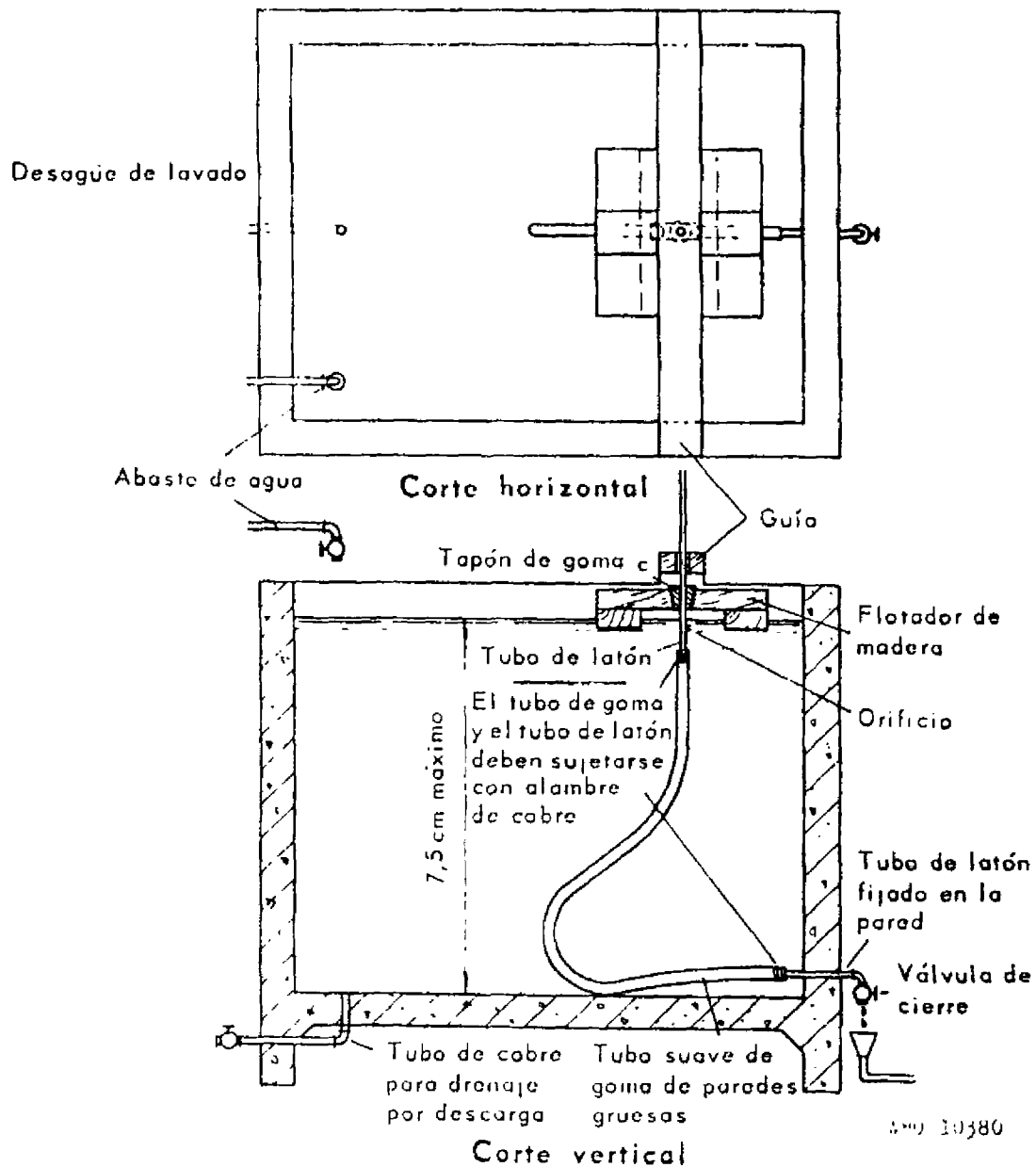


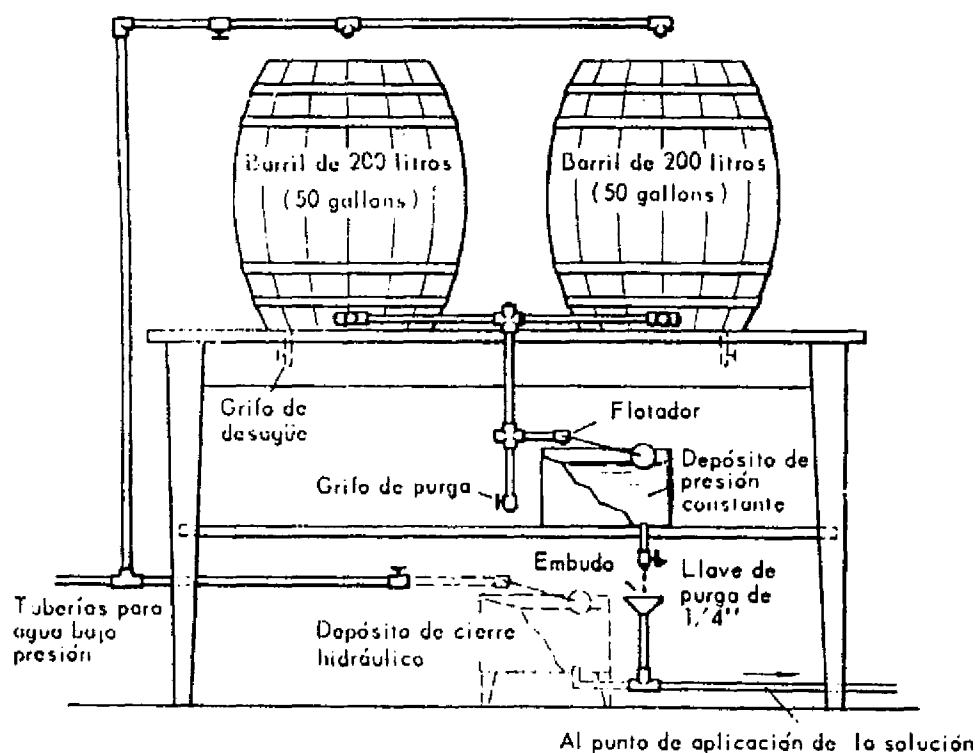
de la T se aguza por el calor para reducir el diámetro de la abertura terminal. Se ensayan varios tubos en T de diferentes aperturas para determinar el gasto de descarga. Se ajusta la concentración de la solución de manera tal que rinda la cantidad necesaria de cloro.

FIG. 13. EQUIPO PARA DISTRIBUIR SOLUCION DE HIPOCLORITO



Tomado de Bulletin N° 21, New York State Department of Health, USA.
Nota: Puede sustituirse por material plástico el de latón.

FIG. 14. APARATO PARA HIPOCLORACION



WHO 10381

No se necesitan el depósito de cierre hidráulico ni la tubería de conexión cuando se vierte la solución en un canal abierto, un pozo de bomba, etc., pero deben emplearse cuando se vierte la solución en el sector de succión de la bomba.

Para este aparato se necesitan los materiales siguientes:

Clorador :

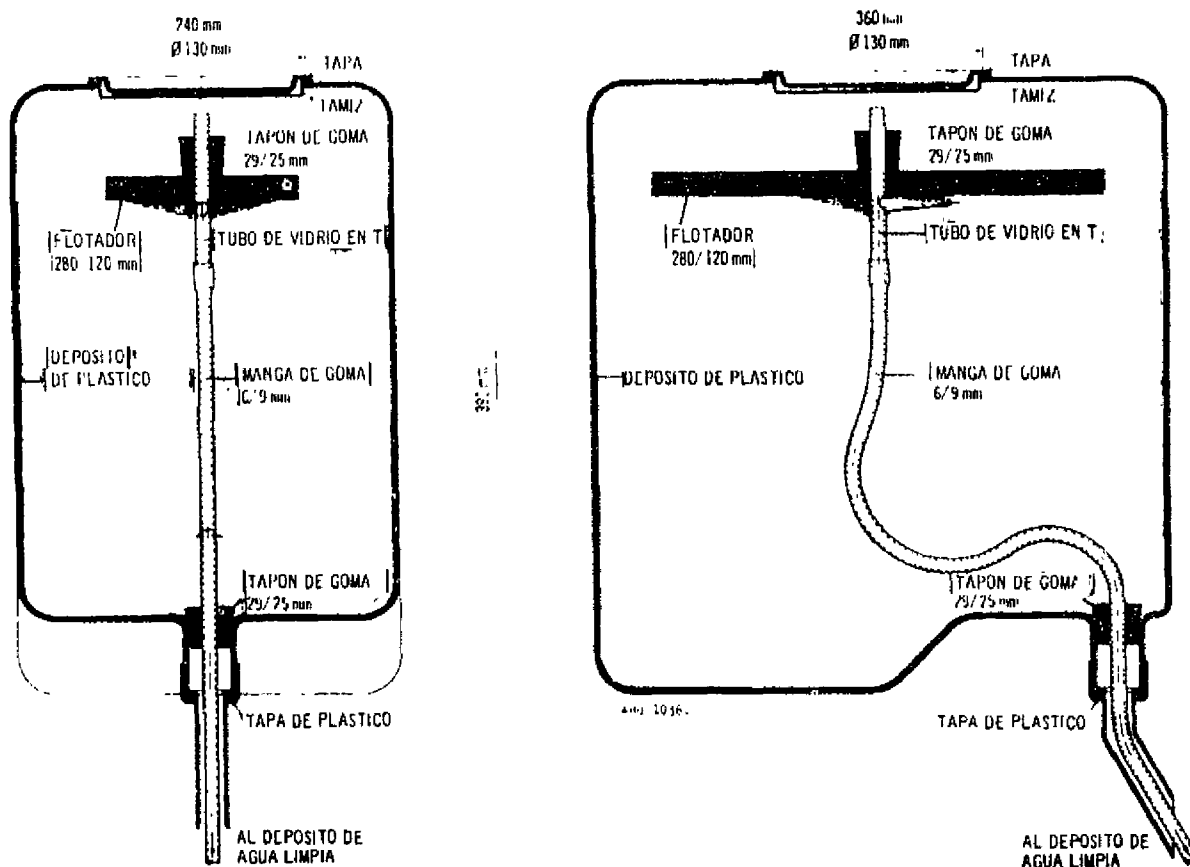
- 1 depósito de gasolina de material plástico de 25 litros
- 1 flotador de espuma plástica (28 × 12 × 1,2 cm)
- 3 tubos de vidrio en T, de 7 mm de diámetro exterior, con sus ramas verticales aguzadas para obtener distintas aperturas
- 3 tapones de goma, de 25-29 mm de diámetro
- 1 tubo de goma, de 9 mm de diámetro exterior, 6 mm de diámetro interior, 120 cm de longitud, extremadamente flexible

Materiales auxiliares :

- 1 embudo de plástico
- 1 taza para medir
- 1 tubo de plástico, de 12 mm de diámetro exterior, 9 mm de diámetro interior, de longitud variable según se necesite (aproximadamente 10 m)
- 2 baldes de plástico de 5 litros para preparar soluciones de cloro

4) *Cloración continua.* Este procedimiento, conforme al cual se sumergen en agua recipientes porosos de hipoclorito de calcio o de cloruro de cal, se utiliza principalmente para pozos y manantiales, pero también puede aplicarse a otros tipos de abastecimiento de agua. En Bulgaria y en algunos

FIG 15. CLORADOR DE DEPOSITO DE PLASTICO



otros países se ha empleado con buenos resultados prácticos; a continuación se describe brevemente su aplicación en Bulgaria:¹

El dispositivo para regular la dosis de cloro activo es un recipiente de loza de barro, cilíndrico, llamado «cartucho dosificador» (Fig. 16). Este cartucho está hecho de tierra de infusorios o de arcilla ordinaria, que son suficientemente permeables para que el cloro activo se filtre a través de esos materiales.

El cartucho se llena completamente con cloruro de cal o hipoclorito humedecidos y se cierra herméticamente con un tapón de goma. Se sumerge en el agua hasta que el cloro activo comienza a rezumar, lo que ocurre después de 12 a 24 horas.

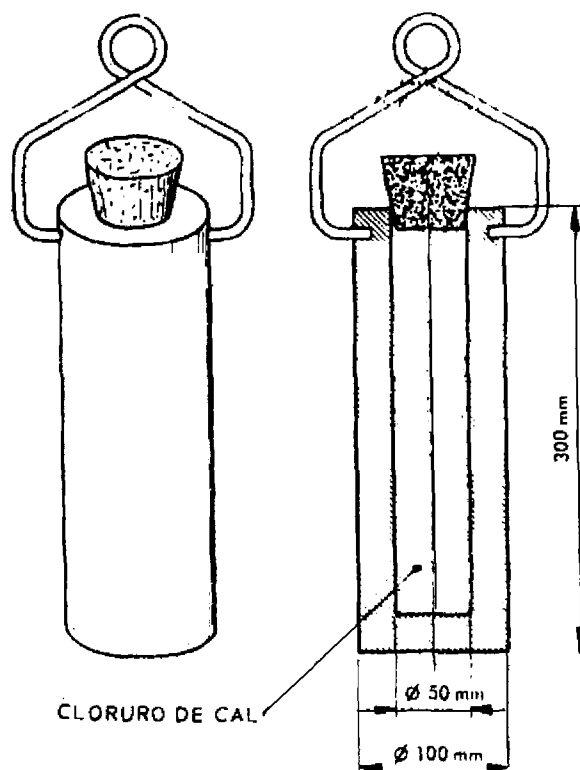
La cantidad de cloro activo que pasa a través del cartucho depende de la concentración del compuesto, la porosidad de las paredes y la superficie del cartucho que se encuentra en contacto con el agua.

El tamaño y el número de cartuchos utilizados deben seleccionarse según las necesidades; para verificar si son adecuados puede determinarse la cantidad de cloro residual. Como la filtración depende de la superficie del cartucho sumergida en el agua, es posible regular la cantidad de cloro emitida subiendo o bajando el cartucho (Fig. 17).

Con suma frecuencia se practica la cloración de urgencia en depósitos. Debe colocarse uno o más cartuchos de tal manera que se asegure la libre salida y la distribución uniforme del cloro en toda el agua que entra en el depósito, lo que puede conseguirse de dos maneras:

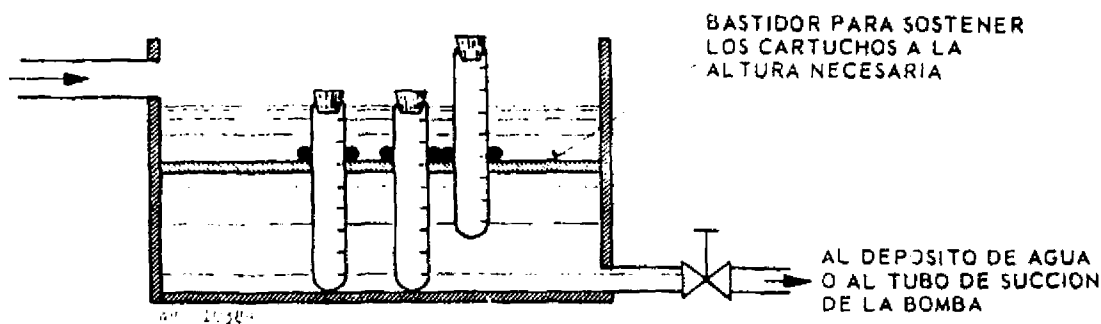
¹ Zdravkev, M. (1959) *New method of chlorinating drinking water*, Ginebra (informe inédito de la OMS).

FIG. 16. MODELO DE CARTUCHO DOSIFICADOR PARA LA CLORACION DEL AGUA POTABLE



Este cartucho tiene una capacidad de 480 g de cloruro de calcio y una tasa de liberación de cloro activo de 40 mg por hora, aproximadamente.

FIG. 17. RECIPIENTE CON CARTUCHOS DOSIFICADORES PARA CLORACION CONTINUA



1) Se desvía una pequeña cantidad de agua del tubo de entrada hacia un pequeño recipiente en el que los cartuchos se mantienen en posición vertical. Como la cantidad de agua desviada es proporcional a la cantidad que corre por el tubo de entrada, el nivel del agua en el recipiente sube o baja conforme a la cantidad de agua que entra en el depósito, y cubriendo los cartuchos en mayor o menor proporción automáticamente regula el rezumamiento de cloro.

2) Pueden sumergirse los cartuchos en el canal de descarga del depósito a través del cual pasa la cantidad total de agua. Este procedimiento puede aplicarse también a tanques de almacenamiento y torres de elevación de aguas de pequeños sistemas hidráulicos con un gasto hasta de 5 litros por segundo.

En el caso de agua bombeada, el tubo de salida del recipiente que contiene los cartuchos se conecta con el tubo de succión de la bomba. El operador debe sumergir o retirar los cartuchos cuando pone en funcionamiento o para la bomba. En bombas que funcionan automáticamente, la elevación y el descenso de los cartuchos puede hacerse también automáticamente aprovechando el cambio de presión del agua en el tubo de descarga de la bomba para mover un brazo de palanca del que están suspendidos los cartuchos.

La desinfección continua de pozos y manantiales protegidos es especialmente importante en zonas donde el agua subterránea está a menos de 3 m por debajo de la superficie. Los cartuchos dosificadores deben sumergirse en un lugar adecuado para asegurar la desinfección completa de toda el agua extraída de un pozo o manantial.

En el caso de pozos descubiertos, los cartuchos pueden sumergirse dentro del agua. La cantidad y el tamaño de los cartuchos seleccionados, que determinan la cantidad de cloro liberado, debe variar según el volumen de agua que haya en el pozo y la proporción en que se extrae. Para asegurar la cloración uniforme del agua obtenida de manantiales, pueden colocarse los cartuchos en una cámara de agua en el punto de separación, de tal manera que estén completamente cubiertos de agua cuando el gasto sea máximo. Si disminuye la corriente, el nivel de la cámara de agua desciende y se reduce la superficie del cartucho sumergido; como resultado de ello, la cantidad de cloro activo liberado disminuye proporcionalmente.

Al emplear cartuchos dosificadores deben adoptarse las precauciones siguientes:

- 1) Antes de cargarlo, debe revisarse el estado del cartucho para cerciorarse de que no tiene grietas, el tapón de goma ajusta firmemente, etc.
- 2) El cartucho debe cargarse con un compuesto de contenido conocido de cloro activo.
- 3) El agua de un pozo no debe utilizarse durante 24 horas después de la inmersión de un cartucho recientemente cargado.
- 4) Deben practicarse con regularidad pruebas de cloro residual y complementarse con exámenes bacteriológicos, de ser posible.
- 5) Deben reemplazarse los cartuchos antes que se vacíen por completo.
- 6) Deben tenerse a mano cartuchos de repuesto.

Debe mantenerse un nivel de cloro residual libre de 0,7 mg/litro en el agua tratada para distribución en casos de urgencia. Un sabor y un olor ligeros de cloro pasada media hora indican que la cloración es adecuada. En zonas inundadas donde todavía está en funciones el sistema de distribución del agua, deben mantenerse más altos niveles de cloro residual. En casos excepcionales, se presenta un sabor desagradable por la reacción del cloro con derivados fenólicos y otros compuestos orgánicos. Ese sabor debe aceptarse, pues indica una desinfección segura.

2. Coagulación-desinfección

La materia suspendida en aguas turbias se sedimenta parcialmente cuando se deja reposar durante varias horas. La adición de sustancias químicas como alumbre, cloruro férrico y sulfato ferroso, acelera el proceso de sedimentación porque esos compuestos contribuyen a formar un flóculo de partículas más grandes reaccionando con la materia suspendida y adhiriéndose a ella. Este proceso se conoce con el nombre de coagulación, y los productos quí-

micos empleados se llaman coagulantes. El flóculo se hace más pesado y se sedimenta rápidamente. La eliminación de la materia orgánica disminuye considerablemente la cantidad de cloro necesaria para la desinfección.

Muchos factores intervienen en el proceso de coagulación, entre ellos los siguientes:

1) Concentración de iones hidrógeno. El pH óptimo para la coagulación es el valor que proporciona la mejor formación y sedimentación de flóculos. El pH del agua cambia cuando se emplean coagulantes y tiene que adaptarse a su valor óptimo añadiendo álcalis o ácidos.

2) Mezcla. Los coagulantes deben mezclarse completamente con el agua para obtener resultados satisfactorios. Esto puede lograrse por medio de *a)* acción de bombeo, mediante la cual se añade la solución coagulante al tubo de succión de la bomba y ésta efectúa la mezcla; *b)* el método del frasco de goteo, que consiste en colgar un frasco que descarga gota a gota sobre el tubo o manga de descarga del agua sin tratar que alimenta el depósito, y dejar que la solución coagulante caiga gota a gota sobre el chorro de agua, o *c)* por disolución, es decir, dejando que la descarga de agua sin tratar se vierta sobre una canasta que contenga un coagulante sólido.

3) Dosificación del coagulante. Puede calcularse la cantidad de coagulante y sustancias químicas que se necesitan para adaptar el pH del agua cuando se conocen ese pH y el tipo de alcalinidad. Sin embargo, la dosis óptima que corresponde al agua en un caso dado puede determinarse aproximadamente mediante el ensayo de floculación. En el Cuadro 2 se presentan datos sobre los productos químicos utilizados para la coagulación y para modificar la alcalinidad del agua.

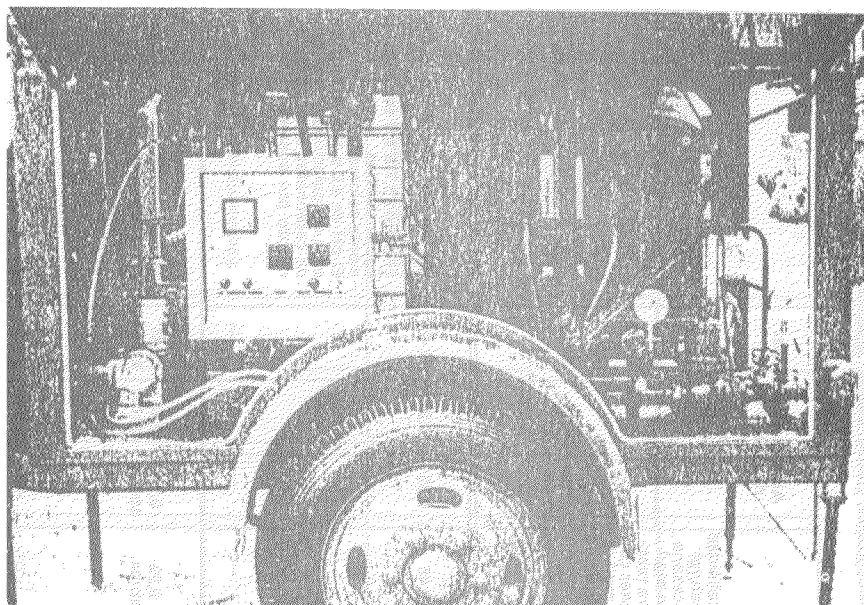
3. Coagulación-filtración-desinfección

En este procedimiento se agrega la filtración a los procedimientos antes descritos. Si puede disponerse de depósitos provisionales, es preferible dejar que el agua se sedimente antes de filtrarla. En cambio, en unidades móviles de purificación, el agua se filtra a través de un filtro de presión sin sedimentación. Esas unidades suelen tener una capacidad de 4 000–7 000 litros por hora y constan esencialmente de: *a)* una bomba centrífuga unida directamente a un motor de gasolina; *b)* un filtro (de presión, filtro rápido); *c)* un hipoclorador; *d)* tanques de soluciones químicas (uno para alumbre y uno para sosa); *e)* un tanque de solución de cloro; *f)* adaptadores de mangas; *g)* válvulas (de succión de bomba, entrada, desagüe, purga de aire, salida, regulación del gasto, etc.), y *h)* una caja de herramientas. Deben seguirse las instrucciones de los manuales que acompañan a esas unidades.

4. Filtración-desinfección

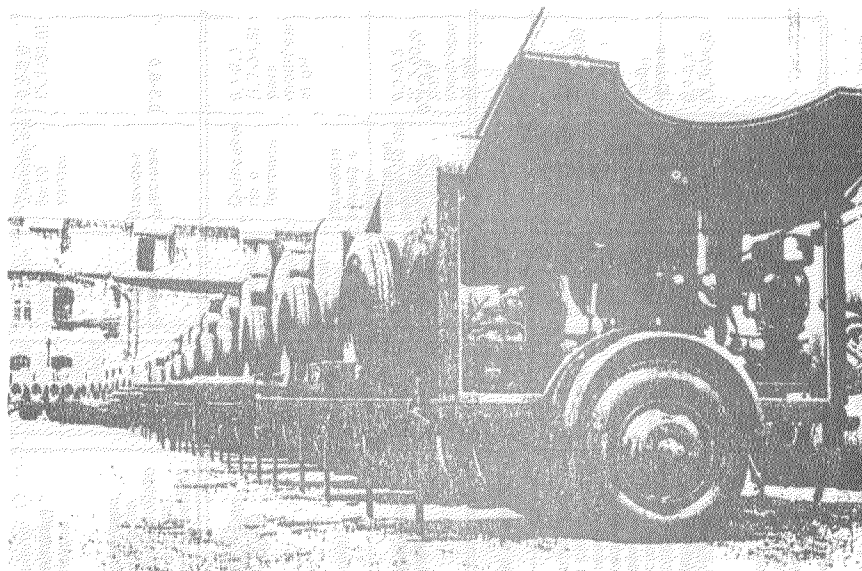
En este procedimiento se mezcla el agua con tierra de diatomeas, para pasarla luego por el filtro en el que se han instalado divisiones (tabiques) de filtración (Figs. 18, 19). Se han fabricado unidades móviles de puri-

FIG. 18. UNIDAD MOVIL DE AGUA POTABLE, MONTADA EN REMOLQUE DE UN SOLO EJE



Reproducido con autorización de Berkefeld Filter GmbH, Celle, República Federal de Alemania.

FIG. 19. UNIDADES MOVILES DE AGUA POTABLE, CON CAPACIDAD DE 10 000 LITROS POR HORA



Reproducido con autorización de Berkefeld Filter GmbH, Celle, República Federal de Alemania.

CUADRO 2. PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS PARA COAGULAR AGUA O MODIFICAR SU ALCALINIDAD *

Producto químico (denominaciones comunes entre paréntesis)	Aspecto	Uso	Fuentes en casos de urgencia	Dosis mg/l	Límites eficaces de pH	Alcalinidad natural necesaria en mg/l para reaccionar con un mg/l de coagulante	Alcalinidad artificial necesaria en mg/l para reaccionar con un mg/l de coagulante			Observaciones
							Cal hidratada	Cal viva	Sosa	
Sulfato de aluminio (Alumbre, sulfato de alúmina)	Cristales de color castaño claro a gris verdoso	Coagulante	Quincallería, tienda de fertilizantes o farmacia	0,3-3,0	4,4-6,0	0,45	0,35	0,28	0,48	Se emplea pH de 4,4 a 6,0 para aguas muy coloreadas. El pH de 5,7 a 8,0 se aplica a aguas turbias y moderadamente coloreadas. El pH de 9,0 a 10,5 se emplea en la coagulación por alumbre de carbonatos en el ablandamiento por sosa-cal.
Aluminio y sulfato de amonio (Alumbre amoniacal)	Cristales blancos	Coagulante	Piscinas grandes	0,3-6,0	5,7-8,0	0,29 aprox.	0,23 aprox.	0,18 aprox.	0,31 aprox.	Menos soluble que el alumbre. Su empleo suele limitarse a piscinas y filtros de presión. Es aprovechable el contenido de amonio.

Sulfato ferroso (caparrosa, sulfato de hierro, sulfato de azúcar, vitriolo verde)	Cristales de color verde a amarillo pardusco	Coagu- lante	Tienda de fertilizantes	0,3-3,0 (5,1-51,0)	8,5-11,0	—	0,27	0,22	Normal- mente no se utiliza	
Carbonato de sodio (sosa)	Trozos blancos, cristales o polvo	Para modificar el pH o eliminar la dureza perma- nente	Quincalle- ría o farmacia	0,1-2,0 (1,7-34,0) para modificar el pH	—	—	—	—	—	Fácilmente soluble.
Hidróxido de calcio (cal apagada)	Trozos blancos o polvo	Para modificar el pH o eliminar la dureza por car- bonatos	Tienda de fertilizantes	0,1-3,5 (1,7-60,0) para modificar el pH	—	—	—	—	—	Sólo ligeramente soluble, por por lo que se introduce en forma de suspensión.
Carbonato de calcio (piedra caliza, tiza)	Trozos blancos	Para modificar el pH	Tienda de fertilizantes	0,1-3,5 (1,7-60,0)	—	—	—	—	—	Debe pulverizarse antes de emplearlo.
Hidróxido de sodio (sosa caústica, lejía)	Escamas blancas	Para modificar el pH	Tienda de viveres, quinca- lería	0,1-2,0 (1,7-34,0)	—	—	—	—	—	Fácilmente soluble y muy corrosivo.

• Adaptado de: US Department of Health, Education and Welfare (1961) *Health mobilization course manual*, Washington, D.C.

licación con capacidad hasta de 50 000 litros por hora. Esas unidades constan esencialmente de: *a*) una bomba centrífuga movida por un motor de gasolina con arranque de cuerda; *b*) un filtro (diatomáceo); *c*) un hipoclorador; *d*) un alimentador de suspensiones y un compresor de aire; *e*) un tanque de recirculación; *f*) un tanque para solución de cloro; *g*) adaptadores para manga; *h*) válvulas (para succión de bombeo, entrada, desagüe, salida, regulación del gasto, purga de aire, etc.), e *i*) una caja de herramientas. Deben seguirse las instrucciones de los manuales que acompañan a esas unidades.

Almacenamiento

Pueden improvisarse depósitos para almacenar agua en situaciones de urgencia en recipientes de lona, nilón y plástico revestido de goma, con capacidad hasta de 10 m³. Los recipientes de polietileno dispuestos en pozos excavados al tamaño adecuado pueden proporcionar una capacidad de almacenamiento hasta de 50 m³. Si el almacenamiento sólo está destinado a permitir un tiempo de contacto después de la cloración, la capacidad mínima debe ser tal que asegure ese contacto por lo menos durante 30 minutos. La capacidad total de almacenamiento para distribución de agua debe ser igual a la capacidad necesaria para 12-24 horas. Pueden instalarse en poco tiempo depósitos elevados utilizando toneles, láminas de hierro o tanques de amianto-cemento. Como soportes pueden utilizarse postes de madera, vigas o tubos de hierro. En muchos países se fabrican depósitos elevados para almacenamiento en tamaños uniformes, cuyas partes son prefabricadas en su totalidad y que pueden transportarse y levantarse rápidamente.

En los campamentos de emergencia cuya duración se prolonga, deben cubrirse todos los depósitos, primordialmente para protegerlos contra la luz solar y la consiguiente proliferación de algas que producen sabor desagradable del agua y, secundariamente, para protegerlos contra pájaros, insectos y el polvo. El techo debe construirse con tejas de amianto-cemento o láminas de hierro corrugado. Debe ponerse una tubería de derrame, teniendo cuidado de que el agua derramada no ponga en peligro los cimientos. Normalmente, el tubo de entrada deberá descargar en la parte superior del depósito y llevará una válvula flotadora. La cañería de salida debe estar a unos 50 cm por encima del fondo del tanque. Debe instalarse un pequeño tubo de desagüe que también permita lavar el fondo del tanque, así como un registro en el techo que permita limpiezas, inspecciones y reparaciones. En las aberturas de los respiraderos debe ponerse tela de alambre para impedir la entrada de insectos y pájaros pequeños.

Pruebas

Hasta que puedan restablecerse las operaciones normales de los servicios de laboratorio de los sistemas urbanos de abastecimiento de agua, deben practicarse análisis completos de muestras de agua en los laboratorios cercanos a la zona de desastre. Las pruebas más importantes que deben realizarse en condiciones de urgencia y en campaña son las siguientes:

- 1) determinación de cloro residual (libre y combinado);
- 2) examen bacteriológico para investigar bacterias coliformes;
- 3) determinación de la concentración de iones hidrógeno;
- 4) determinación del tipo de alcalinidad.

Para practicar el examen bacteriológico del agua en condiciones de campaña se emplean filtros de membrana para cuya aplicación se han elaborado técnicas, medios y equipo. El cloro residual, la concentración de iones hidrógeno y el tipo de alcalinidad pueden determinarse utilizando indicadores colorimétricos apropiados. A continuación se describen brevemente los procedimientos adecuados para practicar esas pruebas.

1. Determinación del cloro residual

El cloro libre en soluciones ácidas produce un compuesto de color amarillo intenso al reaccionar con la ortotolidina. En campaña se emplean colorímetros de bolsillo que se fundan en esa reacción. El pH del agua influye en la prueba, por lo que es necesario neutralizar primero las muestras de agua muy alcalina utilizando un ácido. Para eliminar el efecto de sustancias molestas (como cloraminas), debe emplearse el procedimiento a base de arsenito y ortotolidina que se describe en *Normas internacionales para el agua potable* :

Rotúlense tres cubetas comparadoras o frascos cuadrados con las iniciales A, B y OT. Usese 0,5 ml de reactivo de ortotolidina en cubetas de 15 ml y la misma proporción para otros volúmenes de muestra. Se utilizará el mismo volumen del reactivo de arsenito que del de ortotolidina.

Añádase a la *cubeta A*, que ya debe contener el reactivo de ortotolidina, un volumen determinado de la muestra de agua. Mézclese rápidamente y dentro de los 5 segundos siguientes agréguese el reactivo de arsenito. Mézclese rápidamente de nuevo y acto seguido compárense los patrones de color. Regístrese el resultado (A), que representa el cloro libre y los colores interferentes.

A la *cubeta B*, a la que ya se ha vertido el reactivo de arsenito, se agregará un volumen determinado de la muestra de agua. Mézclese rápidamente y a continuación añádase el reactivo de ortotolidina. Mézclese rápidamente de nuevo y acto seguido se comparará con los patrones de color; el resultado representa el valor B_1 . Exactamente 5 minutos después compárese de nuevo con los patrones de color y regístrese el resultado como valor B_2 . Los dos valores obtenidos corresponden a los colores interferentes en la lectura inmediata (B_1) y en la lectura a los 5 minutos (B_2).

Añádase a la *cubeta OT*, que ya debe contener el reactivo de ortotolidina, un volumen determinado de la muestra de agua. Mézclese rápidamente y, después de 5 minutos exactos, compárese con los patrones de color. El resultado se registrará como (OT) y representa la cantidad total de cloro residual y el total de colores interferentes.

CALCULO

Cloro residual total = $OT - B_2$

Cloro libre = $A - B_1$

Cloro combinado = cloro residual total - cloro libre.¹

¹ *Normas internacionales para el agua potable*, 2ª ed., Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1963.

2. Prueba para investigar bacterias coliformes (filtros de membrana)

El procedimiento consiste en pasar por el filtro una muestra de agua, poniendo la membrana del filtro sobre una almohadilla absorbente saturada con un medio de cultivo diferencial (de tipo Endo) para incubación y examinándolo a fin de observar el desarrollo de colonias coliformes, que tienen un aspecto característico.

Los fabricantes de filtros de membrana han producido estuches de prueba para uso en campaña. Es necesario seguir los procedimientos detallados que se describen en los manuales de instrucción que acompañan a los estuches o en *Normas internacionales para el agua potable*.¹

3. Determinación de la concentración de iones hidrógeno

Algunos compuestos orgánicos cambian de color según los diferentes pH y pueden utilizarse como indicadores. Cuando se añade una pequeña cantidad de estos compuestos a una muestra de agua, aparece un color: el pH del agua puede determinarse comparando el color con una escala de colores normalizados montada en un disco. Los indicadores que se utilizan para este propósito son los siguientes:

Indicador	pH	Cambio de coloración
Rojo de metilo	4,4-6,0	Rojo al amarillo
Azul de bromotimol	6,0-7,6	Amarillo al azul
Rojo de fenol	6,8-8,4	Amarillo al rojo
Azul de timol	8,0-9,6	Amarillo al azul

Para pruebas de campaña se añaden unas cuantas gotas de azul de bromotimol a 10 ml de agua y el color que aparece se compara con los patrones de color establecidos. Si no se dispone de esos patrones, puede interpretarse el resultado de la manera siguiente:

Color	pH aproximado
Azul oscuro	7,6
Azul claro	7,0
Verde	6,8
Amarillo verdoso	6,4
Amarillo	6,0

También pueden utilizarse en campaña cintas de papel empapado en indicadores.

4. Determinación del tipo de alcalinidad

Hay tres clases de alcalinidad: hidróxido (OH), carbonato normal (CO₃) y bicarbonato (HCO₃). Esos tipos pueden diferenciarse mediante titulación acidimétrica y el empleo de diferentes indicadores, pero rara vez se determinan en campaña en las condiciones que siguen a un desastre.

¹ *Normas internacionales para el agua potable*, 2ª ed., Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1963.

Distribución

En la mayor parte de las situaciones de urgencia el agua se distribuye mediante camiones cisternas (Fig. 20) que pueden proporcionar las brigadas de incendios, el ejército, las lecherías, las fábricas de bebidas u otras fuentes. A cada familia se le puede entregar un recipiente de agua hecho de material plástico o de hierro galvanizado. Un camión cisterna con un tanque (o tanques) de almacenamiento debe estar en condiciones de proporcionar agua para 1 000 personas. Los técnicos en higiene del medio deben encargarse de comprobar que los camiones cisternas se llenan en fuentes aceptables, de manera higiénica y que el agua sea clorada bajo la inspección de esos técnicos.

Si a distancia no muy grande existe un sistema municipal de distribución, acaso sea posible extenderlo a un campamento temporal mediante tubos ligeros de acero o material plástico que puedan acoplarse rápidamente. En campamentos de duración prolongada, es posible colocar tubos de distribución para alimentar tomas de agua. En general, las tomas de agua deben tener dos o más grifos y debe proporcionarse un grifo por cada 100 personas. Ningún refugio debe estar a más de 100 m de una toma de agua.

Protección material

En situaciones de urgencia, es fundamental la protección material de los abastecimientos de agua para el uso de los refugiados. Además de barreras como las cercas y las vallas, acaso sea necesario poner guardianes para impedir que la muchedumbre invada y estropee unidades de tratamiento, estaciones de bombeo, camiones cisternas, estaciones de distribución y servicios temporales de recogida. Las construcciones para extraer agua, pozos y manantiales, también deben protegerse contra un uso indebido. El carácter y la amplitud de esa protección dependerán de las condiciones locales.

Abastecimiento de hielo

En los climas cálidos, las autoridades de socorro pueden distribuir hielo a los refugiados. El hielo debe obtenerse de una instalación comercial donde se produzca a base de agua pura y donde se observen los reglamentos sanitarios. Debe distribuirse en camiones destinados a ese fin, equipados con herramientas para manipularlo de manera adecuada. Cada familia debe tener un recipiente cubierto (y, de ser posible, aislado) para almacenar hielo.

Eliminación de desechos

Eliminación de excretas

Suele ser defectuoso el sistema de eliminación de excretas inmediatamente después de los desastres naturales. Si no se adoptan pronto medidas adecuadas de eliminación, pueden plantearse los siguientes problemas ambientales: