere decir, que la eliminación de los microorganismos, no produce una disminución sensible en la cantidad de cloro residual, el que además, de ejercer su acción bacte

ricida, protege al agua contra posteriores contaminaciones.

En conclusión:

Dosificación total de cloro = demanda de cloro + cloro residual

### Comportamiento Químico del Cloro en el Agua



donde :

$HOCl$	=	Acido Hipocloroso
$OCl$	=	Ión Hipoclorito
$NH_2Cl$	=	Monocloramina
$NHC1_2$	=	Dicloramina
$NCl_3$	=	Tricloruro de nitrógeno

### 5.- Potencial Hidrógeno o pH.-

Las bacterias son muy susceptibles al pH del agua, ya que potenciales muy altos o muy bajos le ofrecen un medio de vida adverso.

Así mismo, la acción del desinfectante es fuertemente influenciada por el pH de las aguas ya que cuanto más alcalina sea el agua, se requerirán mayores dosis, para una misma temperatura y tiempo de contacto.

Los cuadros números 1 y 2 nos muestran lo que acabamos de mencionar.

### 6.- Tipos de agua a tratar.-

Por la serie de factores antes mencionados la demanda de cloro de un agua y el residual que se requiere para la eliminación de los microorganismos, es variable.

Para los efectos prácticos podemos mencionar las siguientes dosis totales :

Agua proveniente de cursos superficiales bastante contaminados: 2.5 a 3 p.p.m.

Agua limpia proveniente de cursos superficiales: 1.2 a 2 p.p.m.

Agua proveniente de represas, sin exceso de algas: 1 a 1.5 p.p.m.

Agua filtrada proveniente de pozos o manantiales: 0.5 a 1 p.p.m.

Agua de piscinas de natación: 2.5 a 3 p.p.m.

Es recomendable determinar en cada caso la demanda de cloro, aspecto del que nos ocupamos en los anexos de este manual, donde se indica un método práctico para su determinación.

### 7.- Número de microorganismos. -

El número de microorganismos presentes en el agua, no afecta el proceso de la desinfección. En otras palabras la misma concentración y tiempo de contacto del desinfectante, se requiere para matar una gran cantidad de microorganismos, que una pequeña, siempre y cuando la temperatura y el pH sean los mismos.

#### CUADRO Nº 1 CLORO LIBRE

Residuales mínimos de cloro, en partes por millón, que producen un aniquilamiento del 100% de Escherichia Coli

PH	TEMPERATURA 2º A 5º C			TEMPERATURA 20º A 25º C.		
	Tiempo de Contacto			Tiempo de Contacto		
	10 min.	20 min.	60 min.	10 min.	20 min.	60 min.
7.0	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
8.5	0.14	0.07	0.05	0.07	0.07	0.05
9.8	0.72	0.40	0.40	0.30	0.06	0.06
10.7	1.00	1.00	0.30	0.40	0.30	0.30

Residuales mínimos de cloro, en partes por millón, que producen un aniquilamiento del 100% de *Escherichia Coli*.

### CUADRO Nº 2 CLORAMINAS

Residuales mínimos de cloro, en partes por millón, que producen un aniquilamiento del 100% de *Escherichia Coli*

PH	TEMPERATURA 2 A 5º C.			TEMPERATURA 20 A 25º C.		
	Tiempo de Contacto			Tiempo de Contacto		
	10 min.	60 min.	90 min.	10 min.	20 min.	60 min.
7.0	1.80	1.50	1.20	1.80	1.20	0.60
7.8	1.83	1.60	1.50	1.80	1.50	0.90
8.5	1.85	1.70	1.70	1.80	1.70	1.20
9.5	1.90	1.80	1.80	1.83	1.80	1.50
10.5	1.95	1.85	1.80	1.85	1.80	1.80

#### Consideraciones prácticas que hay que tener presente. -

Desde el punto de vista práctico, es necesario distinguir entre lo que es el cloro residual en la planta y el cloro residual, en la red de distribución.

El primero tiene por objeto, matar las bacterias patógenas que no hayan sido eliminadas en los procesos de tratamiento anteriores; en cambio el segundo tiene como finalidad mantener suficiente cantidad de desinfectante, como para prevenir posibles contaminaciones en la red de distribución.



En términos generales, mayor residual debe dejarse en la planta que en la red de distribución. Butterfield recomienda que para tener una plena garantía en la desinfección de las aguas, debe conservarse en la planta por lo menos, los siguientes residuales:

pH	Cloro libre en p.p.m. después de 10 minutos	Cloraminas en p.p.m. después de 10 minutos
6 a 7	0.2	1.0
7 a 8	0.2	1.5
8 a 9	0.4	1.8
9 a 10	0.8	1.8 a 2.0

La dosificación a agregarse al agua, depende de la demanda de cloro que ésta tenga, y tiene que ser tal, que oxidada la materia orgánica, quede como indica la tabla anterior, un residual suficiente.

Muchas veces, entre el reservorio de almacenamiento y las redes de distribución se consume una parte del residual, por la demanda de cloro existente.

Es preferible entonces aplicar el criterio de que en la planta debe aplicarse una dosificación tal, que en cualquier punto de la red, se encuentre por lo menos 0.1 p.p.m. de cloro libre ó 0.3 p.p.m. de cloraminas.

Por otra parte, una excesiva cantidad de cloro en el agua de la red, resulta inconveniente, ya que da un sabor medicinal al agua. En general, no debe existir en la red más de 0.5 p.p.m. de cloro libre ó de 0.8 p.p.m. de cloraminas.

Cuando se van a ejecutar trabajos de desinfección de aguas en forma constante, es preferible preparar soluciones de compuestos clorados para ser utilizados en las cantidades y concentraciones deseadas. Así la solución más conveniente en la mayoría de los casos, es la de 1%, esta concentración que equivale a 10,000 partes por millón (10,000 miligramos por litro) es recomendable porque puede diluirse convenientemente para obtener la concentración que se desea.

Para preparar una solución de determinada concentración de cloro libre, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$P = \frac{C \times L}{B \times 10}$$

donde:

P = Gramos de compuesto clorado.

C = Partes por millón de cloro libre (miligramos por litro).

L = Número de litros de solución clorada.

B = Porcentaje de cloro libre, del compuesto clorado.

En los anexos de este manual se da un ejemplo de aplicación de esta fórmula.

## USOS MAS FRECUENTES DE LOS COMPUESTOS CLORADOS EN LA DESINFECCION

### 1. - Desinfección de pozos. -

Si se trata de pozos excavados, es reco  
mendable efectuar la desinfección de éstos, siempre  
y cuando no sean de brocal abierto, es decir deben  
poseer tapa, buzón de inspección, y tener instalado  
por lo menos una bomba de mano. Para efectuar la  
desinfección de estos pozos, se procede de la mane  
ra siguiente:

- a) Se calcula el volúmen de agua que hay en el pozo.
- b) Se vierte en él, una solución clorada tal, que con el volúmen de agua del pozo se obtenga una concentración de 50 p.p.m.
- c) Se agita completamente el agua, lavando también las paredes del pozo y dejando es  
ta solución durante una hora.
- d) Tener cuidado de que quien haya descen  
dido al pozo para efectuar la desinfec  
ción, no permanezca todo ese tiempo den  
tro de él, ya que las emanaciones de cló  
ro, podrían asfixiarlo. Este tipo de traba  
jo requiere necesariamente de alguien que  
desde arriba, esté vigilando al que se en  
cuentra dentro del pozo.
- e) Transcurrido el tiempo antes mencionado, se  
extrae el agua mediante bombeo, hasta ob  
tener una muestra típica de agua cruda,

es decir que no se sienta olor y como tal se compruebe que no hay cloro residual.

El examen bacteriológico de la muestra nos indicará si se requiere tratamiento adicional, ya que si un sólo tratamiento no produce los resultados esperados, habrá de repetirse, hasta que las muestras indiquen resultados bacteriológicos satisfactorios en varios días.

En el caso de pozos perforados que se encuentren en proceso de construcción, se procede de la siguiente forma:

- a) Antes de efectuar el entubado del pozo, debe lavarse la parte interior de los tubos con una solución clorada que contenga 1,000 p.p.m. de cloro libre.
- b) Luego de colocar los tubos y antes de poner en servicio el pozo, se introduce ya sea por inyección o alimentación por gravedad, una solución clorada en cantidad tal, que luego de ser mezclada con el volumen de agua del pozo, se obtenga una cantidad de cloro libre de 100 p.p.m.
- c) Luego de transcurrido dos horas de tiempo de contacto de la solución clorada con el agua del pozo, se extrae el agua, hasta obtener una muestra típica del agua cruda, para lo

cual en los anexos se da un método práctico de determinación de cloro residual.

Tal como en el caso de pozos excavados, el resultado de los análisis bacteriológicos nos indicará si hay necesidad de efectuar una nueva desinfección.

### Desinfección de manantiales y reservorios de agua.

En caso de manantiales y reservorios con una capacidad inferior a los  $5\text{m}^3$ , se procede de la siguiente manera:

- 1.- Calcular la capacidad del reservorio o caja de almacenamiento del manantial.
- 2.- Lavar cuidadosamente el interior del reservorio o la caja de almacenamiento del manantial, que por supuesto debe estar debidamente protegido, a fin de eliminar toda la tierra y cuerpos extraños.
- 3.- Luego se disuelve en un balde de agua, la cantidad necesaria de compuesto clorado, de tal manera que de acuerdo a la capacidad del reservorio se obtenga una solución de 100 p.p.m.
- 4.- Se vierte la solución preparada, dentro del reservorio y se le llena de agua, manteniéndolo así, durante dos horas.
- 5.- Transcurrido este tiempo, se vacía totalmen

te el reservorio desaguándolo constantemen  
te hasta que no se observe rastros de cloro,  
quedando así listo para ser puesto en uso.

En el caso de reservorios con una capaci  
dad mayor de  $5m^3$  que van a ser llenados  
con agua potable:

- 1.- Limpiar minuciosamente el fondo, pare  
des y techo del reservorio.
- 2.- Lavar refregando paredes y fondo, con  
una solución de compuesto clorado que  
contenga 50 p.p.m. de cloro libre,  
utilizando un cepillo y observando los  
cuidados que se indican en el caso de  
pozos excavados.
- 3.- Luego de que las superficies se hayan  
secado, se enjuagan con agua potable  
y luego de drenarse ésta, se puede po  
ner en servicio el reservorio.

En el caso que se trate de almacenar y uti  
lizar aguas de cuya potabilidad no se tiene  
certeza (casos de emergencia) :

- 1.- Lavar y desinfectar cuidadosamente el  
reservorio, tal como se indica en el ca  
so anterior.
- 2.- Calcular la capacidad útil del reservo  
rio.
- 3.- Calcular la demanda de cloro del agua  
de acuerdo con el método antes descri  
to.
- 4.- Llenar el reservorio con el agua a ser

tratado, junto con la cantidad de compuesto clorado diluído, que se calculó en la determinación de la demanda de cloro.

- 5.- Repetir esta última dosificación, cada vez que se llene el reservorio.
- 6.- En los casos en que el llenado y vaciado de los reservorios, sea en forma continua, se puede utilizar los hipocloradores de emergencia cuyos modelos se adjuntan, teniendo presente que el cálculo del dosaje habrá de hacerse, de acuerdo con el gasto de agua a ser tratado. Ver ejemplos en los anexos.

#### Desinfección de aguas de piscinas de natación.

La medida más recomendable para la desinfección de piscinas, es la cloración constante; esto puede ocurrir solamente en piscinas que poseen equipos de recirculación o en aquellas que poseen una captación de agua proveniente de un pozo artesiano o manantial con los que se garantice una entrada y salida de agua constante.

En las piscinas que poseen equipos de recirculación las soluciones cloradas se inyectan a la entrada de la bomba de recirculación, en una dosificación tal, que se mantenga en la piscina un residual de 0.3 a 0.6 p.p.m; para ello es necesario efectuar mediciones rutinarias del residual de cloro para compensar las variaciones que pudieran ocurrir

Las piscinas que poseen un flujo de agua constante, pueden adaptarse al sistema de cloración constan

te, siempre que el ingreso de agua no sea excesivo, ya que de otra manera, las demandas de cloro resultarán costosas. Para este tipo de piscinas, se puede utilizar los hipocloradores de gravedad cuyos diseños se encuentran en este manual, aplicando la solución clorada en el punto donde el agua ingresa a la piscina. El residual a recomendarse es el mismo que lo que se indica para el caso anterior.

En piscinas que no poseen equipos de recirculación el método más común es el de disolver el compuesto clorado requerido para la dosis inicial (1.5 p.p.m) de acuerdo con la capacidad de la piscina, distribuyendo la solución clorada en la superficie del agua.

Luego de transcurrido una hora, se deben efectuar mediciones del residual de cloro, de manera de ajustarlo de 0.3 a 0.6 p.p.m. Para determinar exactamente la dosis inicial a usarse, es recomendable efectuar una prueba de demanda de cloro sobre todo si en la piscina, no se usa agua potable proveniente de una red pública.

La frecuencia de este tipo de desinfección, depende de la regularidad con que se hace el cambio de agua y el cuidado con que se efectúe su limpieza.

En piscinas muy concurridas el agua debe cambiarse diariamente; se puede alargar este período de cambio del agua, hasta cuatro días, siempre que la aplicación de cloro y la limpieza de la piscina sean ejecutadas correctamente.

Por lo general las piscinas públicas que no poseen equipos de recirculación y en las que se cam



bia el agua sólo de vez en cuando, no son muy hi  
giénicas.

El costo que representa cambiar el agua, y el tiempo y cuidado que se requiere para lograr una buena limpieza y desinfección, hace que a menudo no se tomen estas precauciones y el agua resulte pe  
ligrosa para los bañistas.

### Control de infecciones por el uso de piscinas de na tación. -

Las infecciones a los pies, denominados también "pié de atleta", son bastante comunes por el uso de las piscinas de natación.

La mejor manera de controlarlos consiste en ins  
talar pequeños depósitos llenos de solución clorada, para efectuar la inmersión de los pies. Estos peque  
ños depósitos deberán estar colocados en tal forma, que todos los bañistas deben pasar por ellos antes de en  
trar a la piscina.

La solución clorada debe tener una concentra  
ción de no menos de 5,000 partes por millón de cloro libre. Esta concentración debe ser mantenida cons  
tante, añadiendo pequeñas cantidades de solución clō  
rada, de acuerdo con el número de personas que pa  
sen por los depósitos.

Asímismo se debe limpiar y luego desinfectar los pisos y paredes de las duchas, roperos, servicios higié  
nicos y corredores, con una solución clorada contē  
niendo 5,000 p.p.m. de cloro libre. Esta solución se puede aplicar, mediante el uso de rociadores.

## Desinfección de redes nuevas de abastecimiento de agua. -

Ya sea que se trate de las redes de una población o de un edificio, el método más recomendado consiste en llenar todas las tuberías con una solución de cloro que contenga 50 p.p.m., durante un período de tiempo de 4 horas. Este trabajo se ejecutará luego de haberse lavado bien la red. Si se trata de redes de agua de poblaciones mayores de 2,000 habitantes, la desinfección de dichas redes, deberá efectuarse por tramos, para poder ejecutarlo con mayor eficiencia. Para ello, se aislarán determinados sectores mediante el empleo de las válvulas, a fin de que la solución clorada permanezca en las redes aisladas durante 4 horas.

Transcurrido este tiempo y antes de efectuar la desinfección de otra parte de la red general, deberá hacerse una prueba de cloro residual, si la concentración de cloro ha bajado a menos de 5p.p.m., deberá efectuarse una nueva desinfección.

Si el abastecimiento de agua es de una localidad rural (hasta 2,000 habitantes) la desinfección de la red se puede hacer de una sola vez, es decir llenando toda la tubería con la solución clorada.

El método a emplear sería el siguiente:

- 1º Calcular el volumen de agua que contiene toda la red, considerando para ello los datos de diámetros y longitudes (datos que fácilmente se obtienen de los planos respectivos).
- 2º Calcular la cantidad de compuesto clorado que se requiere para preparar una solución

que contenga 50 p.p.m de cloro libre, y para un volumen como el calculado anteriormente.

- 3° Si el abastecimiento de agua, se realiza partiendo de un reservorio, dicha solución se preparará en él, procediendo luego a llenar las redes.

Si la capacidad del reservorio no fuera suficiente como para llenar en una sola vez toda la red, se preparará la solución tantas veces como sea necesaria.

- 4° Luego de 4 horas de permanencia de la solución clorada dentro de la tubería, se tomará muestras para determinar el cloro residual, el que no debe haberse reducido a menos de 5 p.p.m. en ninguno de los puntos, ya que si tal cosa sucediera, habría necesidad de efectuarse una nueva desinfección.

- 5° Mientras dura el proceso de la desinfección, se deberán accionar repetidas veces todas las válvulas y otros accesorios, a fin de que la solución desinfectante entre en contacto con todas las partes del sistema.

- 6° Luego de transcurrido el tiempo de contacto mencionado en el ítem N° 4, se deberá vaciar la red, procediendo luego a su lavado, desde su inicio, hasta el final de la tubería.

- 7° Antes de poner en servicio el sistema de abastecimiento de agua, deberán hacerse por lo menos cuatro análisis bacteriológicos, para asegurarse de que la desinfección ha sido satisfactoria; en caso contrario habrá necesidad de

repetir la operación .

### Desinfección de redes en uso.-

Las roturas de las tuberías pueden producir contaminación en una parte, o todo el sistema de abastecimiento, según el tipo de rotura y el punto donde ocurra ,

1. Antes de colocar la nueva tubería, debe lavarse cuidadosamente con una solución que contenga 1,000 p.p m. de cloro.
2. Deben tomarse precauciones para que no entre agua o lodo de la zanja donde se está realizando la reparación.
3. Aislar mediante el uso de las válvulas, la sección de la red que se necesita desinfectar.
4. Indicar a los usuarios de la zona afectada a fin de que no utilicen el agua durante 4 horas.
5. Inyectar mediante una bomba o un hipoclorador una solución de 50 p.p.m. de cloro libre, procediendo como en el caso de redes nuevas.
6. Luego del tiempo de contacto necesario, descargar la solución, inclusive, por los grifos domiciliarios, a fin de desinfectar sus redes.

### Desinfección en locales públicos (hospitales, escuelas, hoteles e instituciones).-

El uso de los compuestos clorados resuelve los múltiples problemas de desinfección, en clínicas y

hospitales, escuelas, hoteles, plantas productoras de alimentos, etc.

Para la desinfección de servicios higiénicos, baños, pisos y paredes, una solución clorada, que contenga 1,000 p.p.m. de cloro libre resulta muy efectiva para el control de bacterias y de malos olores. Esta concentración es muy efectiva en la limpieza de cocinas, pasillos, pabellones, cuartos, etc. La manera de efectuar su aplicación, va desde la limpieza y trapeado con dicha solución, hasta el uso de rociadores de tipo manual o mecánico con los que se aplique el compuesto clorado.

En el caso de utensilios de cocina y vajilla, es recomendable utilizar como última agua de enjuague una solución clorada, que contenga 200 p.p.m. de cloro libre.

Cuando se trate de mesas y estantes, después de lavarlos, se les debe desinfectar, enjuagándolos o rociándolos con una solución que contenga 1,000 p.p.m. de cloro.

Las personas que efectúan el rociado de soluciones cloradas, deberán usar máscara o un pañuelo con algodón humedecido en agua, colocado encima de la boca y nariz.

## PRECAUCIONES EN EL USO DE SUSTANCIAS CLORADAS

El cloro gaseoso produce irritación extrema en la piel, los ojos y las membranas mucosas.

Produce dolores respiratorios agudos, incluyendo tos, hemoptisis, dolores torácicos, disnea y cianosis. Más tarde puede sobrevenir traqueobronquitis, bronconeumonía y edema pulmonar.

Por lo expuesto, existe la necesidad de tener en cuenta algunas precauciones cuando se manipulan sustancias cloradas así:

- 1.- Los envases que contengan compuestos clorados, deben almacenarse en lugares secos y frescos, ya que si se le deja expuesto al calor dentro de envases cerrados, puede explosionar; así mismo en contacto con materias combustibles puede ocasionar incendios.
- 2.- Los compuestos clorados en presencia de la humedad son fuertemente corrosivos de igual manera las soluciones cloradas, que por ello, deben ser guardados en envases de vidrio o plástico.
- 3.- Al ejecutar trabajos de desinfección con soluciones cloradas tanto en pozos o reservorios techados, además de las precauciones que se indican más adelante, debe tenerse la precaución de que fuera de estos recintos cerrados existan otras personas que en caso necesario puedan ayudar a los que están expuestos a la acción de las emanaciones gaseosas del cloro.

### Intoxicación por cloro.-

La intoxicación por cloro puede ser producida por el cloro mismo o algunos de sus derivados; sus síntomas, signos, prevención y tratamiento varían según sea la vía de penetración del cloro. Se conocen dos vías de penetración:

1.- Vía Respiratoria .

2.- Vía Digestiva .

#### 1.- Penetración del cloro por vía respiratoria.-

El ingreso del cloro por la vía respiratoria se produce en forma accidental, sea por la ruptura de balones de cloro o mala manobra en su manejo o por la evaporación de otros compuestos que contienen cloro.

##### a) Síntomas y Signos.-

Los síntomas y signos de la intoxicación por cloro que ingresa por la vía respiratoria se debe a la transformación del cloro en ácido clorhídrico, produciendo: irritación nasal y bronquial; pueden variar desde un simple estornudo hasta edema agudo del pulmón, pasando por procesos bronquiales o neumopáticos.

##### b) Prevención.-

Se debe trabajar en ambientes amplios y bien ventilados, los obreros pueden protegerse con mascarillas, en la práctica se puede envolver un pañuelo con algodón impregnado en tiosulfato de sodio (anticloro); en reemplazo de éste

puede usarse algodón simple humedecido en agua, en este caso hay que tener cuidado de no exponerse a los rayos solares mientras se tenga el pañuelo con el algodón humedecido porque la solución de cloro que se forma, en presencia de la luz solar se convierte en ácido clorhídrico; otra medida menos segura es la de espolvorear yeso en polvo en los cuartos donde hay posibilidad de evaporación de cloro.

c) Tratamiento. -

El tratamiento que se recomienda es el siguiente:

- I .-Retirar al intoxicado a un lugar bien ventilado.
- II .-Hacerle respiración artificial (no se recomienda el método boca a boca).
- III.- Aplicarle oxígeno
- IV.-Si hubiera síntomas de edema pulmonar se inyectará atropina.
- V .-Reposo absoluto por lo menos 2 horas o mejor aún hasta que haya sido examinado por un médico.
- VI.-Suministrar de 5 a 10 gotas de lugol, (yodo + yoduro de potasio) en medio vaso de agua.
- VII.-Como medida complementaria hacer



le un lavado de los ojos con bastante agua que haya sido hervida, pero al momento de usarla debe estar completamente fría; si se dispone de agua potable o destilada puede aplicársele inmediatamente.

## 2.- Penetración de cloro por vía digestiva.-

Se produce muy raramente, por error o intento de suicidio.

### a) Síntomas y Signos.-

Diarrea, vómitos, dolor abdominal, melena y hematemesis (eliminación descontrolada de sangre por el recto o por la boca).

### b) Profilaxis.-

Identificar con signos visibles, todos los frascos que contengan derivados de cloro.

c) I .- Ingestión de una solución de yeso, creta, bicarbonato de sodio o agua con unas gotas de lugol.

II .- Observación en la boca de signo de quemadura, en cuyo caso deben ser hospitalizados inmediatamente.

III .- Si hubiera dolor de estómago se procederá en la misma forma.

IV .- De no producirse las ocurrencias señaladas en II y III se podrá provocar el vómito excitando la úvula (campanilla) o dando mayores cantidades de solución de bicarbonato.

V.- La presencia de melena y hematemesis requiere la inmediata intervención del facultativo preferentemente en un hospital.

### Intoxicación Crónica.-

Según la mayoría de los autores no es posible la intoxicación crónica, porque el cloro que ingresa al organismo, es inmediatamente convertido en ácido clorhídrico y eliminado por la vía gástrica. Los casos narrados por algunos autores parecen deberse a complicaciones de la irritación bronquial o gástrica.

### Muerte.-

La muerte por intoxicación por cloro se produce:

- a) Cuando el cloro ingresa por vía respiratoria por edema pulmonar o complicaciones de la irritación producida en las mucosas, por lo que se requiere un tratamiento antibiótico preventivo.
- b) Cuando el cloro ingresa por vía digestiva, la muerte se produce por perforación gástrica o por complicación de la irritación de la mucosa intestinal, por lo que debe hacerse el tratamiento preventivo con antibiótico.

## Anexos

### Tratamiento de aguas servidas.-

Como una medida utilizable para casos de emergencia, podemos también mencionar que la demanda de cloro de las aguas servidas, depende de su concentración y características específicas, pudiendo mencionarse:

- |  |                |
|--|----------------|
| a) Desagüe doméstico no tratado.   | 10 a 25 p.p.m. |
| b) Aguas servidas con tratamiento primario, (efluente de tanques sépticos o Imhoff).               | 5 a 15 p.p.m.  |
| c) Aguas servidas con tratamiento secundario, (efluente de filtros percoladores, lodos activados). | 2 a 5 p.p.m.   |

La acción bactericida del cloro es rápida si es que se consigue una mezcla inicial violenta, si el pH y la temperatura son adecuados y si se obtiene un residual de cloro de 0.5 p.p.m. después de un período de contacto de 15 minutos.

En el tratamiento de aguas servidas, puede presentarse también el caso de tener la necesidad de controlar los malos olores, aspecto que si bien es cierto, es de carácter psicológico, hay que admitir que causan no solamente incomodidad y deben ser eliminados hasta donde sea posible por los casos de alergia que producen. La mayoría de los olores repug

nantes, son causados por la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno.

Entre los malos olores que se desprenden, el principal es el ácido sulfhídrico, su producción se acentúa con la presencia de bacterias que reducen químicamente los sulfatos que se encuentran normalmente en las aguas servidas.

Las medidas que se tomen para el control de malos olores, deben tratar de destruir estas bacterias, antes que se forme el ácido sulfhídrico, o hacerlo menos ofensivo una vez que se haya producido. Si es posible, los compuestos clorados deben aplicarse a las aguas servidas cuando éstas se encuentran aún frescas; esta acción no solamente evita la formación de malos olores sino también impide la corrosión de las tuberías de la red de alcantarillado, debido a la presencia del ácido sulfhídrico y la formación de otros ácidos. Para los efectos de control de malos olores, generalmente es suficiente usar una dosis de 0.5 p.p.m. de cloro libre; si esta dosis no diera efectos apreciables, se pueden aplicar las sustancias cloradas a cualquier punto donde se produzca los malos olores debido a que el cloro no solamente ejerce su acción sobre el ácido sulfhídrico, sino también, se combina rápidamente con la materia orgánica.

Normalmente se requieren dosis de 4 a 8 p.p.m. de cloro activo para reaccionar con 1 p.p.m. de ácido sulfhídrico.

En muchas oportunidades se utilizan los compuestos clorados, para la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno, (B.O.D.) que así se le denomina a la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica; este parámetro, se considera actual

mente como el mejor criterio para determinar la concentración de residuos en las aguas servidas y como tal, también para determinar la eficiencia de los diferentes tipos de tratamiento de ellos.

Normalmente, 1.0 p.p.m. de cloro libre, reducirá la demanda bioquímica de oxígeno en 2 a 3 p.p.m.

### Determinación práctica de la demanda de cloro.-

La determinación aproximada de la cantidad de cloro que debe agregarse a una cantidad de agua puede efectuarse por el siguiente método práctico:

- 1.- Prepárese una solución que contenga un gramo de cloro libre por litro (1 miligramo por mililitro).
- 2.- Se coloca una hilera de 10 frascos o botellas que sean transparentes, añadiéndose a cada frasco una cantidad determinada del agua que habremos de investigar.
- 3.- Se añade la solución clorada a cada uno de los frascos de la manera siguiente: 10 gotas al 1er. frasco, 20 al 2do., 30 al 3ro. y así sucesivamente (con gran aproximación, los goteros dan 1 mililitro por cada 20 gotas). Se agitan suavemente los frascos y se dejan reposar durante media hora.
- 4.- Transcurrido este tiempo, a cada frasco se le agrega de dos (2) a tres (3) cristales de yoduro de potasio, o de 4 a 5 gotas de yodo, agitándose nuevamente hasta diluirse.
- 5.- Se agrega cuatro (4) gotas de vinagre, e

igual cantidad de solución de almidón, agitando cuidadosamente con una cuchara, libre de jabón o sustancias extrañas.

6. Se notará que el agua contenida en los diferentes frascos toma una coloración azulada cuya intensidad está en relación directa con la cantidad de cloro que contienen. El frasco que contenga la coloración más tenue nos indica la demanda de cloro. Esta se calcula de la manera siguiente: Supongamos que a cada frasco se le hubiera llenado 400 mililitros de agua (0.4 lts.) y que fue el segundo, el que presentó la coloración más tenue; como a este frasco se pusieron 20 gotas o sea 1 mililitro de la solución clorada y como esta solución contenía un (1) miligramo de cloro por cada mililitro, entonces para saber la cantidad de cloro que debe agregarse a cada litro de agua, se efectúa la siguiente operación:

$$C = \frac{1 \times 1000}{400} = 2.5 \text{ mgr./lt.}$$

Para la preparación de la solución inicial que debe contener un gramo de cloro libre por litro, debe tenerse presente el porcentaje de pureza del compuesto clorado; así por ejemplo si se quiere preparar un litro de esa solución y el compuesto clorado que se tiene es hipoclorito de calcio con 34% de cloro libre, se deberá añadir a 1 litro de agua limpia, una cantidad de:

$$\frac{1}{0.34} = 3 \text{ gramos de compuesto clorado}$$

### Determinación práctica del cloro residual.-

Hay varios métodos para la determinación del cloro residual, tales como el método de la Ortotolidina, utilizando comparadores colorimétricos y el del almidón yodado.

No obstante, para determinar con rapidez y facilidad si hay cloro residual en el agua potable, puede hacerse la siguiente prueba sencilla:

- 1.- Se lava una taza varias veces, con el agua que va a probarse.
- 2.- Se llena esta taza con la misma agua, agregando tres (3) cristales de yoduro de potasio o 4 ó 5 gotas de yodo, agitando suavemente.
- 3.- Agregar 4 ó 5 gotas de vinagre e igual cantidad de solución de almidón.
- 4.- Si aparece una coloración azul-morado, hay cloro residual; la intensidad del color es proporcional a la cantidad de cloro presente. Si no se presenta el color azul, quiere decir que el agua no ha sido tratado suficientemente.

### Ejemplos prácticos.-

Ejemplo N° 1.- Preparación de una solución de cloro

Se desea preparar 10 litros de solución clorada, que contenga 10,000 partes por millón de cloro, utilizando hipoclorito de calcio que contenga 34% de

cloro libre (Alcablanc). Entonces:

$$\begin{array}{ll} P = \text{Incógnita} & L = 10 \\ C = 10,000 & B = 34 \end{array}$$

Reemplazando estos valores en la fórmula N° 1:

$$P = \frac{10,000 \times 10}{34 \times 10}$$

$$P = 294 \text{ grs.}$$

es decir, a 10 litros de agua limpia, se le deberá agregar 294 gramos de hipoclorito de calcio.

Otro Ejemplo:

Para efectuar la desinfección de los servicios de un hospital, se requiere preparar 50 litros de solución de cloro, que contenga 1,000 partes por millón de cloro libre, utilizando hipoclorito de calcio que contenga 70% de cloro libre.

Entonces:

$$\begin{array}{ll} P = X & A = 50 \\ C = 1,000 & B = 70 \end{array}$$

Reemplazando estos valores en la fórmula N° 1:

$$P = \frac{1,000 \times 50}{70 \times 10} = 14.3 \text{ grs.}$$

o sea que a 50 litros de agua limpia, se le agregará 14.3 gramos de hipoclorito de calcio.

Ejemplo N° 2.- Desinfección de un pozo excavado.

Se desea desinfectar un pozo excavado que tiene un diámetro de 1.20 metros y una altura de agua de 4.50 metros. Disponiendo de hipoclorito de calcio



al 34%, se desea saber que cantidad de dicho com  
puesto clorado habrá de usarse para este trabajo.

Solución:

Volumen de agua dentro del pozo:

$$V = \pi r^2 \times h \quad \text{donde:}$$

$$\pi = 3.1416$$

$$r = 0.60 \text{ m.}$$

$$h = 4.50 \text{ m.}$$

$$V = 3.1416 \times 0.60^2 \times 4.50$$

$$V = 5.10 \text{ m}^3 = 5,100 \text{ lts.}$$

Para efectuar la desinfección se requerirá 50  
p.p.m. de cloro libre, o sea 50 mgr. por litro; para  
los 5,100 litros se requerirá:

$$\begin{aligned} 5,100 \times 50 &= 255,000 \text{ miligramos} \\ &= 255 \text{ gramos de cloro.} \end{aligned}$$

como el compuesto clorado es al 34% de pureza, en  
tonces necesitaremos:

$$\frac{255}{0.34} = 750 \text{ gramos de hipoclorito de calcio}$$

Esta cantidad, se diluirá en un poco de agua has  
ta formar una pasta y se agregará a medio balde de  
agua, vertiéndolo dentro del pozo.

Ejemplo N° 3.- Desinfección de un pozo perforado.

Se tiene un pozo perforado de 10 pulgadas de

diámetro y una altura de agua de 60 metros, ¿Qué cantidad de hipoclorito de calcio al 70% de cloro, libre, se deberá usar para su desinfección?

Solución:

Para desinfectar los tubos antes de ser colocados, se preparará una solución que contenga 1,000 partes por millón de cloro libre, para lo cual usamos la siguiente fórmula, para preparar por ejemplo 50 litros de solución:

$$P = \frac{C \times L}{B \times 10} = \frac{1,000 \times 50}{70 \times 10} = 71.4 \text{ grs.}$$

o sea 71.4 gramos de compuesto clorado que se agregarán a 50 litros de agua; con esta solución, se lavará la parte interior de los tubos.

Luego de construido el pozo:

$$\text{Volúmen de agua} = \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

donde:

$$\pi = 3.1416 \quad d = 10 \text{ pulgadas} = 25 \text{ centímetros}$$

$$h = 60 \text{ metros}$$

$$V = \frac{3.1416 \times 0.0625}{4} \times 60$$

$$V = 2.94 \text{ m}^3 = 2,940 \text{ lts.}$$

Desinfectando este volumen de agua con una cantidad de cloro a una concentración de 100 p.p.m. (100 miligramos por litro):

$$2,940 \times 100 = 294,000 \text{ miligramos} = 294 \text{ grs.}$$

como el compuesto es al 70%

$$\frac{294}{0.7} = 420 \text{ grs.}$$

O sea que se requiere diluir 420 gramos de hi  
poclorito de calcio en un balde lleno de agua y ver  
terlo dentro del pozo.

#### Ejemplo N° 4.- Desinfección de un reservorio

Se desea desinfectar un reservorio para almace  
nar agua potable, que tiene las siguientes dimensio  
nes interiores:

1.20 x 2.80 x 1.30 m. de altura.- Se dispone del pro  
ducto comercial denominado Alcablanc que contiene  
34% de cloro libre.

Se desea saber qué cantidad de compuesto cloro  
do habrá de utilizarse.

Solución:

$$\begin{aligned}\text{Volúmen del reservorio} &= 1.20 \times 2.80 \times 1.30 \\ &= 4.37 \text{ m}^3 = 4,370 \text{ lts.}\end{aligned}$$

Dosificación de cloro a ser utilizado:

$$\begin{aligned}100 \text{ p.p.m.} &= 100 \text{ miligramos por litro.} \\ \text{en } 4,370 \text{ lts.} &= 4.370 \times 100 = 437,000 \text{ miligramos} \\ &= 437 \text{ gramos.}\end{aligned}$$

Como el Alcablanc tiene 34% de cloro libre.  
Entonces se requiere:

$$\frac{437}{0.34} = 1,285 \text{ gramos} = 1,285 \text{ kilos}$$

Es decir se pesan 1,285 grs. de Alcablanc, se di  
suelve en un balde de agua, se vierte dentro del re  
servorio y luego se llena éste, con el agua potable;  
siguiendo luego con las indicaciones anteriores.

#### Ejemplo N° 5.- Diseño de un hipoclorador de emer gencia.

Por razones de emergencia, se necesita abastecer

de agua a una población, utilizando un río cuyas aguas aparentemente limpias, están contaminadas. El agua habrá de llegar a un reservorio, del que se entregará, directamente para su consumo. Se desea instalar en el reservorio un hipoclorador de emergencia cuyo funcionamiento habrá de regularse para un gasto de agua de 1 lt/sg., disponiendo de hipoclorito de calcio, con una concentración de 34% de cloro.

- a. -Teóricamente ¿Qué cantidad de cloro se debe agregar al agua?, suponiendo que hecha la prueba de la demanda de cloro, se ha obtenido una cifra de 0.4 mgr./lt y se quiere matar el 99.99% de las bacterias patógenas en 10 minutos, la temperatura del agua es de 20°C y su pH=9.8 .
- b. -La dosificación aplicada ¿Es suficiente como para matar quistes de entamoeba histolítica, si éstas se encuentran en el agua? y si se tomara un tiempo de contacto de 30 minutos?.
- c. -De existir materia orgánica en el agua que permita la formación de cloramina ¿qué dosificación de cloro y qué tiempo de contacto se debería considerar para matar el 100% de bacilos coli?

Solución:

- a. De acuerdo con el gráfico N° 1, para obtener la muerte del 100% de Escherichia Coli y con mayor razón aún de las bacterias patógenas, a una temperatura de 20°C y un pH=9.8 se debe aplicar 0.3 mgr./lt de cloro

La dosificación deberá ser:

$$0.4 \text{ (demanda)} + 0.3 \text{ (residual)} = 0.7 \text{ mgr/lt.}$$

es decir, por cada litro de agua debe aplicarse 0.7 miligramos de cloro por segundo.

Si la concentración del hipoclorito es del 70% la dosificación debe ser de:

$$\frac{0.7 \text{ mgr./lt}}{0.7} = 1 \text{ mgr./sg. de cloro}$$

Si se escoge un clorador de emergencia tipo botellón, como los que se indican en el presente manual, se preparará una solución que tenga 1% de cloro, o sea 10,000 mgr./lt y se le llenará en el botellón: 10,000 mgr./lt = 10,000 mgr/1,000 mililitros; 1 miligramo de cloro estará contenido en 0.1 mililitro o sea que se dosará 0.1 mililitros por segundo.

Como:

1 mililitro es igual a 20 gotas,  
0.1 mililitro es igual a 2 gotas,

es decir, el dosador se calibrará para que entregue 2 gotas por segundo o también 6 mililitros por minuto. Si el botellón de vidrio que se escoge es de 4 litros éste durará para un tiempo de:

$$\frac{4,000 \text{ mililitros}}{6 \text{ mililitros/ minuto}} = 666 \text{ minutos} = 11 \text{ horas}$$

b. Si la dosificación aplicada es de 0.3 mgr/lt (residual que se agregará como bactericida) en el gráfico N° 2, vemos que para un tiempo de contacto de 30 minutos y para un pH=9, se requieren 20 partes por millón de cloro residual libre, es decir la dosis no es suficiente para eliminar quistes de amebas.

- c. Al agregarle cloro al agua, la materia orgánica presente, facilitará la formación de cloraminas. Del gráfico N° 1, vemos que para un  $\text{pH} = 9.8$ , y para un tiempo de contacto de 60 minutos, se debe aplicar 1.6 miligramos de cloro por litro de agua, o sea que la dosificación total será de:

$$1.6 + 0.4 = 2 \text{ miligramos de cloro por litro de agua.}$$

**Ejemplo N° 6.- Desinfección de una red de abastecimiento.**

Se desea desinfectar una red de abastecimiento de agua para una localidad rural que consta de un reservorio de  $15 \text{ m}^3$  y 2,800 mts. de redes (1,600 m. de 4" de diámetro y 1,200 mts. de 2"). Se cuenta con "Alcablanc" (34% de cloro libre).

Solución:

1. Cálculo del volumen de agua necesaria para llenar la red:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times \text{longitud}; \quad D = 4'' = 0.10 \text{ m.}$$

$$D = 2'' = 0.05 \text{ m.}$$

- a) Para la red de 4" :

$$V = \frac{3.1416 \times 0.01}{4} \times 1.600$$

$$V = 12.576 \text{ m}^3 = 12,576 \text{ lts.}$$

- b) Para la red de 2" :

$$V = \frac{3.1416 \times 0.0025}{4} \times 1,200$$

$$V = 2.36 \text{ m}^3 = 2,360 \text{ lts.}$$

$$\text{Volúmen total} = 12,576 + 2,360 = 14,936 \text{ lts.}$$

2. Como el reservorio tiene una capacidad de 15 m<sup>3</sup> o sea 15,000 lts., deberá prepararse la solución una sola vez, de la siguiente manera:

Dosificación a usarse: 50 p.p.m. = 50 mgr/lit.

Si para un litro se requieren 50 miligramos de cloro, para 15,000 lts. se necesitará:

$$15,000 \times 50 = 750,000 \text{ miligramos.}$$

$$x = 750 \text{ grs.}$$

Como el compuesto clorado tiene 34% de cloro libre:

$$x = \frac{750}{0.34} = 2,210 \text{ gramos} = 2.21 \text{ kilos}$$

3. Se procede a llenar el reservorio de agua y en él se disuelve la cantidad de compuesto clorado que antes se indica.
4. Se continúa con la desinfección de la red, tal como se indica anteriormente.
- — — — —

### Gráficos de eficiencia bacteriológica del cloro, en la desinfección de aguas.-

Se adjuntan dos gráficos que reúnen los factores de temperatura del agua, pH y tiempo de contacto para la desinfección.

El gráfico N° 1 se refiere a las propiedades bactericidas del cloro libre y de las cloraminas, para matar el 100% de Escherichia Coli a temperatura de 20°

a 25° C. Este gráfico fue hecho por C.T.Butterfield, luego de efectuar experiencias con diferentes tipos de bacterias como: Escherichia Coli, Aerobacter Aerógenos, Pseudomonas Pyocianico, Eberthella tifosa y Shigella disenteriae.

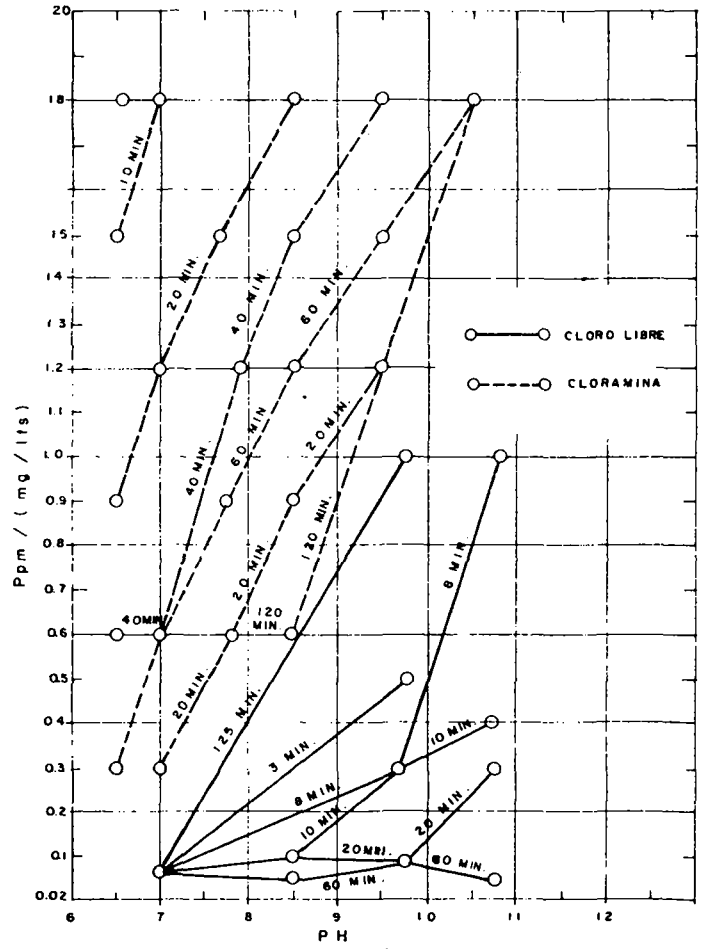
El gráfico N° 2, aprobado por la Academia de Ciencias del Concejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos, indica el residual mínimo de cloro libre que debe dejarse en el agua para eliminar los quistes de Endoameba Histolítica, para un tiempo de contacto de 30 minutos y temperaturas de agua de 2° a 5° C y 20 a 25° C.

Del estudio de los dos gráficos podemos concluir:

1. La dosis mínima de cloro libre para matar los quistes de endoamebas es de 2.0 p.p.m. a 20° C y un pH = 6.5
2. Que la dosis mínima para eliminar Escherichia Coli al mismo pH y temperatura del agua es de 0.02 p.p.m. cantidad que es 100 veces menor.
3. Por lo tanto, los residuales de cloro usados normalmente en las redes de agua potable, no son efectivos para destruir quistes de amebas.
4. Si los quistes de amebas, no quedan retenidos en los filtros, es necesario recurrir a un proceso de supercloración hasta el punto indicado por las curvas y luego de cloración mediante aireación, uso de carbón activado, etc.



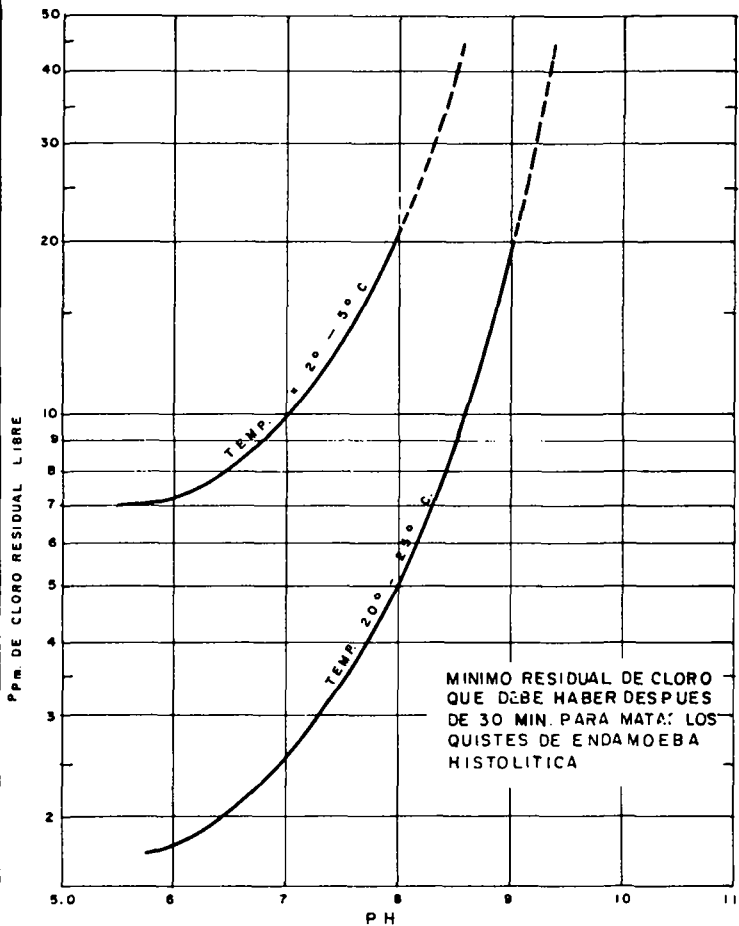
GRAFICO N° 1  
 PROPIEDADES BACTERICIDAS DEL CLORO LIBRE  
 Y LAS CLORAMINAS



MINUTOS PARA MATAR EL 100% DE ESCHERICHIA COLI CON CLORO LIBRE, Y CLORAMINAS, A TEMPERATURA DE 20°-25° C.



GRAFICO Nº 2



CURVAS APROBADAS POR LA ACADEMIA DE CIENCIAS DEL  
 CONCEJO NACIONAL DE INVESTIGACION DE LOS EE. UU.



## HIPOCLORADOR PARA SISTEMA DE BOMBEO

Este dosador funciona bajo el principio de que los equipos descartables para transfusiones, son muy exactos.

Tiene la gran ventaja de su bajo costo, y que en los casos de emergencia, se les utiliza junto con los frascos de plasma y suero; la dosificación de soluciones cloradas, con estos equipos descartables, es de control automático, ya que al dejar de funcionar el equipo de bombeo, se detiene también la dosificación, ventaja que solo tienen los equipos hipocloradores patentados y cuyo costo es varios cientos de veces superior, al de los equipos descartables de venoclisis.

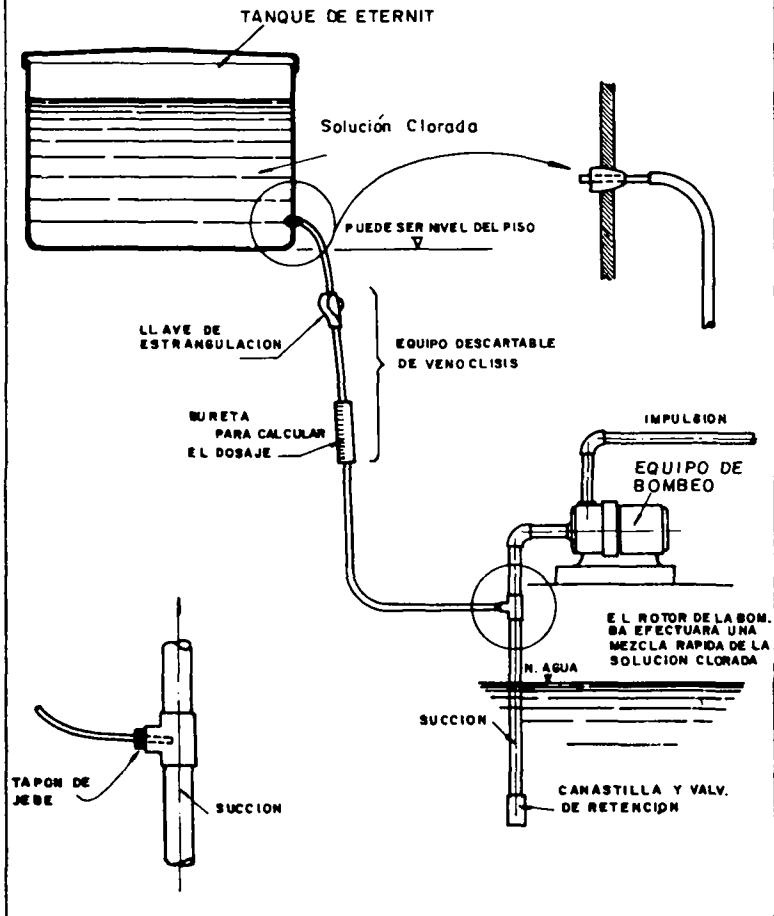
Debe hacerse presente, que el equipo de bombeo, debe poseer en la succión, la correspondiente válvula de pié.

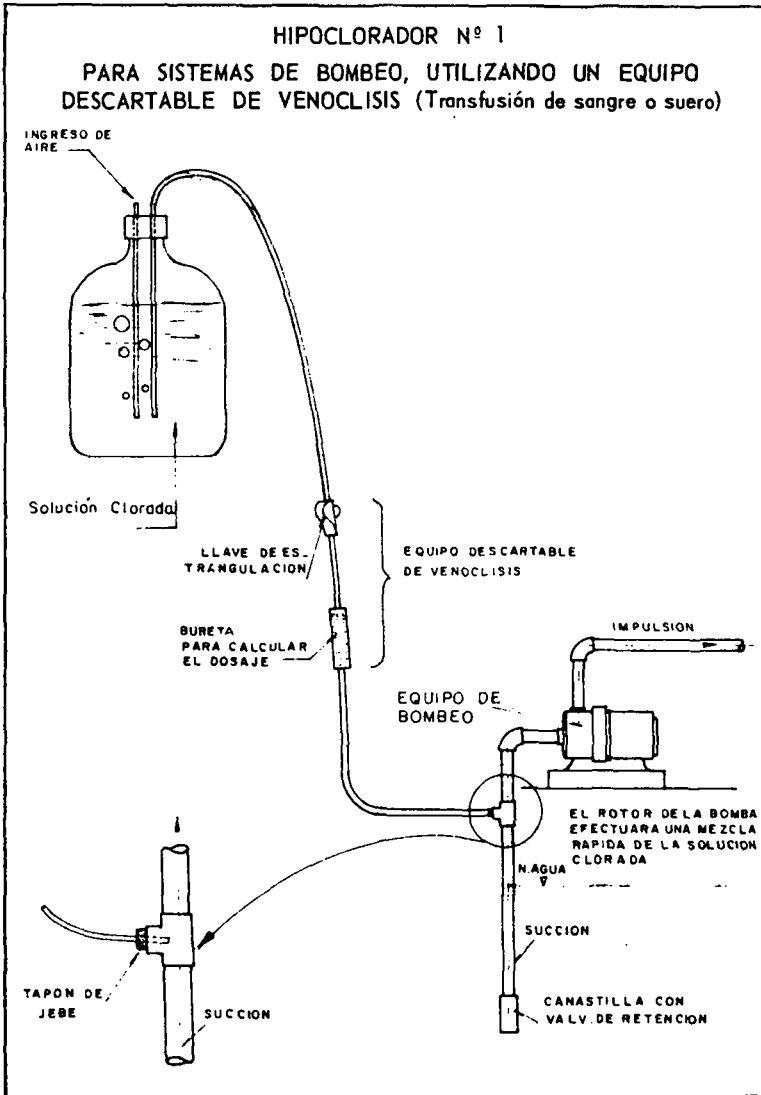
Cabe mencionar también que muchas marcas de equipos descartables de venoclisis poseen una sola válvula de regulación, lo que no altera el funcionamiento hidráulico del sistema.

## INSTRUCCIONES PARA SU USO

- 1.- Preparar una solución de hipoclorito de calcio o de sodio, a determinada concentración y luego viértase en un botellón o tanque de eternit, te niendo cuidado de colocarlo, a fn de que no que den partículas en suspensión que puedan entorpecer el funcionamiento del sistema.
- 2.- Tátese el botellón mediante un tapón de jebe o el tanque de eternit con su respectiva tapa, a fin de que no ingresen cuerpos extraños.
- 3.- Mantener la válvula de extrangulación cerrada.
- 4.- Luego de estar colocado el sistema, tal como se muestran en las láminas correspondientes, poner en funcionamiento el equipo de bombeo y abrir la válvula de extrangulación, para permitir que se llene una tercera parte de la bureta de observación del goteo.

**HIPOCLORADOR Nº 1**  
**PARA SISTEMAS DE BOMBEO, UTILIZANDO UN EQUIPO**  
**DESCARTABLE DE VENOCCLISIS (Transfusión de sangre o suero)**





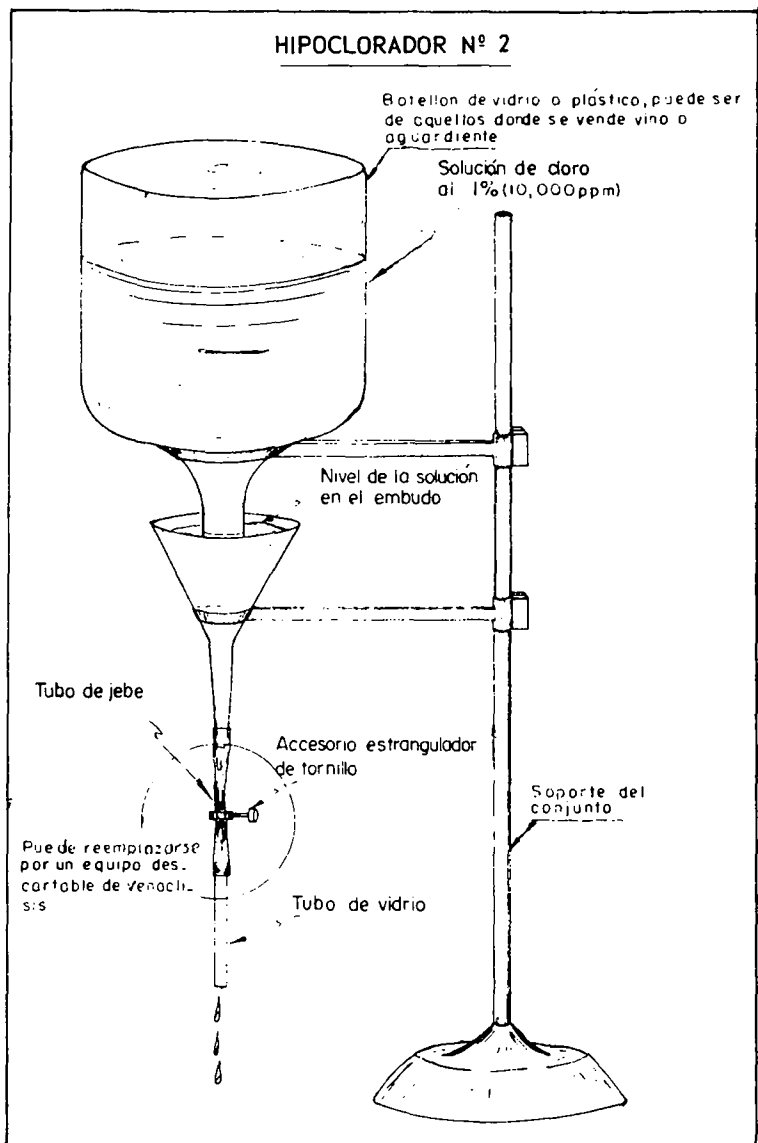


## HIPOCLORADOR Nº 2, INSTRUCCIONES PARA SU USO

- 1.- Prepare una solución de hipoclorito de calcio, de concentración determinada, por ejemplo 1% y luego viértalo en una damajuana o botellón, colándolo mediante un colador de té.
- 2.- Una vez colocado el embudo en el soporte correspondiente y manteniendo cerrado el accesorio estrangulador de tornillo, voltear el botellón a fin de que la boca quede dentro del embudo.
- 3.- Una vez que la solución clorada ha llegado al nivel de la boca del botellón, el líquido dejará de salir.
- 4.- Calcular el número de gotas que por unidad de tiempo deberá dosarse, de acuerdo al caudal de agua a tratarse, la dosificación de la solución clorada y la concentración de ésta última. Por ejemplo si la solución es al 1% (10,000 p.p.m.) 1 gota contendrá 0.6 miligramos de cloro.
- 5.- Regule el accesorio estrangulador de tornillo, para que deje caer el número de gotas calculado

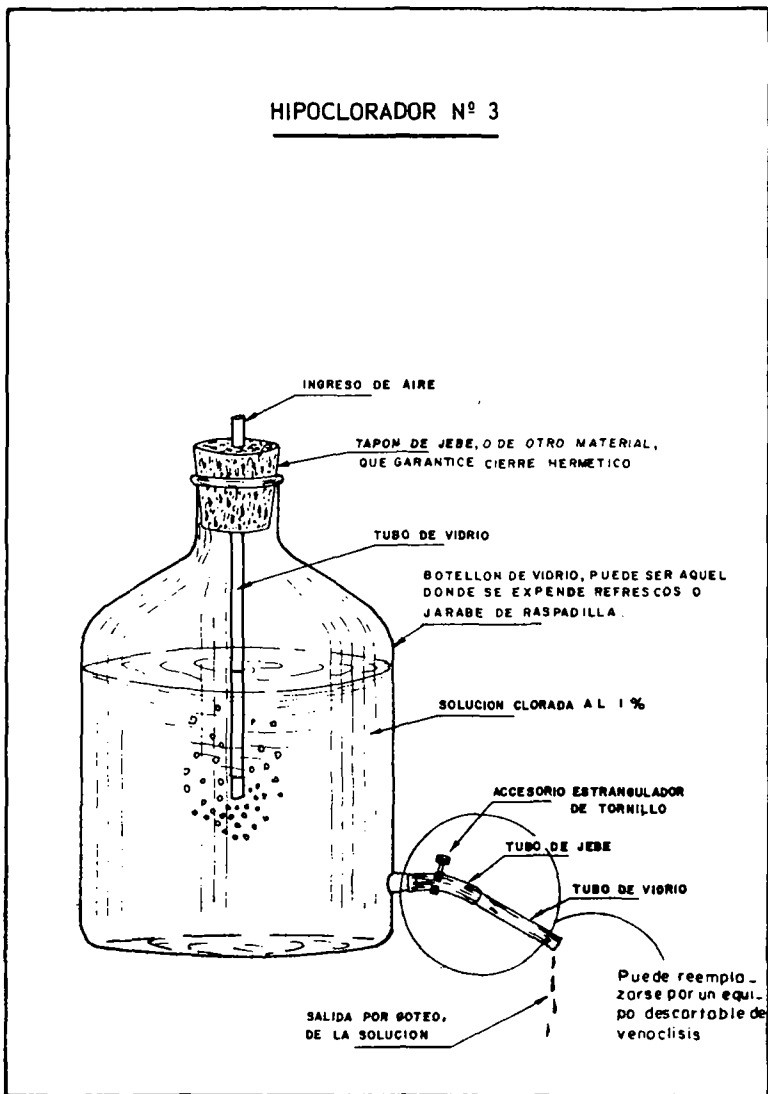


## HIPOCLORADOR Nº 2



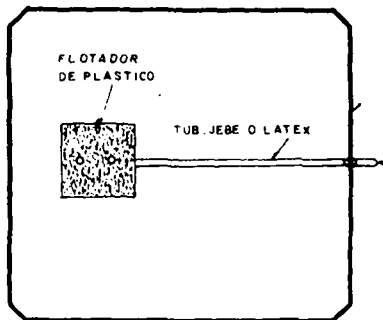


### HIPOCLORADOR Nº 3

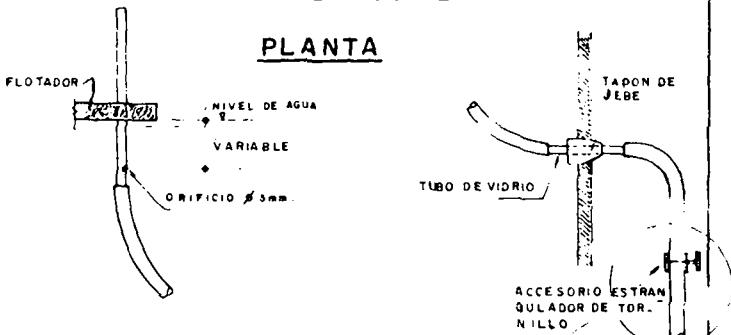




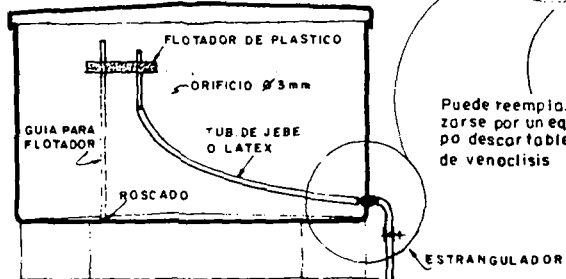
HIPOCLORADOR Nº 4  
CON SISTEMA DE FLOTACION



PLANTA



CORTE



Puede reemplazarse por un equipo descartable de venoclisis





## BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Manual de Tratamiento de aguas potables", Jorge Arboleda V., Fernando Vargas C. y Hernando Correal C. Programa de Educación de Ingeniería Sanitaria - Caracas - 1969.
- 2.- "Prácticas y Vigilancia de las operaciones de Tratamiento del agua". Charles R. Cox - Organización Mundial de la Salud- 1966.
- 3.- "Ingeniería Sanitaria aplicada a Saneamiento y Salud Pública". Francisco Unda Opazo - Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana - México - 1967.
- 4.- "Algunos aspectos prácticos en el manejo del cloro". Chris F. Bingham - Manual de Ingeniería Sanitaria - 1947.
- 5.- "Los métodos de cloración en la actualidad".- Harry A. Faber - Manual de Ingeniería Sanitaria.
- 6.- "Manual de Saneamiento del Agua". Centro Regional de Ayuda Técnica - Agencia para el Desarrollo Internacional - (A.I.D.) México 1965.
- 7.- "Curso de Tratamiento de aguas" - José Martiniانو de Azevedo M. Neto - Fac. de Higiene y Salud Pública de la Universidad de Sao Paulo - Brasil.
- 8.- "Sewage Treatment" Karl Imhoff y Gordon Fair John Wiley and Sons., Inc. Nueva York.
- 9.- "Environmental Health Practice in Disasters". - by F.W. Mc. Donald y S.E. Trygg - Octubre 1968.



- 10.- "Percloron, Calcium Hypochlorite"- Pennsalt-  
Chemicals Corp.
- 11.- "Química y Microbiología del Agua" - J.R.  
Hurtado.
- 12.- "El uso de HTH" - Custer & Thomen.
- 13.- "Industrial Hygiene and Toxicology" - Frank  
A. Patty Editor -1967.
- 14.- "Enfermedades Ocupacionales, Guía para su re-  
conocimiento" Organización Panamericana de  
la Salud - 1969.
- 15.- "Curso de operación de plantas de tratamiento  
para Superintendentes" - Programa de Educa-  
ción de Ingeniería Sanitaria - Caracas 1969.
- 16.- "Manual de Normas de Saneamiento recomen-  
dado para establecimientos turísticos". Infor-  
me de una Comisión Especial de la O.P.S.
- 17.- "Abastecimiento de Agua". Babbit and Doland
- 18.- "Abastecimiento de agua en las zonas rurales  
y en las pequeñas comunidades" - E.G. Wag-  
ner y J.N. Lanoix.
- 19.- "Curso sobre Plantas de tratamiento de Aguas  
Potables". Universidad Mayor de San Andrés -  
Fac. de Ingeniería Civil. La Paz - Bolivia.
- 20.- "Curso de Mantenimiento de equipos hospitala-  
rios y Saneamiento básico en Hospitales".  
Universidad Nacional de Ingeniería Facultad  
de Ingeniería Sanitaria.

**Se terminó de imprimir el 28 de  
Agosto de 1971, en la Unidad de  
Imprenta del Ministerio de Salud**

**LIMA - PERU**